

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

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

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

П. Ю. Крупенин, Ю. А. Крупенин, А. В. Китун

ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ТОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

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

Горки
БГСХА
2025

УДК 631.171:636(075.8)

ББК 40.7я73

К84

Авторы:

кандидат технических наук, доцент *П. Ю. Крупенин* (УО БГСХА);
старший преподаватель *Ю. А. Крупенин* (УО БГСХА);
доктор технических наук, профессор *А. В. Китун* (УО БГАТУ)

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *А. В. Гончаров* (УО ВГАВМ);
старший преподаватель кафедры математики
и технических наук *В. С. Журко* (УО ГГАУ)

Крупенин, П. Ю.

К84

Технические системы точного животноводства : учебное пособие / П. Ю. Крупенин, Ю. А. Крупенин, А. В. Китун. – Горки : БГСХА, 2025. – 128 с.

ISBN 978-985-882-620-8.

В данном издании рассмотрены классификация, особенности развития и проектирования технических систем в соответствии с принципами точного животноводства. Приведены устройство, принцип работы и функциональные возможности автоматизированных и роботизированных систем в животноводстве.

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

УДК 631.171:636(075.8)

ББК 40.7я73

ISBN 978-985-882-620-8

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2025

ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

Глава 1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ ИХ РАЗВИТИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

1.1. Предпосылки интеллектуализации производства продукции животноводства

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

Традиционно основными формами такого развития производственных процессов, характеризующимися разной степенью участия в них различных видов технических средств, являются механизация, автоматизация и компьютеризация производства. В последние 10–20 лет, наряду с указанными формами развития производственных процессов, все большее распространение получает еще одна форма – интеллектуализация производства, которая сегодня становится стратегическим направлением научно-технического прогресса для предприятий большинства отраслей экономики.

Автоматизацию производства принято рассматривать как высшую стадию его механизации, а компьютеризацию производства – как высшую стадию его автоматизации. Соответственно, интеллектуализацию производства следует рассматривать как высшую стадию его компьютеризации.

Все указанные формы развития производственных процессов находятся в тесной взаимосвязи, дополняя друг друга. В свою очередь, все они сами находятся в состоянии постоянного развития, обновления, совершенствования. При этом развитие механизации производства создает предпосылки для развития его автоматизации, развитие механизации и автоматизации производства создает предпосылки для развития его компьютеризации и, наконец, развитие механизации, автоматизации и компьютеризации производства создает предпосылки для развития его интеллектуализации.

Механизация производства – это модернизация производства путем замены ручных средств труда (инструментов) машинами, обеспечивающими выполнение технологических операций; при этом ручной труд

используется для управления машинами, их регулирования и наладки, а также на тех нетрудоемких технологических операциях, механизация которых экономически нецелесообразна.

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

В зависимости от степени оснащения производственных процессов техническими средствами и рода работ различают частичную и комплексную механизацию производства. При частичной механизации механизировются отдельные технологические операции или виды работ, как правило, наиболее трудоемкие, при сохранении значительной доли ручного труда, особенно при ветеринарном обслуживании животных. Более высокой степенью является комплексная механизация, при которой ручной труд заменяется машинным обычно на всех основных технологических операциях. Комплексная механизация осуществляется на основе рационального выбора машин, работающих во взаимно согласованных режимах, увязанных по производительности и обеспечивающих наилучшее выполнение заданных технологических операций. Ручной труд при комплексной механизации может сохраняться на отдельных нетрудоемких операциях, механизация которых не имеет существенного значения для облегчения труда или экономически нецелесообразна. За человеком остаются функции контроля и управления производственным процессом.

Комплексная механизация предопределяет возможность применения поточных методов производства продукции, способствует повышению ее качества, обеспечивает сохранение однородности, степени точности и постоянство заданных параметров. Дальнейшее развитие механизации производства направлено на максимальную интенсификацию производственных процессов, сокращение технологического цикла, высвобождение рабочей силы, осуществление комплексной механизации в наиболее трудоемких отраслях производства продукции животноводства.

Автоматизация производства – это модернизация производства, при которой выполнение технологических операций обеспечивается с помощью средств автоматики без непосредственного участия челове-

ка; при этом управление машинами, их регулирование и наладка осуществляются автоматически.

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

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

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

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

- *третий* – автоматизация управления технологическими процессами.

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

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

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

С развитием программно-управляемого технологического оборудования и РТК появились новые организационно-технические формы использования автоматизированного оборудования – гибкие производственные системы (ГПС), представляющие собой автоматизированные производственные системы, в которых на основе соответствующих технических средств и организационных решений обеспечивается возможность оперативной переналадки на выпуск новой продукции в довольно широких пределах ее номенклатуры и характеристик.

Компьютеризация производства – это модернизация производства, основанная на широком применении компьютерной техники, с помо-

щью которой обеспечивается выполнение технологических процессов, а также организационно-экономическое управление производством.

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

Информатизация технологических процессов осуществляется по следующим направлениям:

- информатизация контроля и управления отдельными технологическими операциями путем оснащения технологического оборудования комплексом приборов и датчиков;
- создание пакетов прикладных программ для специалистов для решения отдельных технологических задач;
- разработка компьютерных технологий управления производственным процессом в целом.

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

1.2. Общая характеристика интеллектуальных технических систем

В самом общем смысле под технологией понимается управляемая человеком совокупность процессов целенаправленного, с заданными требованиями изменения различных форм вещества, энергии и информации. При этом под процессом понимается совокупность последовательных действий для достижения определенного результата в какой-либо сфере человеческой деятельности. Поскольку любое действие осуществляется с помощью соответствующих средств, то под технологией следует понимать совокупность процессов целенаправленного изменения различных форм вещества, энергии и информации, а также средств осуществления этих процессов.

Технологии обычно рассматривают в связи с конкретной человеческой деятельностью. В соответствии с различными сферами этой деятельности существуют различные виды технологий. Так, в сфере образования используются образовательные технологии – управляемые

совокупности процессов и средств преподавания и усвоения знаний; в сфере информатики – информационные технологии – управляемые совокупности процессов и средств поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и т. д.

В сфере производства используются, соответственно, производственные технологии – управляемые совокупности процессов и средств производства какой-либо продукции. Важнейшими компонентами производственной технологии являются технологический процесс (последовательность направленных на создание определенной продукции технологических операций) и технологические средства (машины, приспособления и инструменты, служащие для выполнения отдельных технологических операций или технологического процесса в целом).

Особой разновидностью производственных технологий являются интеллектуальные производственные технологии. В них в роли технологических средств выступают интеллектуальные системы.

Современное понятие интеллектуальных систем сформировалось в процессе развития теоретических основ кибернетики, теории управления, теории алгоритмов, современных информационных технологий и обобщения накопленных научных знаний в области искусственного интеллекта. До сих пор нет единого общепризнанного определения интеллектуальной системы (как, впрочем, и искусственного интеллекта). В начальный период развития искусственного интеллекта (в 1960-х гг.) под интеллектуальными системами понимали автоматические системы, способные решать задачи, традиционно относимые к сфере деятельности человека (распознавание визуальных и звуковых образов, игра в шахматы, доказательство теорем и т. д.). Затем к интеллектуальным системам стали относить системы, моделирующие на компьютере работу клеток мозга и мышления человека. Позже, в 1980-х гг., интеллектуальными системами стали считать компьютерные системы, способные вести осмысленный диалог с человеком и усиливать интеллектуальную деятельность человека в различных сферах. В настоящее время интеллектуальные системы отражают высокий уровень развития современных информационных технологий и представляют обширную область проведения теоретических исследований и практического (коммерческого) использования их результатов.

В общем случае системой называют совокупность взаимосвязанных элементов, предназначенную для достижения определенной цели. По виду этих элементов различают технические и программные си-

стемы. Первые представляют собой совокупность технических устройств, вторые – совокупность компьютерных программ. И те, и другие способны решать задачи различного уровня сложности, из которых наиболее сложными являются интеллектуальные (творческие) задачи. Соответственно, под интеллектуальными системами следует понимать технические или программные системы, способные решать интеллектуальные задачи в определенной предметной области.

Всякая система находится в постоянном взаимодействии с внешней средой, которая представляет собой совокупность некоторых объектов. Это взаимодействие проявляется в том, что изменение свойств объектов влияет на поведение системы и, с другой стороны, свойства объектов изменяются в результате поведения системы. Характерной особенностью интеллектуальных систем является их способность реагировать на изменения, происходящие во внешней среде, настраивая определенным образом свои параметры в зависимости от состояния внешней среды.

Существуют различные виды интеллектуальных систем, которые характеризуются присущими им структурными и функциональными особенностями, сферами применения. Создание интеллектуальных систем в существенной мере связано с развитием информатики, что привело к распространению разнообразных интеллектуальных информационных систем. Особой разновидностью интеллектуальных систем, используемых в производственной сфере, являются адаптивные системы. Развитие робототехники привело к созданию интеллектуальных роботизированных систем. Широкому распространению интеллектуальных систем в разных областях производственной деятельности, включая аграрную индустрию, способствует использование беспроводных сенсорных систем, в частности, беспроводных сенсорных сетей и систем радиочастотной идентификации. Значительная роль в распространении интеллектуальных систем отводится средствам навигации, в первую очередь, спутниковым навигационным системам.

Интеллектуальные адаптивные системы. С помощью адаптивных (самоприспосабливающихся) систем можно существенно изменять характер управления автоматизированным производством, делать его в наивысшей степени автономным и адаптируемым в отличие от обычного управления посредством компьютерного комплекса, который обрабатывает информацию по заранее известным законам и алгоритмам. Адаптивные системы способны сохранять работоспособность в условиях непредвиденного изменения свойств управляемого объекта,

цели управления или условий внешней среды посредством смены алгоритмов своего функционирования или поиска оптимальных состояний. По способам адаптации они разделяются на самонастраивающиеся, самообучающиеся и самоорганизующиеся системы.

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

В любой другой автоматической системе управления, не являющейся самонастраивающейся, имеются параметры, которые влияют на устойчивость и качество процессов управления и могут быть изменены при настройке системы. Если же эти параметры остаются неизменными, а условия функционирования (характеристики управляемого объекта, возмущающие воздействия) существенно изменяются, то процесс управления может ухудшиться, стать неустойчивым. Ручная настройка системы не всегда удобна и, более того, не всегда возможна. Использование в таких случаях самонастраивающихся систем является как технически, так и экономически целесообразным и, кроме того, может оказаться единственным способом обеспечения надежного управления.

Управление производством на основе применения самонастраивающихся систем позволяет оптимизировать режимы функционирования управляемых объектов, облегчает задачу унификации систем управления, сокращает время на испытания и наладку, снижает технологические требования на изготовление устройств управления, освобождает обслуживающий персонал от трудоемких операций настройки.

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

В самоорганизующихся системах приспособление к изменяющимся условиям или оптимизация процессов управления достигается изменением структуры системы управления, в частности, включением или вы-

ключением отдельных подсистем, качественным изменением алгоритмов управления, связей между подсистемами и схемы их подчинения и т. д.

Интеллектуальные роботизированные системы. В последние годы интеллектуальные системы активно внедряются в робототехнику. В связи с этим принято различать три этапа в развитии роботов:

1) создание программных роботов – работают по жестко заданной программе действий;

2) создание адаптивных роботов – изначально оператор задает базовые основы программы действий, которые могут быть изменены (адаптированы) роботом в зависимости от обстановки;

3) создание интеллектуальных роботов – оператор устанавливает задание в общей форме, после чего сам робот принимает решения или планирует свои действия в распознаваемой им неопределенной или сложной обстановке.

Интеллектуальный робот – это робот, оснащенный интеллектуальной системой управления. Он обладает так называемой моделью внешнего мира, что позволяет ему действовать в условиях неопределенности информации. Если эта модель реализована в виде базы знаний, то целесообразно, чтобы база знаний была динамической. При этом коррекция правил вывода в условиях меняющейся внешней среды реализует механизмы самообучения и адаптации.

В состав интеллектуального робота входят следующие основные части:

– исполнительные органы – манипуляторы, ходовая часть и другие устройства, с помощью которых робот может воздействовать на окружающие его предметы (по аналогии с живыми организмами это «руки» и «ноги» робота); все они представляют собой довольно сложные технические устройства, включающие сервоприводы, мехатронные части, датчики, системы управления;

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

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

В состав системы управления интеллектуального робота входят следующие компоненты:

– модель мира – отражает состояние окружающего робот мира в терминах, удобных для хранения и обработки; она выполняет функцию запоминания состояния объектов в мире и их свойств;

– система распознавания – сюда входят системы распознавания изображений, распознавания речи и т. п.; задачей этой системы является идентификация, т. е. «узнавание» окружающих робот предметов, их положения в пространстве, в результате чего строится модель мира;

– система планирования действий – осуществляет «виртуальное» преобразование модели мира с целью получения какого-нибудь действия; в результате чего осуществляется построение планов, т. е. последовательностей элементарных действий;

– система выполнения действий – пытается выполнить запланированные действия, подавая команды на исполнительные устройства и контролируя при этом процесс выполнения; если выполнение элементарного действия оказывается невозможным, то весь процесс прерывается и выполняется новое (или частично новое) планирование;

– система управления целями – определяет иерархию, т. е. значимость и порядок достижения поставленных целей.

Важным свойством системы управления является способность к обучению и адаптации, т. е. способность генерировать последовательности действий для поставленной цели, а также подстраивать свое поведение под изменяющиеся условия окружающей среды для достижения поставленных целей.

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

Искусственный интеллект – это свойство интеллектуальной системы выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека. При этом под интеллектуальной системой понимается техническая или программная система, способная решать задачи, традиционно считающиеся творческими, принадлежащие конкретной предметной области, знания о которой хранятся в памяти такой системы. Структура интеллектуальной системы включает три основных блока: базу знаний, решатель и интеллектуальный интерфейс, позволяющий вести общение с компьютером без специальных программ для ввода данных.

Нечеткая логика – это раздел математики, являющийся обобщением классической логики и теории множеств, базирующийся на понятии так называемого нечеткого множества. Нечеткая логика представляет

собой набор нестрогих правил, в которых для достижения поставленной цели могут использоваться радикальные идеи, интуитивные догадки, а также опыт специалистов, накопленный в соответствующей области.

Нечеткая логика возникла как наиболее удобный способ построения систем управления сложными технологическими процессами, а также нашла применение в диагностических и других экспертных системах, нейронных сетях, системах искусственного интеллекта. На основе нечеткой логики и следящей системы технического зрения разрабатываются интеллектуальные системы управления мобильными роботами.

Искусственные нейронные сети – это математические модели, а также их программное или аппаратное воплощение, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. Нейронная сеть представляет собой систему соединенных и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов). Такие процессоры обычно довольно просты (по сравнению с процессорами, используемыми в обычных персональных компьютерах). Каждый процессор нейронной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам. И тем не менее, будучи соединенными в большую сеть с управляемым взаимодействием, такие локально простые процессоры вместе способны выполнять довольно сложные задачи. Нейронные сети используются в задачах адаптивного управления и как алгоритмы для робототехники.

Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, вместо этого они обучаются. Возможность обучения – это одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами. Обучение нейронных сетей заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными и выходными данными, а также выполнять обобщение.

Беспроводные сенсорные сети. Беспроводная сенсорная сеть (wireless sensor network, WSN) – это распределенная, самоорганизующаяся сеть множества сенсоров и исполнительных устройств, объединенных между собой посредством радиосвязи. Область покрытия такой сети может составлять от нескольких метров до нескольких километров за счет способности ретранслировать сообщения от одного элемента сети к другому.

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

Системы радиочастотной идентификации. Радиочастотная идентификация (radio frequency identification, RFID) – это способ автоматической идентификации объектов, в котором дистанционно посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах (приемопередающих устройствах), или RFID-метках. Большинство RFID-меток состоит из двух частей: интегральной схемы (для хранения и обработки информации, модулирования или демодулирования радиочастотного сигнала и некоторых других функций) и антенны (для приема и передачи сигнала).

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

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

В свою очередь, измерение расстояния от спутника до антенны приемника основано на определенности скорости распространения радиоволн. Для осуществления возможности измерения времени распространяемого радиосигнала каждый спутник навигационной системы излучает сигналы точного времени, используя точно синхронизированные с системным временем атомные часы. При работе спутникового приемника его часы синхронизируются с системным временем, и при дальнейшем приеме сигналов вычисляется задержка между временем излучения, содержащимся в самом сигнале, и временем приема сигнала. Располагая этой информацией, навигационный приемник вычисляет координаты антенны. Все остальные параметры движения (скорость, курс, пройденное расстояние) вычисляются на основе измерения времени, которое объект затратил на перемещение между двумя или более точками с определенными координатами.

1.3. Направления развития интеллектуальных систем в технологиях точного животноводства

В последние годы интеллектуальные технологии получают все более широкое распространение в АПК, что в значительной мере обусловлено повышением общего уровня развития и расширением функциональных возможностей интеллектуальных технологий. При этом основные направления их развития в АПК определяются рядом факторов, в том числе отраслевой структурой АПК, а также эффективностью развития интеллектуальных технологий в отдельных отраслях АПК и конкретных видах агропромышленных производств.

Пооперационный анализ затрат труда работников на весь технологический процесс производства молока показал, что наибольшее количество времени приходится на выполнение следующих операций: доение – 37 % от общих трудовых затрат, раздачу кормов – 26,5 %, очистку стойл и проходов от навоза – 15,5 %. Из расчета затрат труда по дополнительным показателям видно, что и по затратам физической энергии наиболее трудоемкими являются раздача кормов – 32,9 % и доение – 32,2 %. Затраты энергии персонала, связанные с кормлением животных и уборкой навоза, в целом составляют 56,7 % (рис. 1.1).



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

В связи с этим разработчики механизированных и автоматизированных систем обратили свое внимание именно на наиболее трудоемкие операции при производстве продукции животноводства. Снижение себестоимости продукции животноводства достигалось в разной степени частичной механизацией и автоматизацией выполнения техноло-

гических операций. Стоит отметить, что на фермах с разными животными удалось достичь различного уровня механизации, равно как и автоматизации работ. Так, к примеру, наибольшая автоматизация работ была достигнута на птицефермах и комплексах. Наименьший уровень автоматизации труда, а значит и наибольшие затраты человеческого труда наблюдаются на фермах по содержанию крупного рогатого скота, в особенности при производстве молока.

Представленные факторы стали значительным стимулом для продолжения работ по совершенствованию техники для животноводства и поднятия уровня автоматизации технологических процессов. В конечном итоге в 1988 г. результатом работы инженеров научно-исследовательского совета Великобритании при участии Министерства сельского хозяйства Великобритании стало создание проекта нового поколения оборудования для выполнения технологических операций – роботизированных систем, полностью автоматизированных машин, которые в значительной степени минимизируют затраты ручного труда вплоть до исключения участия человека в выполнении рутинных работ.

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

Исходя из всего многообразия роботизированных систем для выполнения технологических операций в молочном производстве, а именно производстве коровьего молока, необходимо структурировать имеющуюся информацию и классифицировать существующие системы по конструктивным и технологическим особенностям.

В первую очередь классифицирование существующих роботизированных систем можно осуществить по виду выполняемых технологических операций и по степени интегрированности в общую технологическую линию. Так было определено, что основные направления в создании роботов – это:

- системы кормления животных: автоматизированные пастбищные системы, дозаторы-смесители, смесители-кормораздатчики, подравнители кормов и интегрированные роботизированные системы кормления;

- доильные роботы: роботы-дояры, интегрированные роботизированные системы доения и управления стадом;

- роботы для очистки животноводческих помещений: автоматизированные уборщики навоза скреперного типа, автономные уборщики навоза.

Известно множество компаний, которые производят роботы для различных технологических линий молочного животноводства. Основными производителями роботов для широкого спектра технологических операций являются такие фирмы, как «Lely», «DeLaval», «GEA Farm Technologies», «BouMatic».

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

Одной из главных целей использования интеллектуальных технологий в АПК является обеспечение его устойчивого развития.

Основопологающими положениями концепции устойчивого развития АПК являются следующие:

- признание того, что конечной целью экономического развития должен быть не экономический рост как таковой, а человек, который имеет право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой;

- неразрывность решения задач экономического развития и сохранения окружающей среды;

- рациональное использование природных ресурсов, которое обеспечивает удовлетворение потребностей в сохранении окружающей среды как для нынешнего, так и для будущих поколений.

Применительно к сельскому хозяйству эта концепция предполагает выполнение ряда общих требований по обеспечению экономической, социальной и экологической устойчивости, а также специальных требований по обеспечению агрономической устойчивости, обусловленных тем обстоятельством, что в сельском хозяйстве земля выступает в роли основного средства производства. Под экономической устойчивостью понимается наличие для сельскохозяйственных предприятий возможности функционировать длительное время в качестве основной экономической единицы, в том числе выпускать конкурентоспособную продукцию.

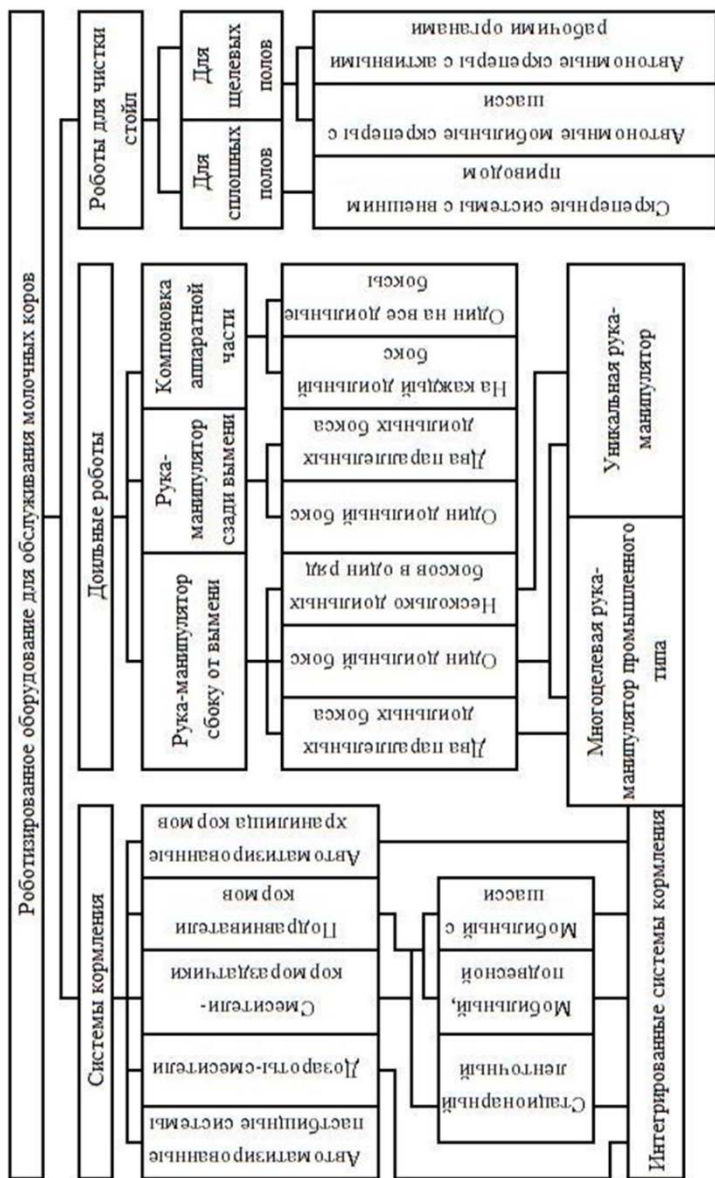


Рис. 1.2. Классификация сельскохозяйственных роботов для обслуживания молочных коров

Социальная устойчивость предполагает повышение уровня жизни работников сельского хозяйства на основе роста их доходов, развития социально-культурного обслуживания сельского населения; под экологической – недопущение нанесения вреда окружающей среде и целостности несельскохозяйственных систем.

Таким образом, развитие животноводства может считаться устойчивым при выполнении следующих условий:

- обеспечение уровня производства животноводческой продукции, удовлетворяющего потребности населения в продуктах питания, а перерабатывающей промышленности – в сырье;
- развитие сельских территорий на основе увеличения доходов сельского населения, создания нормальных условий жизни на селе;
- сохранение и приумножение природного потенциала.

С учетом рассмотренных особенностей устойчивого развития сельского хозяйства определяется комплекс факторов этого развития.

Из них наиболее важными факторами, которые необходимо принимать во внимание при рассмотрении вопросов использования интеллектуальных технологий, являются производственные (связаны непосредственно с процессом сельскохозяйственного производства, т. е. с выпуском продовольственной продукции) и социально-экономические (проявляются на стадии коммерческой реализации произведенной продовольственной продукции).

Среди производственных факторов существенная роль отводится экономическим и научно-технологическим факторам.

К экономическим факторам относятся производственный потенциал сельхозпредприятий, уровень организации сельскохозяйственного производства, территориальное размещение и отраслевая структура сельского хозяйства, объем и эффективность использования инвестиций. Среди этих факторов ведущую роль играет производственный потенциал, который определяется состоянием основных производственных фондов: сельхозтехники, транспортных средств, хранилищ и т. д.

Научно-технологические факторы характеризуются уровнем научных исследований и конструкторско-технологических разработок, проводимых в сфере сельского хозяйства, и уровнем технологий, используемых в сельскохозяйственном производстве.

Среди социально-экономических факторов особое место занимают физическая и экономическая доступность продуктов питания для различных социально-демографических групп населения, а также условия функционирования социальной и инженерной инфраструктуры на селе.

В значительной мере масштабы и темпы развития интеллектуальных технологий в животноводстве определяются имеющимся уровнем механизации, автоматизации и компьютеризации.

В настоящее время механизация охватила практически все сферы сельского хозяйства. Поскольку в настоящее время мировой уровень механизации основных процессов в животноводстве приближается к 100 %, то дальнейшее развитие сельскохозяйственной техники будет характеризоваться еще более интенсивным использованием средств автоматизации.

Отличительной особенностью развития средств автоматизации в животноводстве является то, что технологии производства животноводческой продукции имеют ряд общих технологических операций – отопление и вентиляция, уборка и переработка биоотходов, освещение и облучение животных, приготовление и раздача кормов и др. Поэтому все сельскохозяйственные машины, рассматриваемые как объекты автоматизации, хотя и характеризуются большим разнообразием, но по ряду выполняемых функций довольно схожи (регулирование параметров микроклимата, водопоение, раздача кормов и др.).

Важным условием эффективного интеллектуального управления производством продукции животноводства является широкое использование беспроводных сенсорных систем и систем спутниковой навигации.

Беспроводные сенсорные сети применяются на животноводческих фермах в целях обеспечения здоровья животных путем определения с помощью сенсоров параметров их физиологического состояния, например, физической активности, температуры тела, кислотности рубца, и передачи измеренных значений посредством радиосигналов в соответствующее программное обеспечение, используемое обслуживающим персоналом фермы.

Радиочастотная идентификация успешно применяется при уходе за животными. Так, с помощью RFID-меток можно исследовать поведение коров, отслеживать время их доения. Кроме того, используя RFID-метки, можно осуществлять управление потоками животных на ферме.

Развитие процесса создания интеллектуальных систем для сельского хозяйства требует глубокого понимания основных тенденций конструирования сельскохозяйственных машин и осознания важности проблем интеллектуализации агропромышленного производства.

Глава 2. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

2.1. Определение и свойства алгоритма

Происхождение термина алгоритм и его исходное содержание принадлежат математике. Это слово происходит от *algorithmi* – латинского написания имени Мухаммеда аль-Хорезми, выдающегося математика средневекового Востока, жившего и работавшего в XI в. в Хорезме. В XII в. был выполнен латинский перевод его математического трактата, из которого европейцы узнали о десятичной позиционной системе счисления и правилах выполнения в ней арифметических действий. Именно эти правила в то время называли алгоритмами. Сложение, вычитание, умножение столбиком, деление уголком многозначных чисел – вот первые алгоритмы в математике.

Определение алгоритма как процесса вычислений оказалось достаточным вплоть до середины XX в. К этому времени под алгоритмом понимали конечную совокупность точно сформулированных правил, которые позволяют решать те или иные классы задач. Каждому оригинальному процессу вычислений присваивалось имя, иногда имя автора, например, алгоритм деления с остатком, алгоритм нахождения простых чисел, алгоритм Евклида.

Данное определение алгоритма не является формально определенным, так как в нем не содержится того, что следует понимать под правилами решения задач. Однако в течение длительного времени математики довольствовались им, поскольку практически не возникало случаев расхождения во мнениях относительно того, является ли алгоритмом тот или иной конкретно заданный вычислительный процесс.

Оценка приведенного выше определения алгоритма существенно изменилась, когда в математике возникла необходимость обоснования алгоритмической разрешимости и неразрешимости задач. Оказалось, что одно дело доказать существование алгоритма решения некоторой задачи, другое – доказать его отсутствие. Первое можно сделать путем описания процесса решения задачи. В этом случае достаточно приведенного выше определения. Доказать несуществование алгоритма таким путем невозможно. Для этого надо точно знать, что такое алгоритм.

Потребность решения приведенной и ряда других теоретических проблем привели к выделению в середине XX в. теории алгоритмов в качестве самостоятельного научного направления. В 30-е г. XX в. ряд

математиков попытались уточнить понятие алгоритма, а затем, исходя из него, определить точно класс вычисляемых функций. Основная идея заключалась в том, что алгоритмические процессы может совершать специально построенная «машина» (устройство, автомат). В соответствии с этой идеей был описан в точных математических терминах довольно узкий класс машин, предназначенных для осуществления (моделирования) алгоритмических процессов.

Существенным фактором, повлиявшим на развитие теории алгоритмов, явилось создание электронных вычислительных и управляющих машин. Уже на начальном этапе использования ЭВМ в качестве средства для автоматического производства вычислений («автоматических арифмометров») оказалось, что принятые в математике правила записи формул недостаточно строго формальны для их «восприятия» компьютером. В качестве примера можно привести задачу по определению среднего арифметического n чисел:

$$M_n = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} \quad (2.1)$$

или сокращенно:

$$M_n = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n}. \quad (2.2)$$

При производстве вычислений вручную необходимо выполнить последовательно операции сложения и деления. Однако для ЭВМ процесс решения задачи должен быть записан в виде следующей системы последовательных указаний, т. е. алгоритма:

1. Принять $i = 0$ и перейти к следующему шагу.
2. Принять $S = 0$ и перейти к следующему шагу.
3. Принять $i = i + 1$ и перейти к следующему шагу.
4. Принять $S = S + a_i$ и перейти к следующему шагу.
5. Проверить, выполняется ли условие $i = n$, и, если не выполняется, вернуться к шагу 3; если выполняется, перейти к следующему шагу.
6. Вычислить $M_n = S / n$.

Развитие компьютерной техники и накопленный опыт ее применения привели в течение достаточно короткого промежутка времени (10–15 лет после появления первых ЭВМ) к существенному расширению содержания понятия алгоритма. Это определилось тем, что компьютеры, первоначально предназначенные для автоматического вы-

полнения вычислений, оказались универсальным инструментом обработки данных самого различного происхождения и характера. Они оказались способными автоматически выполнять алгоритмы анализа и преобразования разнообразных символьных последовательностей, и этого оказалось достаточно, чтобы использовать их для решения задач, не имеющих отношения к расчетам: задачи типа анализа текстов, формирования чертежей, накопления, хранения, обновления информации.

Термин «*алгоритм*» в его современной трактовке находится в тесной связи с понятиями получения (выработки, нахождения, обоснования, принятия) решений и их выполнения. Поначалу математический, к настоящему времени он стал привычным не только для математиков, но и для специалистов, связанных с управленческой деятельностью в самых различных областях ее приложения. Наряду с исходным термином, в настоящее время широко применяются термины «*алгоритм планирования*» и «*алгоритм управления*». Последними определяется возможное использование алгоритмов в качестве средства выработки решений, а затем и средства руководства выполнения принятых решений. В частности, во многих современных технических системах выработка решений (управляющих воздействий) и их последующая реализация возложены на автоматы, функционирование которых определяется соответствующими алгоритмами.

Применение компьютеров и микропроцессорной техники в автоматических системах управления потребовало разработки управляющих алгоритмов, направляющих работу этих систем во всех возможных режимах, включая и аварийные. Рассмотрим в качестве примера укрупненный алгоритм работы автоматической системы управления уровнем воды в резервуаре, который может быть задан приведенной ниже последовательностью действий.

1. Включение системы в рабочий режим.
2. Запрос системой задания значений исходных данных (исходными данными являются значения нижней и верхней границ уровня воды – L_1 и L_2 , вводимые пользователем с пульта управления).
3. Перевод пользователем системы в автоматический режим работы (начало цикла управления).
4. Опрос датчика (получение фактического уровня воды в резервуаре на момент опроса – $L_{изм}$).
5. Сравнение $L_{изм}$ с L_1 . При $L_{изм} \leq L_1$ перейти к шагу 7. Иначе перейти к следующему шагу.
6. Сравнение $L_{изм}$ с L_2 . Если $L_{изм} \geq L_2$, то перейти к следующему шагу. В противном случае перейти к шагу 8.

7. Включение в работу модуля выдачи управляющего воздействия (исходя из значения $L_{\text{изм}}$ подается команда на включение или отключение насоса).

8. Конец цикла управления.

Применительно к современным областям приложения алгоритм определяют как *последовательность однозначно определенных команд (инструкций) исполнителю (человеку или автомату), выполнение которых в конце данной последовательности приводит к достижению поставленной цели.*

Определение позволяет рассматривать любой алгоритм как описание некоторого управляющего процесса, обеспечивающего перевод системы из исходного состояния в конечное, соответствующее поставленной цели. Иначе можно сказать, что алгоритмом задается алгоритмический процесс, под которым понимается процесс последовательного преобразования состояния объекта, происходящий дискретными шагами, где каждый очередной шаг состоит в смене одного состояния другим.

В современной жизни алгоритм – понятие часто встречающееся в различных областях деятельности людей. Современное его значение во многом аналогично таким понятиям, как рецепт, способ, метод, процедура, процесс, программа. Однако понятие алгоритма имеет дополнительный смысловой оттенок. Алгоритм – это не просто набор конечного числа инструкций, задающих последовательность выполнения операций для решения задачи определенного типа. Помимо этого любому алгоритму присущи 5 специфических свойств, характерных для всех алгоритмов. Такими общими свойствами алгоритмов являются: *дискретность, массовость, результативность, понятность, однозначность.*

Первым свойством алгоритма является *дискретность*, т. е. пошаговый характер определяемого им процесса. Возникающая в результате такого разбиения запись представляет собой упорядоченную совокупность четко разделенных друг от друга предписаний (директив, команд), образующих дискретную структуру алгоритма. Только выполнив требования одного предписания, можно приступить к выполнению следующего.

Другим важным свойством алгоритмов является *массовость*. Смысл данного понятия заключается в том, что для любого рассматриваемого алгоритма существует некоторое множество вариантов входных данных, а следовательно, и множество возможных исходов.

Любой алгоритм должен обладать свойством *результативности* (иначе, *конечности*). Это свойство означает, что при точном исполнении всех его предписаний, а также какими бы ни были значения исходных данных, процесс должен прекратиться за конечное число шагов и при этом должен быть получен определенный результат решения задачи.

Свойство *понятности* алгоритма означает, что исполнитель (человек, компьютер, автоматическое устройство управления) понимает его предписания и в состоянии их выполнить. При этом он действует «механически». Естественно, при составлении описания алгоритма можно использовать только те предписания, которые приведут к получению нужного результата.

Однозначность (иначе, *определенность*) алгоритма означает, что одно и то же предписание, будучи понятным разным исполнителям, после выполнения каждым из них должно давать одинаковый результат.

Запись алгоритма должна быть настолько полной и продуманной в деталях, чтобы у исполнителя никогда не могло возникнуть потребности в принятии каких-либо самостоятельных решений, не предусмотренных составителем алгоритма. Очевидно, что после выполнения очередного предписания алгоритма исполнителю должно быть однозначно ясно, какое из предписаний должно выполняться на следующем шаге.

2.2. Способы записи алгоритмов

Алгоритм становится алгоритмом тогда, когда он приобретает какую-либо форму представления, в соответствии с которой может быть выполнен. Выбор той или иной формы существенным образом зависит от того, на какого исполнителя алгоритм ориентирован (человек или автоматическое устройство). В настоящее время на практике применительно к различным ситуациям в основном используются следующие формы записи алгоритмов: словесная, в псевдокоде, графическая, программная.

Словесный способ записи алгоритмов представляет собой описание алгоритма в произвольной форме на естественном языке общения людей. При необходимости это описание может быть дополнено формулами. В качестве примеров словесной записи можно привести алгоритм вычисления среднего арифметического n чисел и алгоритм работы автоматической системы управления уровнем воды в резервуаре, приведенные в подразделе 2.1.

Словесный способ записи алгоритмов для автоматических устройств обработки информации и управления не нашел широкого распространения в силу того, что такие описания строго не формализуемы. Они допускают неоднозначность толкования отдельных предписаний и страдают многословностью записей.

Использование *способа записи алгоритмов в псевдокоде* связано с тем, что достаточно часто процесс программирования определяется как процесс кодирования. В этом случае принятая в некотором языке программирования система обозначений и правил определяется как код, обеспечивающий однозначное описание алгоритма.

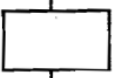
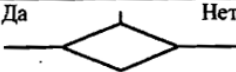
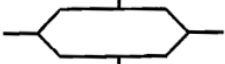
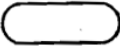
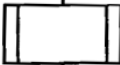
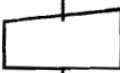
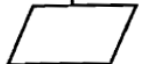
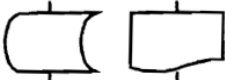
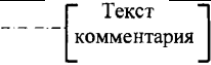
Таким образом, псевдокод представляет определенную систему обозначений и правил, предназначенную для единообразной записи алгоритмов, и занимает промежуточное место между естественным языком общения людей и формальными языками программирования. С одной стороны, он близок к обычному естественному языку, которым пользуется разработчик в своей повседневной жизни (в частности, русскому), поэтому алгоритмы могут на нем записываться и читаться как обычный текст. С другой стороны, в псевдокоде используются некоторые формальные конструкции и математическая символика, что приближает запись алгоритма к записи на языках программирования высокого уровня.

В псевдокоде не приняты строгие синтаксические правила для записи команд, присущие формальным языкам, что облегчает запись алгоритма на стадии его проектирования и дает возможность использовать более широкий набор команд, рассчитанный на абстрактного исполнителя. Однако в псевдокоде обычно имеются некоторые конструкции, присущие формальным языкам, что облегчает переход от записи на псевдокоде к записи алгоритма на формальном языке. В частности, в псевдокоде, так же как и в формальных языках, есть служебные слова, смысл которых определен раз и навсегда.

При *графическом способе записи* алгоритм изображается в виде последовательности связанных между собой линиями функциональных блоков, каждым из которых определяется выполнение соответствующего типа действий. Такое графическое представление алгоритма называется его блок-схемой. Блоки изображаются геометрическими фигурами (наиболее часто используемые блоки приведены в табл. 2.1). В блок-схеме каждому типу действий (вводу исходных данных, вычислению значений выражений, проверке условий, управлению повторением действий, окончанию обработки и т. п.) соответствует блок, представленный в виде определенной геометрической фигуры с запи-

сью внутри ее соответствующего действия применительно к описываемому алгоритму. Блоки соединяются отрезками прямых (линиями переходов), которые определяют последовательность выполнения действий. При построении блок-схем направление сверху вниз принимается за основное. В сложных блок-схемах линии переходов для большей наглядности направления процесса обработки информации могут дополняться стрелками, а блоки нумероваться.

Таблица 2.1. Блоки для графической записи алгоритмов

Название блока	Обозначение	Назначение
Процесс		Вычислительное действие или последовательность вычислительных действий
Решение		Проверка условия
Модификация		Начало цикла
Пуск, останов		Начало, конец, останов, вход и выход
Предопределенный процесс		Вычисление по заранее созданной программе
Клавиатура дисплея		Ввод данных с клавиатуры дисплея
Ввод, вывод		Ввод или вывод данных
Вывод		Вывод результатов обработки данных на экран или принтер
Соединитель		Указание на номер следующего или предыдущего блока
Переход		Переход к указанному блоку
Комментарий		Пояснения действий, исходных данных, результатов

Блок «*Процесс*» используется для описания операций обработки информации, в частности, описания подлежащей выполнению вычислительной операции или последовательности операций. Содержание операций записывается внутри блока.

Блок «*Решение*» изображается ромбом с одним входом и двумя выходами. Функция рассматриваемого блока – выбор направления действий в зависимости от выполнения или невыполнения некоторых задаваемых условий. Условие записывается внутри ромба, например, в виде отношения $i \leq t$. Выполнение этого условия (Да) соответствует одному из выходов ромба, невыполнение (Нет) – другому выходу. Блок также может иметь три выхода, однако без крайней необходимости использование такой конструкции нецелесообразно, так как при этом увеличивается возможность появления ошибок при описании алгоритмов.

Блок «*Модификация*» описывает управление циклом, т. е. многократным повторением одних и тех же операций. Внутри блока описывается закон изменения управляющего параметра цикла, например, в виде $i = i_n, i_k, \Delta i$. Здесь i_n – начальное значение параметра, i_k – конечное значение параметра, Δi – шаг изменения параметра. Если шаг изменения параметра равен 1, то значение Δi может не указываться.

Блок «*Пуск, останов*» определяет начало и конец процесса обработки информации. Он используется также при указании необходимости прерывания обработки данных.

Блоком «*Предопределенный процесс*» указывается использование в описанном алгоритме ранее созданных и отдельно описанных алгоритмов и подпрограмм. Внутри блока указывается имя алгоритма (подпрограммы), к которому надлежит обратиться, и параметры, относительно которых он должен быть выполнен.

Блок «*Соединитель*» обеспечивает указания соединения между прерванными линиями связи блоков. Внутри блока указывается или номер блока, к которому должен быть осуществлен переход, или номер блока, от которого переход осуществляется.

Блок «*Переход*» указывает связи между разъединенными частями алгоритма, представленными, например, на различных листах.

Блок «*Комментарий*» используется в тех случаях, когда возникает необходимость в дополнительных пояснениях. Текст комментария помещают внутри квадратной скобки, которая соединяется штриховой линией с блоком или отрезком между блоками, функции которых нужно прокомментировать.

Достоинством графического способа записи алгоритмов является наглядность изображения алгоритмов, что важно для представления алгоритмов сложной структуры. Такое представление алгоритмов существенно упрощает их восприятие программистами, за счет чего в значительной степени сокращаются затраты труда и времени на написание программ.

2.3. Базовые алгоритмические структуры

Любой алгоритм может рассматриваться как некоторая структура, состоящая из комбинации отдельных типовых структур. В теории алгоритмов доказана теорема, суть которой состоит в том, что алгоритм для решения любой задачи можно составить только из структур: следование, ветвление, цикл. Их называют базовыми алгоритмическими структурами.

Базовая структура *следование* образуется последовательностью действий, следующих одно за другим (рис. 2.1). Каждый блок может содержать в себе как простую команду, так и сложную структуру, но обязательно должен иметь один вход и один выход.

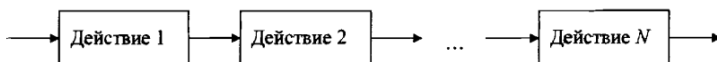


Рис. 2.1. Алгоритмическая структура в форме следования

Ветвление – алгоритмическая альтернатива. Управление передается одному из двух блоков в зависимости от истинности или ложности заданного условия (рис. 2.2).

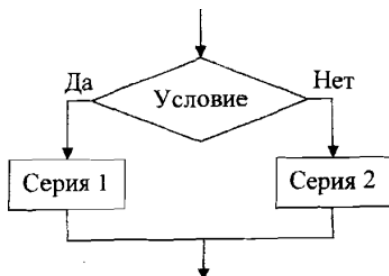


Рис. 2.2. Алгоритмическая структура в форме полного ветвления

Возможно представление неполной формы ветвления, когда по ветви «Нет» осуществляется выход на общее продолжение алгоритма без выполнения каких-либо промежуточных операций (рис. 2.3).

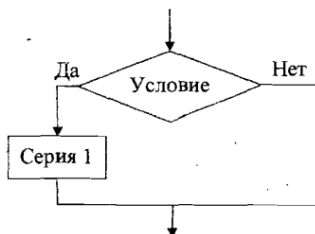
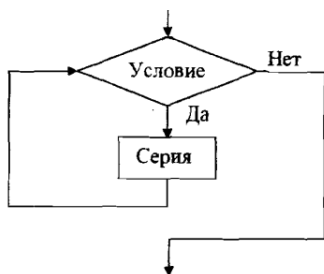


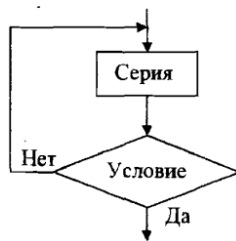
Рис. 2.3. Алгоритмическая структура в форме неполного ветвления

Каждый из блоков алгоритмических структур ветвления (Серия 1, Серия 2), которому возможна передача управления, может содержать одно или некоторую последовательность (серию) действий. Последние могут быть линейными или разветвляющимися относительно некоторого дополнительно заданного условия. После завершения серии происходит выход на общее продолжение алгоритма.

Цикл – повторение некоторой группы действий по задаваемому условию (рис. 2.4). Циклический процесс может быть описан двояко: либо посредством использования блока «Решение», либо обращением к блоку «Модификация». В первом случае описание более наглядно, во втором – обеспечивается большая компактность записи алгоритма.



а



б

Рис. 2.4. Алгоритмическая структура в форме цикла:
а – цикл с предусловием; б – цикл с постусловием

Различают два типа циклов:

1) цикл с предусловием (цикл – пока) – пока условие истинно, выполняется серия, образующая тело цикла (см. рис. 2.4, *а*);

2) цикл с постусловием (цикл – до) – тело цикла повторяет свое выполнение, если условие ложно; повторение действий кончается, когда условие станет истинным (см. рис. 2.4, *б*).

Теоретически необходимым и достаточным является лишь первый тип цикла – цикл с предусловием. Любой циклический алгоритм можно построить с его помощью. Это более общий вариант цикла, чем цикл с постусловием.

Глава 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЖИВОТНЫХ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ МОЛОКА

3.1. Системы идентификации животных и контроля их физиологического состояния

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

В таких устройствах могут использоваться различные физические принципы связи и передачи информации об идентификационных признаках: радиотехнический, оптический, магнитный, электрический, акустический и индукционный. Суть этой системы состоит в следующем: на ошейнике (или ноге) каждой коровы подвешивается (закрепляется) транспондер (рис. 3.1), который не имеет собственного питания и поэтому является пассивным устройством.

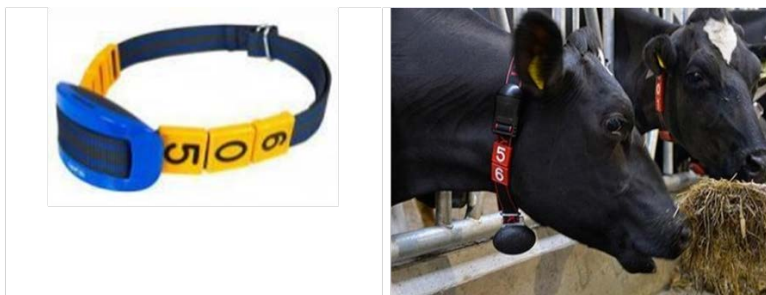


Рис. 3.1. Общий вид ошейника с транспондером

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

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

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

Желудочная идентификационная капсула, введенная через ротовую полость животного с помощью специального аппликатора (болюсодавателя), после попадания в желудок задерживается в рубце, не проходя дальше по пищеварительному тракту. Болюс, впрочем как и другие RFID-метки, не нуждается в источнике питания и содержит нестираемый идентификационный код. Корпус болюса изготавливается из безопасных и устойчивых к воздействию желудочного сока материалов (рис. 3.2, а).



Рис. 3.2. Общий вид желудочных болюсов:
а – идентификационный болюс; б – активный болюс smaXtec pH Plus

Кроме идентификационных желудочных капсул в молочном скотоводстве находят применение активные болюсы, которые позволяют отслеживать такие физиологические показатели животного, как температура и кислотность (pH) в рубце. Такой болюс осуществляет измерение показателей с интервалом 10 мин и сохраняет полученные данные

в собственной памяти в течение 90–150 дней. Активный болюс имеет встроенную Li-Ion батарею, обеспечивающую его питание в течение 4 лет (см. рис. 3.2, б).

Передача данных с болюсов осуществляется следующим образом (рис. 3.3): стационарный сканер излучает электромагнитное поле, и, когда животное проходит через него, электромагнитные волны улавливаются антенной болюса, что активизирует электронный чип, находящийся внутри датчика. Сканер считывает с чипа идентификационные данные животного и данные о его физиологических показателях. Далее через беспроводное соединение или локальную сеть информация передается в персональный компьютер, обрабатывается программой управления стадом и представляется в виде графиков или таблиц для ее последующего анализа персоналом фермы.

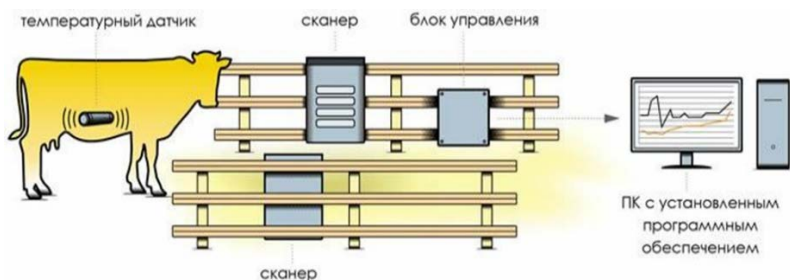


Рис. 3.3. Состав системы для считывания информации с болюсов

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

- контроль продуктивности скота;
- индивидуальное нормированное кормление животных;
- комплексное управление молочным производством на ферме в целом.

В настоящее время разработаны высокоэффективные многофункциональные счетчики молока, автоматически контролирующие основные технологические параметры в процессе доения коровы (температура, электропроводность, цвет, диэлектрическая проницаемость и другие параметры молока). В совокупности с датчиками потока молока работают элементы автоматики для определения периода охоты у

коров, живой массы животных, их двигательной активности и других параметров зоотехнического учета.

Специалисты группы компаний «ISBC» разработали комплекты, предназначенные для организации систем RFID-идентификации в сфере животноводства (рис. 3.4). RFID-метки позволяют идентифицировать животных и отслеживать их перемещение на протяжении всей жизни. Внедрение RFID-систем позволяет создавать базу электронных паспортов каждого животного.

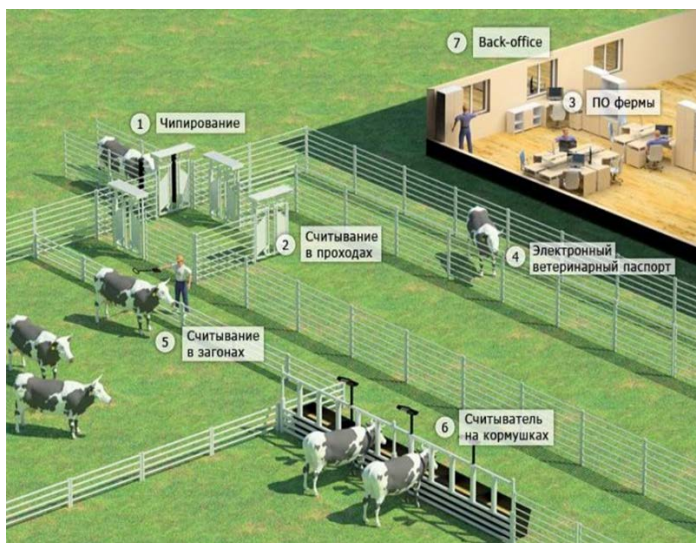


Рис. 3.4. Элементы системы RFID-идентификации крупного рогатого скота

RFID-метки более надежны и долговечны, чем классические средства идентификации животных (штрих-коды). RFID-метка не только позволяет записать гораздо больше информации, чем штрих-код, но, что очень важно, ее гораздо проще считать, так как совершенно не обязательно располагать ее в прямой видимости считывателя.

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

Принцип работы системы считывания следующий: в проходе устанавливается стационарный считыватель и, если требуется, одна или несколько антенн для увеличения зоны считывания. При пересечении

животным зоны считывания идентификационный номер особи передается в информационную систему фермы вместе со временем пересечения ворот и указанием его расположения.

Внедрение RFID-систем позволяет перейти к автоматическому заполнению и ведению электронного паспорта животного. Таким образом удастся не только сократить время обработки данных, но и снизить вероятность возникновения ошибок при занесении данных в информационную систему фермы. При сканировании животного данные о нем отображаются на экране ручного считывателя. Электронный паспорт является принятым мировым стандартом и позволяет контролировать качество продукции и повышает доверие к поставщикам.

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

Использование меток позволяет производить идентификацию животных в любом месте фермы. Для этого сотрудник обеспечивается ручным RFID-считывателем с длинной антенной. Поднеся антенну к животному, сотрудник фермы считывает его метку, находясь на безопасном расстоянии. Данные о животном высвечиваются на дисплее считывателя или передаются на другое внешнее устройство.

3.2. Автоматизированные системы управления производством молока

Внедрение АСУ ТП на отдельной молочной ферме исключительно для учета продуктивности животных и управления раздачей концентрированных кормов не всегда целесообразно с экономической точки зрения. Наибольшая эффективность применения интеллектуальных систем достигается в сочетании между собой различных технологических средств для отслеживания показателей животных, в результате чего обеспечивается комплексный контроль и оперативное управление производственными процессами по ферме в целом.

С достаточной степенью эффективности удастся автоматизировать и осуществлять информационное обеспечение следующих операций:

- непрерывный индивидуальный контроль за процессом лактации и уровнем продуктивности животных;
- отбор проб молока для последующего лабораторного анализа;
- оперативное выявление отклонений в показателях качества молока;
- ранняя диагностика различных стадий маститов;
- измерение температуры молока для выявления больных и коров в охоте;
- определение живой массы и регистрация активности (подвижности) дойных коров;
- комплексный расчет и корректировка рациона кормления;
- индивидуальная дозировка концентратов;
- дифференцированное разделение потока обслуживаемых коров;
- составление отчетов о продуктивности, периоде лактации и состоянии здоровья каждого животного («календарь коровы»);
- расчет финансово-экономических показателей молочного хозяйства.

Автоматизированная система управления стадом на предприятии по производству молока неразрывно связана с процессом доения коров. Например, устанавливаемая в доильных залах система управления стадом SCR ОАО «Гомельагрокомплект» (рис. 3.5) обеспечивает непрерывный контроль процесса доения, автоматическое снятие доильного аппарата по окончании доения, стимуляцию молокоотдачи, измерение электрической проводимости выдаиваемого молока и сбор статистических данных о надоях как отдельных животных, так и всего стада.

Селекционный бокс (рис. 3.6) представляет собой автоматически действующий агрегат, предназначенный для сортировки коров и выделения из стада животных, нуждающихся в ветеринарных процедурах. Селекционный бокс устанавливаются во входном проходе доильного зала.

Селекционный бокс работает следующим образом (рис. 3.7). Входные ворота раскрываются и корова входит внутрь бокса, где с помощью RFID-считывателя производится ее идентификация, после чего принимается решение «отсекать» корову или нет. Если принято решение отделить корову, то контролер селекционного бокса посредством подачи управляющего сигнала на электромагнитный вакуумный клапан устанавливает выпускные ворота в такое положение, при котором их створка перекрывает центральный проход и открывает животному вход в санитарную секцию.

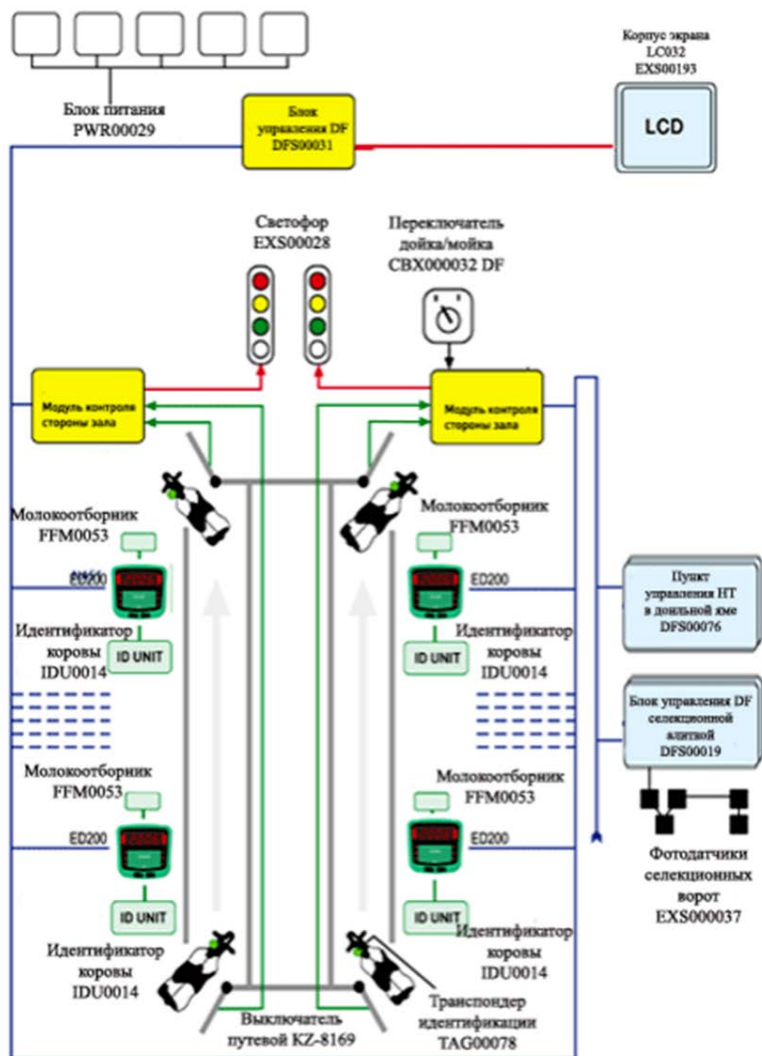


Рис. 3.5. Элементы системы управления стадом SCR

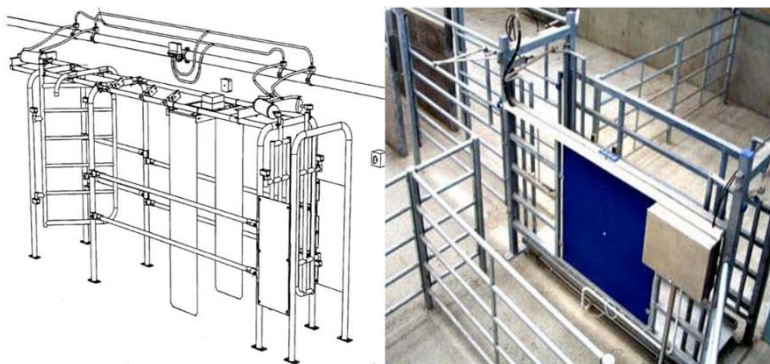


Рис. 3.6. Общий вид селекционного бокса

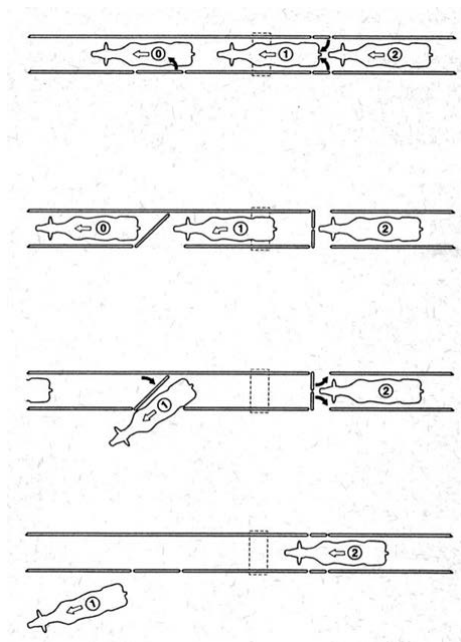


Рис. 3.7. Принцип работы селекционного бокса

Занятие и освобождение животным селекционного бокса отслеживается тремя оптическими датчиками (рис. 3.8). После входа коровы в

бокс входные ворота закрываются и остаются в таком положении до тех пор, пока животное не выйдет из бокса.

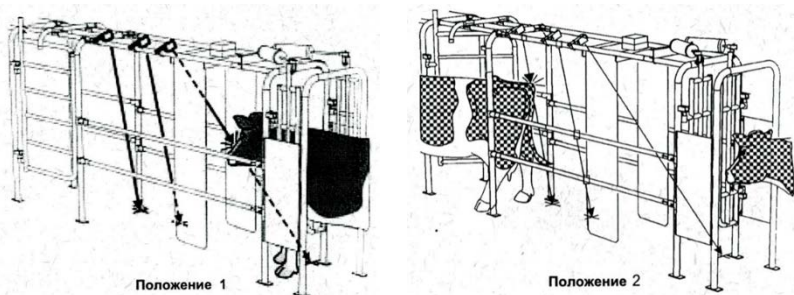


Рис. 3.8. Отслеживание положения коровы в селекционном боксе

Управление селекционным боксом происходит в автоматическом режиме, но если потребуется, то можно перейти на ручное управление. Для этого необходимо повернуть переключатель в положение управления в ручном режиме – входные ворота откроются, центральный выходной проход заблокируется и откроется боковой выход в сортировочный проход (в санитарную секцию).

3.3. Автоматизированные системы для ухода за животными

Комфорт животных и гигиена являются важнейшими составляющими содержания коровника. Автоматические щетки-чесалки для коров предназначены для комфортной и эффективной чистки животных, обширного массажа, стимуляции обмена веществ, улучшения циркуляции крови, а также удаления паразитов. Автоматические щетки-чесалки включаются от легкого их поднятия коровой, чистят не только спину и шею, но также бока и грудь. Щетка автоматически настраивается под размеры животных. При чрезмерной нагрузке происходит автоматическая смена направления вращения.

Фирма «Lely» предлагает щетку для коров Lely Luna (рис. 3.9). Износостойкая и не сгибающаяся щетка работает от электродвигателя мощностью 0,37 кВт. Щетка вращается со скоростью 60 об/мин. Масса щетки с приводом составляет 135 кг.



Рис. 3.9. Щетка для коров Lely Luna

Благодаря изменяющемуся направлению движения щетина щетки сохраняет свою форму на протяжении более длительного времени по сравнению со щетками, вращающимися только в одном направлении. Комбинация мягких и более жестких щетинок создает оптимальный баланс для обеспечения эффективной и комфортной чистки. Благодаря своей конструкции щетка Luna не нуждается в обслуживании, так как состоит из минимального количества подвижных деталей. Щетка приводится в действие двигателем и активируется простым касанием.

Автоматические щетки для коров модели PROFI-COW и KRAZZMAXX производства компании «SUEVIA» (рис. 3.10) позволяют свести к минимуму трудоемкую чистку животных.



Рис. 3.10. Автоматические щетки для коров моделей PROFI-COW и KRAZZMAXX

Автоматическая щетка для коров Profi-SWING (рис. 3.11) монтируется на прочном оцинкованном носителе. Эффективная чистка шерсти осуществляется благодаря пружинному подвесу, обеспечивающему равномерное давление щетки на спину коровы. Щетка имеет маятниковую конструкцию и предназначена для повышения комфорта содержания крупного рогатого скота путем выполнения массажа кожного покрова в труднодоступных местах, удаления шерсти после сезонной линьки, очистки животных от пыли и грязи.



Рис. 3.11. Автоматическая щетка для коров Profi-SWING

Система крепления кронштейнов позволяет щетке качаться вокруг двух горизонтальных взаимно перпендикулярных осей. Угол качания (от вертикали) $\pm 90^\circ$. На кронштейне закреплен привод с мотор-редуктором. На тихоходном валу мотор-редуктора установлен вал, на котором закреплены щеточные диски. Привод щетки включается автоматически при отклонении ее от вертикального положения более чем на 2° . Выключение привода происходит спустя некоторое время после того, как щетка вернется в исходное (вертикальное) положение.

Компания «DeLaval» разработала ряд инновационных решений для работы со стадом, которые позволяют улучшить самочувствие животных. Одним из таких решений является мини-щетка (рис. 3.12), которая создана по образцу щеток для дойного стада. Щетка предназначена для мелкого рогатого скота, например коз, но ее также можно использовать и при выращивании молодняка крупного рогатого скота. Телята

с раннего возраста теперь могут рассчитывать на уход, который раньше был доступен только взрослым животным.



Рис. 3.12. Мини-щетка компании «DeLaval»

Щетки для коров устанавливают в коровнике в любом удобном месте. Монтаж щетки достаточно прост: обычно устройство устанавливается на стене или столбе в свободной зоне коровника, таким образом обеспечивается беспрепятственное движение и естественное поведение животных в коровнике.

Автоматические щетки широко внедряются во всех хозяйствах Европы и Беларуси. Результат использования щеток для коров – здоровая, блестящая шерсть, а также чистота и комфорт животных.

Глава 4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОРМЛЕНИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

4.1. Автоматизированные системы для приготовления и раздачи полнорационных кормовых смесей

Известно, что процесс приготовления и выдачи полнорационных кормовых смесей является сложной биотехнической целенаправленной системой «человек → корм → машина → животное». В центре этой системы стоит животное с его потребностями в питательных веществах для получения планируемой продуктивности, которые долж-

ны быть удовлетворены определенным набором кормов и кормовых добавок.

В то же время приготовление и раздача кормовых смесей на животноводческих фермах являются процессами энерго- и трудоемкими, требующими значительных дополнительных затрат на строительство кормоцехов, приобретение и использование машин и оборудования.

В автоматизированных системах приготовления и выдачи кормовой смеси подготовка кормов и их выдача животным осуществляются разными техническими средствами. Для приготовления кормосмесей применяются как стационарные смесители, так и передвижные координатные роботизированные смесители-раздатчики кормов.

В основном применение нашли стационарные кормосмесители с вертикальным расположением смешивающих шнеков в бункере машины. Смесители оснащаются выгрузными устройствами в виде транспортеров различных типов: ленточных, скребковых, шнековых и др. Раздача заранее приготовленной кормосмеси может выполняться стационарными или передвижными координатными кормораздатчиками.

В случае приготовления кормосмеси непосредственно в бункере координатного кормораздатчика применяют технические средства с расширенными функциональными возможностями. Такие кормораздатчики имеют электронную весоизмерительную систему и смешивающие рабочие органы внутри бункера.

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

Процессом раздачи кормов, в зависимости от выбранной программы кормления и введенных исходных данных, управляет бортовой компьютер, который может иметь набор базовых функций: выдача суточного рациона, режимы наращивания или снижения нормы выдачи кормов и режим расчетного потребления корма на конкретную корову. Помимо управления компьютер выполняет и ряд расчетных функций: суммирует фактический расход кормов и выдает статистические данные о потреблении коровами различных кормов.

Технические возможности выпускаемых кормораздатчиков позволяют реализовать как индивидуальное, так и групповое кормление, в зависимости от способа содержания животных.

Энергоснабжение двигателей координатных кормораздатчиков осуществляется от аккумуляторных батарей (подзаряжаются после каждого цикла раздачи кормов через контакты или штепсельные разъемы при его нахождении в исходном положении) или токопроводящей шины, размещаемой вдоль траектории его движения. Иногда применяется комбинированное энергоснабжение – аккумуляторные батареи и токопроводящая шина.

Автоматизированные технологические системы кормления животных выпускает ряд фирм. Так, фирма «Pellon Group OY» (Финляндия) разработала и предлагает потребителям несколько вариантов исполнения таких систем для различных технологий содержания животных (рис. 4.1).

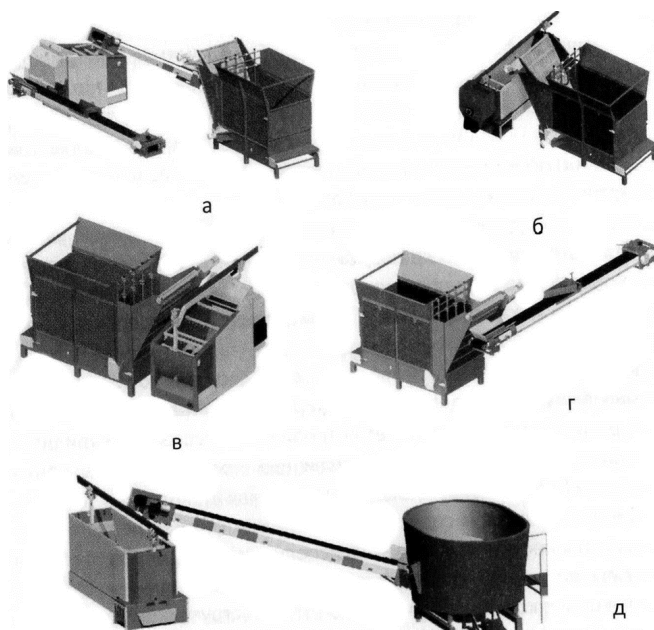


Рис. 4.1. Варианты исполнения автоматизированных систем кормления животных фирмы «Pellon Group OY»:

- а* – загрузчик + смеситель TMR + ленточный конвейер Pellon Belt Feeder;
- б* – загрузчик + робот-кормораздатчик Pellon Combi;
- в* – загрузчик + робот-кормораздатчик Pellon TMR;
- г* – загрузчик + ленточный конвейер Pellon Belt Feeder; *д* – смеситель CutMix + ленточный конвейер + робот-кормораздатчик Pellon Silage

При беспривязном содержании животных предлагается использовать несколько вариантов исполнения автоматизированной системы кормления животных, основными элементами которых являются робот-кормораздатчик Pellon TMR (см. рис. 4.1, *а, в–д*). Для кормления животных при привязном способе содержания предлагается линия в составе загрузчика и робота-кормораздатчика Pellon Combi (рис. 4.1. *б*).

Для реализации предложенных вариантов построения автоматизированных систем кормления животных фирмой разработаны подвесные роботы-кормораздатчики с различными функциональными возможностями. Конструктивное исполнение робота-кормораздатчика Pellon TMR (рис. 4.2) позволяет приготавливать полностью сбалансированные по питательным веществам кормосмеси.

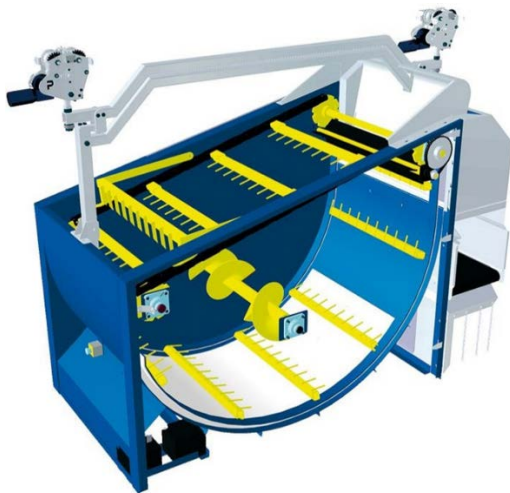


Рис. 4.2. Конструктивная схема робота-кормораздатчика Pellon TMR

Pellon TMR оборудован электронной системой взвешивания, которая обеспечивает заполнение бункера кормораздатчика исходными компонентами кормосмеси с использованием весового дозирования каждого из них. Система смешивания комбинированная, состоит из конвейера и шнека. Конвейер, захватывая своими гребенками компоненты кормосмеси, перемещает их из нижней части в верхнюю, откуда корм под действием силы тяжести скатывается вниз. Размещенный в середине бункера шнек дополнительно перемешивает кормосмесь в

горизонтальном направлении. В результате такого комбинированного воздействия исходные компоненты быстро образуют однородную по составу кормовую смесь.

Благодаря закругленной форме днища бункера робота затраты энергии на смешивание и выгрузку корма сведены к минимуму (установленная мощность электродвигателя привода рабочих органов составляет 2,2 кВт). Электроснабжение кормораздатчика осуществляется от токопроводящей шины, установленной вдоль монорельса. Робот Pellon TMR способен обслужить 200–300 гол. КРС.

Для группового кормления животных можно использовать и стационарные автоматизированные технические средства для раздачи кормов. Так, фирма «Pellon Group OY» предлагает потребителям ленточный конвейер Pellon Belt Feeder (рис. 4.3), который устанавливается в животноводческом помещении над кормовым проходом.



Рис. 4.3. Ленточный конвейер Pellon Belt Feeder

Предварительно приготовленная кормосмесь подается в приемную часть ленточного конвейера и далее ленточным транспортером перемещается над кормовым проходом. Над ленточным транспортером установлено сбрасывающее поворотное устройство в виде клина, которое имеет возможность автономного перемещения вдоль транспортера. За счет управления перемещением сбрасывающего устройства (вручную или с помощью компьютера Graphics) обеспечивается выдача необходимого количества корма в кормушку или на кормовой стол. Раздача кормов может производиться на левую или правую сторону от ленты транспортера за счет поворота клиновидного сбрасывающего устройства, выполняемого автоматически сервомотором, установленным в конце конвейера. Ширина ленты конвейера – 450 мм, длина – до 80 м, установленная мощность привода – 3 кВт.

Для кормления животных при привязном содержании животных фирмой «Pellon Group OY» разработан робот-кормораздатчик Pellon

Combi (рис. 4.4), конструктивное исполнение которого и возможности системы управления позволяют осуществлять индивидуальное кормление животных в соответствии с запрограммированным рецептом. Отличительная особенность робота – реализованный в его конструкции способ приготовления кормосмеси: она готовится с помощью поперечного раздаточного ленточного транспортера, оснащенного системой электронного взвешивания. На транспортер дозаторами (работают в согласованном с системой взвешивания режиме) из соответствующих бункеров подается необходимая порция объемистых (силос, сенаж, сено) и концентрированных кормов. Исходные компоненты кормосмеси смешиваются в процессе их подачи на поверхность транспортера. Готовая порция кормосмеси транспортером выгружается конкретному животному в кормушку или на кормовой стол (раздача может осуществляться на обе стороны).

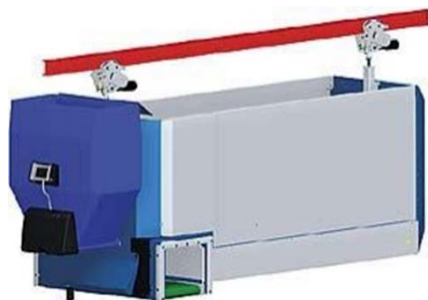


Рис. 4.4. Робот-кормораздатчик Pellon Combi

Для дозированной раздачи предварительно приготовленной кормосмеси или грубых кормов служат роботы-кормораздатчики Pellon Silage (используются при беспривязном содержании животных). Для раздачи грубых кормов фирма предлагает потребителям роботы-кормораздатчики Pellon 1500 и Pellon 2500 (табл. 4.1).

Для управления процессом кормления животных фирма «Pellon Group OY» разработала новое поколение компьютеров Pellon: Pellon Graphics, Pellon PT-400 и Pellon PT-200. Компьютерная система Pellon Graphics стационарного исполнения служит для управления кормлением стада с большим поголовьем, оснащена удобным и информативным дисплеем. После ввода исходных данных в компьютер (количество групп животных, рецептов и исходных компонентов, времени кормле-

ния и др.) кормление животных осуществляется в автоматическом режиме под управлением компьютера. Программное обеспечение компьютеров Pellon Graphics поддерживает функцию «календарь коровы», которая является инструментом для прогнозирования предстоящих мероприятий и облегчает выполнение индивидуального режима кормления, автоматически приспособляемого к продуктивному циклу животного.

Таблица 4.1. Техническая характеристика подвесных роботов-кормораздатчиков фирмы «Pellon Group OY»

Показатель	Модель кормораздатчика					
	Pellon TMR	Pellon Silage	Pellon 2000 Combi	Pellon 3000 Combi	Pellon 1500	Pellon 2500
Вместимость, кг	2000	2500	2100	3100	1500	2500
Ширина ленты, мм	1100; 1300; 1500					
Габаритные размеры, мм:						
длина	3020	3400	3100	4100	2400	3400
ширина	1330	1200	1200	1200	1200	1200
высота	2400	2050	1850	1850	1850	1850
Масса, кг	1200	940	750	965	700	915

Компьютеры Pellon PT-400 и PT-200 представляют собой портативные модели, функциональные возможности которых следующие: поголовье запасаемых животных – 230–255, число групп животных – до 9, число кормовых рационов – 1–5. Компьютеры осуществляют контроль за потреблением кормов и имеют энергонезависимую память.

Фирма «Mullerup A/S» (Дания), которая с 2010 г. входит в состав концерна «GEA Farm Technologies», предлагает потребителям также различные варианты автоматизированных систем кормления животных, которые по назначению и исполнению в общем аналогичны предыдущим. Так, конструкция роботов-кормораздатчиков Mix Feeder этой фирмы позволяет выполнять приготовление кормосмеси и ее раздачу в животноводческих помещениях с различными системами содержания животных в автоматическом режиме под управлением компьютера МПТ или вручную (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Элементы автоматизированной системы кормления Mix Feeder

Для кормления молочного стада с большим поголовьем (до 1000 коров) при беспривязном содержании концерном «GEA Farm Technologies» разработана система MIX & CARRY, состоящая из подвешенного робота-кормораздатчика и стационарного смесителя MVM для приготовления кормосмесей (рис. 4.6).



Рис. 4.6. Элементы автоматизированной системы кормления MIX & CARRY

Подвесные роботы-кормораздатчики MIX & CARRY с бункером вместимостью 2 или 3 м³ могут обслуживать до 20 групп животных, выдавая им до 30 рационов кормосмесей, перемещаясь при этом со скоростью 8–16 м/мин.

Стационарный смеситель MVM представляет собой бункер с вертикально установленными рабочими органами шнекового типа, оснащенный электронной системой взвешивания компонентов кормовой смеси. Для удовлетворения потребностей ферм с различным поголовьем животных выпускается широкий типоразмерный ряд кормосмесителей (табл. 4.2).

Таблица 4.2. Техническая характеристика стационарных смесителей MVM

Показатель	Модель смесителя		
	MVM 6,5/8/10	MVM 14/18	MVM 22/27
Вместимость, м ³	6,5; 8; 10	14; 18	22; 27
Число шнеков, шт.	1	2	2
Число ножей на шнеке, шт.	5	10	14
Установленная мощность, кВт	15	22	30

Шведская фирма «DeLaval» также предлагает автоматизированные линии приготовления и раздачи кормов для молочно-товарных ферм и комплексов. Автоматические кормораздатчики этой фирмы легко интегрируются в основные системы кормления и могут работать под управлением компьютерной системы ALPRO или стандартного бортового компьютера. Система ALPRO контролирует процесс автоматического кормления стада и может применяться в сочетании с системой идентификации животных. Если автоматическое распознавание коров не вписывается в конкретную планировку животноводческого помещения, то можно использовать стандартный бортовой компьютер кормораздатчика, имеющий набор базовых функций для кормления коров, в том числе дневной рацион кормления, режимы наращивания и уменьшения выдачи кормов и режим расчетного потребления корма на одну корову.

Фирма «DeLaval» выпускает подвесные кормораздатчики нескольких типов с различными функциональными возможностями. Основная конструктивная особенность подвесных кормораздатчиков – перемещение по монорельсу. Кормораздатчик RA 135 обеспечивает кормление стада полнорационными кормосмесями и используется на фермах, оборудованных системой добровольного доения коров роботами VMS этой же фирмы. Кормораздатчик спроектирован для частой автоматической раздачи корма в течение 24 ч в сутки, работает в автономном режиме и имеет конструктивную возможность увеличения длины, а следовательно, и вместимости бункера (рис. 4.7, табл. 4.3).

Кормораздатчик RA 135 входит в состав линии DeLaval Optimat II Master – полностью автоматизированной системы для приготовления и раздачи кормов (рис. 4.8). Автоматическое управление работой механизмов обеспечивает точное заполнение, смешивание и распределение всех компонентов кормовой смеси. Стационарный смеситель кормов с вертикальным расположением шнека VSM обеспечивает многократное приготовление корма в течение суток. Смеситель работает с любыми

видами объемистых и концентрированных кормов. Приготовленная кормовая смесь с помощью наклонного ленточного конвейера перегружается из смесителя в бункер координатного кормораздатчика RA 135 для дальнейшей ее раздачи животным.



Рис. 4.7. Подвесной кормораздатчик RA 135 фирмы «DeLaval»

Таблица 4.3. Техническая характеристика кормораздатчика RA 135

Показатель	Значение
Вместимость бункера, м ³	от 2,5 (увеличивается на 3,7 м ³ с увеличением длины бункера на 1 м)
Минимальная ширина кормового проезда, мм	2000
Высота расположения монорельса относительно кормового стола, м	2150
Мощность на привод, кВт:	4
битерного устройства	
выгрузного транспортера	0,37
опорных тележек	0,75
Габаритные размеры, мм:	
длина	от 3900
ширина	1350
высота	1650
Масса, кг	950

Система DeLaval Optimat II Master может использоваться для кормления различных групп коров с определенным рационом для каждой из них. Компоненты автоматически дозируются и смешиваются, после чего кормовая смесь многократно раздается животным в течение суток. Единственным условием бесперебойной автоматической работы системы является периодическое заполнение компонентами кормовой смеси бункеров накопителей-питателей.

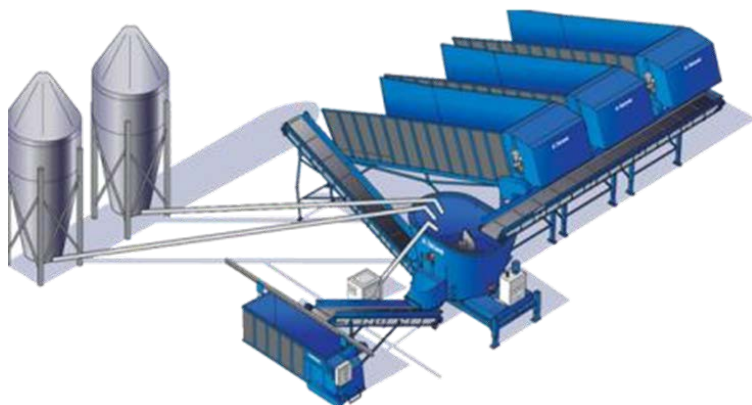


Рис. 4.8. Автоматизированная система приготовления и раздачи кормов DeLaval Optimat II Master

Еще одной из наиболее перспективных роботизированных систем кормления крупного рогатого скота является система Triomatic фирмы «Trioliet» (рис. 4.9). Как и в вышеописанной Optimat II Master, главным достоинством этой системы является то, что для ее бесперебойной работы необходимо лишь поддерживать требуемый запас кормов, все остальные операции выполняются автоматически в соответствии с заданной программой кормления животных.

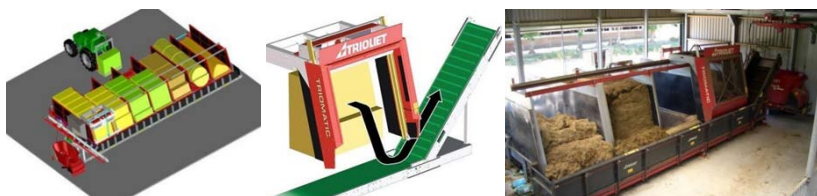


Рис. 4.9. Элементы роботизированной системы кормления КРС Triomatic

Система Triomatic состоит из кормоприготовительного отделения и координатного робота-кормораздатчика. В кормоприготовительном отделении размещены накопители для оперативного (в течение нескольких дней) хранения исходных компонентов кормосмеси. Дно каждого накопителя представляет собой транспортер, перемещающий хранящийся корм к режущей секции. Секция может перемещаться по направляющим, проложенным вдоль торцов накопителей.

После установки секции напротив соответствующего накопителя два дисковых ножа секции производят послойное отрезание корма от находящегося в накопителе массива. Далее отрезанный корм ссыпается на поперечный ленточный транспортер, который подает его в бункер координатного кормораздатчика. Благодаря наличию в кормораздатчике электронной системы взвешивания загрузка его бункера компонентами кормовой смеси осуществляется дозированно, в строгом соответствии с запрограммированным рационом. Приготовление кормовой смеси осуществляется непосредственно в бункере кормораздатчика с помощью двух вертикально расположенных шнеков. Все перемещения робота-кормораздатчика осуществляются по монорельсу, снабженному токопроводящей шиной.

Работа системы Triomatic контролируется компьютером с помощью специально разработанной программы, которая позволяет выбирать рационы кормления, время и периодичность кормления по группам животных и др. Благодаря этому значительно сокращаются затраты труда обслуживающего персонала, связанные с кормлением животных, даже при увеличении частоты кормления. Кроме того, возможно организовать гибкий рабочий график обслуживающего персонала, так как при выполнении работ по поддержанию необходимого запаса кормов оператор свободен в выборе времени, когда их выполнять.

Работа над дальнейшим совершенствованием системы привела к расширению ее функциональных возможностей. Новая модель Triomatic, помимо кормления коров, теперь может разбрасывать солому на подстилку в боксах для отдыха животных или секциях при их групповом содержании. Солома предварительно измельчается до частиц необходимого размера, а затем поперечным транспортером загружается в бункер робота-кормораздатчика. При разбрасывании соломы робот перемещается по подвесной рельсовой направляющей, смонтированной над местами отдыха животных.

В последнее время получают развитие автоматизированные системы кормления животных, оснащаемые кормораздатчиками на колесном ходу. При создании конструкции таких машин за основу были взяты не подвесные роботы-кормораздатчики, а мобильные смесители-раздатчики кормов. Такие инновационные разработки уже были продемонстрированы на крупнейших международных выставках – автоматический смеситель-кормораздатчик Innovado (рис. 4.10) фирмы «Schuitemaker Machines B. V.» (Нидерланды).



Рис. 4.10. Автоматический смеситель-кормораздатчик Innovado

В конструкции кормораздатчика Innovado использованы как уже известные технические решения, так и инновационные разработки. Так, выемка силоса из траншейных хранилищ и его загрузка в бункер установки осуществляются хорошо зарекомендовавшим себя резчиком силосных блоков, размещенным на стреле с регулируемой длиной вылета. Смешивание ингредиентов производится в бункере кормораздатчика с помощью вертикального шнека. Раздача корма ведется ленточным поперечным транспортером на левую или правую сторону.

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

Система управления кормораздатчика обеспечивает выполнение в автоматическом режиме всех технологических операций загрузки, приготовления и раздачи кормосмеси, а также перемещение робота по заданному маршруту. Маршрут для Innovado задается путем размещения под поверхностью дорожного полотна специальных индукционных датчиков. На самом роботе установлены гироскоп и взаимодействующие с датчиками сенсоры, обеспечивающие перемещение машины по установленному маршруту. Безопасная эксплуатация Innovado обеспечивается за счет установленного на нем лазера, который сканирует близлежащее пространство на предмет присутствия людей, животных и других объектов. При обнаружении препятствия на маршруте движения робот немедленно останавливается.

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

Автоматизированная система кормления Vector фирмы «Lely» состоит из нескольких агрегатов, управляемых компьютером по специальной программе, позволяющей автоматически приготавливать многокомпонентные кормовые смеси и осуществлять их раздачу. Система включает в себя грейферный погрузчик объемистых кормов, дозатор концентрированных кормов и добавок, координатный смеситель-кормораздатчик с функцией подталкивателя кормов (рис. 4.11).

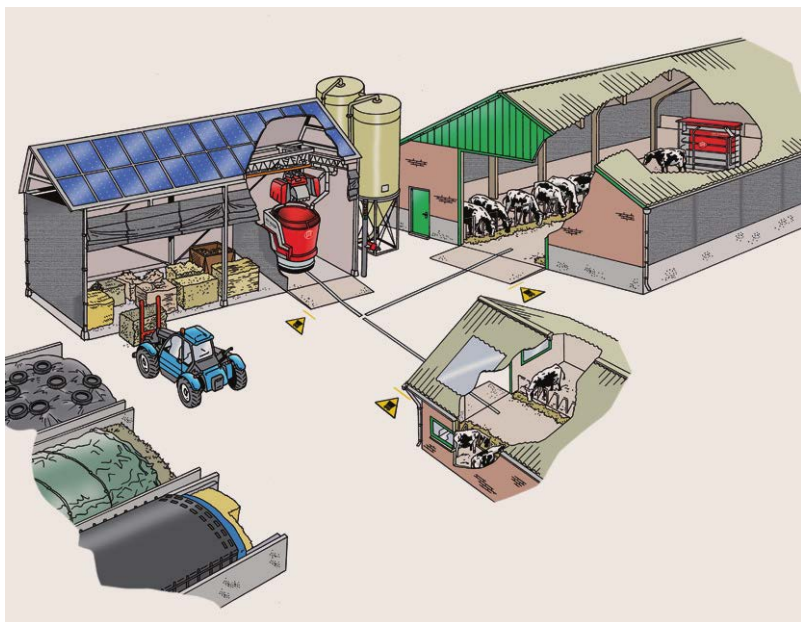


Рис. 4.11. Схема размещения технологических помещений при использовании автоматизированной системы кормления Vector

В процессе приготовления кормовых смесей робот-кормораздатчик останавливается в определенном месте и подключается к специальному устройству для зарядки аккумуляторных батарей. Здесь же располагается дозатор концентрированных кормов и добавок, который загружает в бункер кормораздатчика необходимые компоненты. В помещении также смонтирована кран-балка с роботизированным грейферным погрузчиком объемистых кормов.

Грейферный погрузчик имеет сканер наличия кормов на площадке, электронные весы для определения массы захваченной порции корма и сам ковш, который захватывает порцию корма и удерживает до момента, когда робот-погрузчик переместится к бункеру смесителя-кормораздатчика. Находясь над бункером, ковш раскрывается, и корма попадают в бункер. Если одной порции компонента недостаточно, погрузчик повторяет свой цикл (рис. 4.12).



Рис. 4.12. Загрузка кормов в бункер смесителя-раздатчика роботизированным грейферным погрузчиком

Роботизированный погрузчик способен загружать несколько различных компонентов кормовой смеси, которые должны быть расположены в хранилище кормов в определенном месте. Данное хранилище рассчитано на трехдневный запас кормов и может располагаться как в пристройке к коровнику, так и в отдельно стоящем здании.

Кормораздатчик автоматизированной системы кормления Vector оснащен бункером, представляющим собой смеситель с вертикально расположенным шнеком (рис. 4.13). Управление работой кормораздатчика осуществляется через сенсорную панель E-link по беспроводной связи. Кормораздатчик оснащен датчиком, который сканирует кормовой стол в процессе подравнивания корма и определяет количество остатков на конкретном участке (замеряется толщина слоя корма на кормовом столе). В случае если кормовой стол пуст, робот дозированно выгружает кормовую смесь из бункера на этом отрезке фронта кормления. Таким образом достигается постоянное наличие свежего корма на кормовом столе.



Рис. 4.13. Координатный смеситель-раздатчик системы кормления Vector:
 1 – бункер; 2 – кнопка экстренной остановки; 3 – тензодатчик; 4 – бампер с датчиками препятствий; 5 – вращающийся конус для подталкивания кормов; 6 – разъем зарядного устройства; 7 – шибер; 8 – антенна связи; 9 – шит управления; 10 – ультразвуковой датчик для определения расстояния от ограждения кормового стола; 11 – лазерный датчик наличия корма на кормовом столе

Автоматизированная система кормления Vector обеспечивает многократное кормление животных в течение суток (до 10 раз) небольшими, точно дозируемыми порциями. Эта система разработана в дополнение к доильному роботу Astronaut и минимизирует ручной труд на молочных фермах. Так, по данным хозяйств в Канаде, где установлена эта система, удается достичь экономии до 600 ч ручного труда и около 6 000 л дизельного топлива в течение одного года.

4.2. Автоматизированные системы для индивидуальной раздачи концентрированных кормов

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

Кормление в доильном зале осуществляется с помощью кормораздатчика с ручной или автоматической идентификацией животных. Кормораздаточные устройства для кормления в стойловых помещениях требуют автоматизированной идентификации. Молочные хозяйства с длительным пастбищным периодом иногда предпочитают скармли-

вать все концентраты в доильном зале. Недостатком этого метода является то, что поедание большого количества корма за один раз требует больше времени и может отрицательно сказываться на здоровье животного. Альтернативой этому методу является использование кормораздатчиков для кормления вне доильного зала круглый год и загон животных в коровник на пару часов перед тем, как выпустить их обратно на пастбище.

При кормлении в стойловом помещении используют кормовые станции (рис. 4.14), осуществляющие дозирование и индивидуальную выдачу порции комбикорма животному. Когда корова заходит в кормовую станцию, система идентифицирует животное и выдает нужное количество корма. Использование компьютера позволяет снизить трудовые затраты и обеспечивает ведение учета потребления корма каждой коровой.



Рис. 4.14. Индивидуальное кормление животных концентрированными кормами в стойловом помещении

Автоматическая кормовая станция DairyFeed С 8000 фирмы «GEA Farm Technologies» представляет собой индивидуальный станок (рис. 4.15), оборудованный одним или несколькими накопительными бункерами 1, дозатором комбикорма 2 и кормушкой 3. Для идентификации входящих в бок животных кормовые станции оснащаются техническими средствами для считывания индивидуального номера коровы с RFID-транспондера, закрепленного на ошейнике или ушной бирке коровы. Поскольку кормовые станции подключаются к программе управления стадом на ферме, то выдаваемая доза комбикорма автоматически корректируется в зависимости от уровня молочной продуктивности коровы, ее физиологического состояния и ряда других показателей.

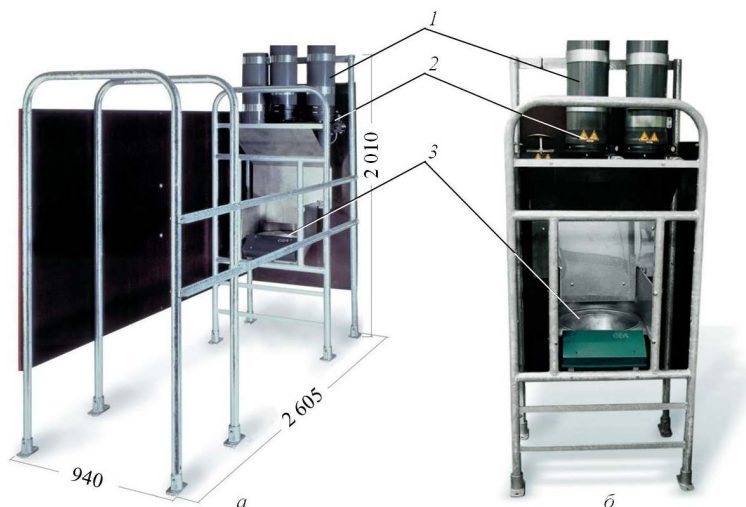


Рис. 4.15. Общий вид и размеры автоматической кормовой станции DairyFeed C 8000:
a – вид сбоку; *б* – вид спереди;
 1 – накопительный бункер; 2 – дозатор; 3 – кормушка

Компания «Lely» предлагает кормовую станцию Cosmix P (рис. 4.16). Кормовая станция полностью совместима с доильными роботами Lely Astronaut и подключается к программе управления Т4С. Это обеспечивает индивидуальную выдачу концентрированного корма каждой корове с учетом уже съеденных ею комбикормов, выдаваемых доильным роботом во время доения.



Рис. 4.16. Общий вид кормовой станции Cosmix P

В коровнике кормовые станции 2 (рис. 4.17) обычно размещают у продольных стен помещения. Оперативный запас гранулированного комбикорма хранится в бункерах 1, из которых спиральными транспортерами 3 подается в кормовые станции 2. Количество кормовых станций в коровнике принимается из соотношения одна станция на 50–70 животных.

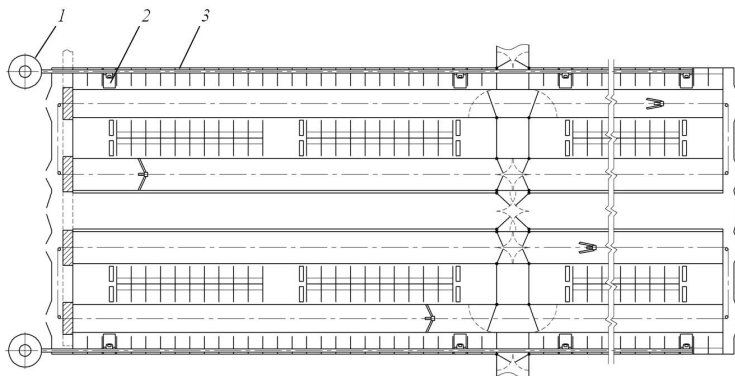


Рис. 4.17. Особенности планировки коровника беспривязно-боксового содержания при использовании комбинированного способа скармливания кормов:

1 – бункер; 2 – автоматическая кормовая станция; 3 – спиральный транспортер

Индивидуальная выдача концентрированных кормов животным позволяет реализовать *комбинированный способ скармливания*, когда объемистые корма (силос, сенаж, сено) дозируются на группу животных и раздаются на кормовой стол или в кормушки в виде кормовой смеси, а концентрированные выдаются персонально каждому животному.

4.3. Автоматизированное оборудование для подталкивания кормов на кормовом столе

На фермах с беспривязным содержанием животных раздача кормосмесей осуществляется в основном на кормовой стол, преимущества которого перед кормушкой заключаются в удобстве обслуживания и более низких затратах труда на его очистку от остатков корма. В то же время из-за поведенческого стереотипа выборочного поедания корма коровами через небольшой промежуток времени после начала кормления часть корма оказывается вне зоны их досягаемости. Поэтому на молочных фермах приходится подталкивать корм ближе к кормовой решетке 2–5 раз в сутки. Выполнение этой операции вручную требует

значительных затрат труда. В связи с этим для возврата корма в зону досягаемости его животными выпускается роботизированное оборудование различного исполнения.

Примером такого оборудования является роботизированная установка Butler австрийской фирмы «Wasserbauer». Рабочий орган установки выполнен в виде повернутого на угол в 90° ленточного конвейера, привод которого осуществляется от электродвигателя с напряжением питания 24 В. Перемещается установка по рельсовой направляющей, смонтированной вдоль ограждения кормового стола. На направляющей смонтирована каретка с ходовым колесом, которая служит опорой ближнему к ограждению краю установки. Вторая опора – ходовое колесо, установленное на противоположной части установки и перемещающееся по поверхности пола кормового проезда. Привод каретки и опорного нижнего колеса осуществляется от электродвигателей (по одному на каждую опору), питание всех трех электродвигателей – от аккумуляторов, которые подзаряжаются в автоматическом режиме в положении парковки подталкивателя. В соответствии с заданной программой робот до 12 раз в сутки перемещается вдоль фронта кормления и за счет вращения конвейера сдвигает корм в зону досягаемости животных.

Опционально робот Butler может оснащаться системой автоматического управления его движением. Она обеспечивает перемещение установки параллельно направляющей на криволинейных участках (с радиусом направляющего рельса 1–2 м и больше). Благодаря этому агрегат может разворачиваться и обслуживать оба противоположно расположенных кормовых стола в одном кормовом проезде.

Фирма «Wasserbauer» разработала и новую модель робота с расширенными функциональными возможностями Butler-Plus (рис. 4.18). Он дополнительно оснащен бункером и дозатором (или двумя дозаторами), имеет возможность вносить поверх корма на кормовом столе концентрированные корма, жидкие или минеральные добавки.



Рис. 4.18. Роботизированная установка Butler-Plus фирмы «Wasserbauer»

Фирма «Lely» (Нидерланды) разработала другой вариант роботизированной установки для подталкивания корма на кормовом столе, функциональные возможности системы управления которой позволяют отказаться от использования каких-либо направляющих. Робот-подталкиватель Juno (рис. 4.19) представляет собой самоходное устройство цилиндрической формы диаметром 1 или 1,6 м, размещенное на трех колесах (одно служит для управления направлением движения робота, два других имеют привод от электродвигателя и обеспечивают перемещение установки).



Рис. 4.19. Робот-подталкиватель кормов Juno фирмы «Lely»

Перемещение робота Juno по скользкой поверхности кормовых проходов животноводческого помещения без проскальзывания ведущих колес и создание необходимого усилия для сдвигания корма обеспечивается путем увеличения массы установки до 575 кг за счет размещенного в области ее задней оси и электропривода балласта из бетона. Сдвигание корма в зону досягаемости его животными осуществляется за счет вращения цилиндрического корпуса робота, приводимого в движение электродвигателем. Питание электродвигателей установки осуществляется от аккумуляторной батареи напряжением 12 В. Зарядка батареи производится на зарядной станции, расположенной на маршруте движения робота.

Для обеспечения работы робота Juno в полностью автоматизированном режиме необходимо определить направление его движения и пройденное расстояние, обеспечить движение по заданному маршруту и поддержание установленного расстояния робота от ограждения кормового стола. Решение этих задач обеспечивается путем оснащения робота соответствующими сенсорами и бортовым компьютером с про-

граммным обеспечением для анализа полученной информации, принятия необходимого решения и выдачи команды исполнительным механизмам.

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

Задание маршрута движения робота выполняется вручную путем программирования бортового компьютера с помощью портативного контроллера E-link. На маршруте движения робота размещается станция для подзарядки аккумулятора, путь к которой также программируется. Для обозначения направления движения по выбранному маршруту в начале и конце пути робота устанавливаются маркеры в виде металлических планок. Робот может обслуживать все кормовые проходы животноводческого помещения. После того как маршрут задан, Juno будет выполнять его в автоматическом режиме через установленные интервалы времени (от 30 мин и более – в зависимости от условий работы). Компания «Lely» уже начала работы по расширению функциональных возможностей робота. В новом исполнении он будет иметь дополнительную возможность дозированного распределения концентрированных кормов вдоль фронта кормления животных.

4.4. Автоматизированные системы выпойки телят

При вскармливании телят очень важно рационализировать процесс кормления путем автоматизации. Вскармливание телят молочного периода осуществляется цельным молоком или восстановленным (разведенным водой) порошкообразным заменителем цельного молока (ЗЦМ).

Автоматические станции выпойки телят предназначены для группового и индивидуального вскармливания. Станция выпойки телят может быть установлена практически в любом месте, где содержится молодое потомство. Схема автоматической станции выпойки телят представлена на рис. 4.20.

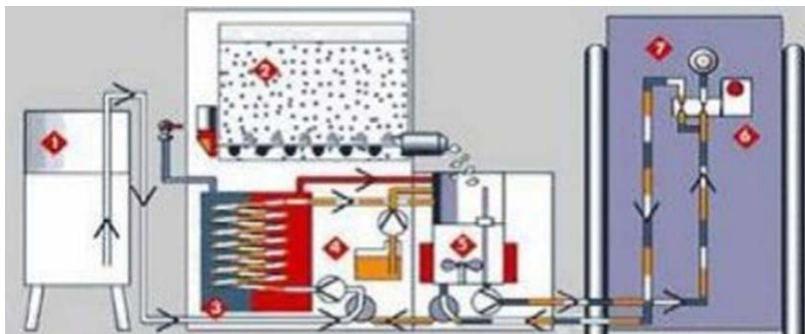


Рис. 4.20. Схема автоматической станции выпойки телят:

1 – цельное молоко; 2 – дозатор порошкообразного ЗЦМ; 3 – водонагреватель с теплообменником для подогрева цельного молока; 4 – автомат промывки с запасом моюще-дезинфицирующих средств; 5 – миксер-дозатор; 6 – соска с электромагнитным клапаном; 7 – бокс для выпаиваемого теленка со считывателем RFID-меток

При групповом содержании рекомендуется разделить телят на группы по 20, 40 и 100 гол. Учет и контроль за каждым теленком осуществляется с помощью транспондеров (RFID-меток).

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

Функции автоматических станций выпойки телят:

- регулярное кормление телят смесями на основе цельного молока и ЗЦМ;
- подогрев и тщательное перемешивание смеси перед выпойкой;
- возможность дозированно вводить в молочный корм жидкие и порошкообразные ветеринарные препараты;
- идентификация животных позволяет запрограммировать рацион кормления каждому теленку индивидуально.

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

Автоматическая система выпойки телят Lely Calm (рис. 4.21) максимальным образом приспособлена к естественному поведению телят и позволяет им пить молоко в любое время в течение всего дня.

При этом процесс выпойки строго контролируется, а ручной труд сокращен до минимума. В результате телята растут быстрее и более здоровыми.



Рис. 4.21. Общий вид автоматической системы выпойки телят Lely Calm

Когда теленок имеет постоянный доступ к вымени матери, он, как правило, выпивает необходимое ему количество молока за несколько приемов в течение дня. Однако в современном молочном животноводстве, когда применяется ручная выпойка, это происходит всего 1–2 раза в день. Автоматизированная система выпойки телят Lely Calm равномерно делит количество молока, выпиваемое теленком в течение дня, на небольшие порции, подстраиваясь под естественное поведение теленка.

Как только теленок входит в бокс станции выпойки, он идентифицируется с помощью электронного приемопередатчика, и в соответствии с индивидуальным планом выпойки теленка система принимает решение, пора ли ему пить молоко и в каком количестве. Минимальное и максимальное количество молока при каждом посещении станции может быть задано индивидуально для каждого теленка, и далее система автоматически составляет рацион каждого теленка. Если теленку «разрешается» пить молоко, система незамедлительно готовит свежую порцию молока заданной температуры.

Система выпойки телят Lely Calm позволяет проверять состояние телят в любое удобное время. Она может быть подключена к программе управления T4C, которая дает подробный обзор состояния всех телят и возможность легко контролировать их через персональный ком-

пьютер. Эта функция также позволяет создавать отчеты и графики молочных рационов для каждого теленка.

Фирма «GEA Farm Technologies» предлагает управляемые с помощью компьютера автоматы для выпойки телят DairyFeed J (рис. 4.22), специальные контрольные функции которого позволяют осуществлять целенаправленное отслеживание всех важных данных теленка, начиная с самого рождения.

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



Рис. 4.22. Общий вид автоматов для выпойки телят DairyFeed J

Автоматическая станция Кормоматка Urban U40 фирмы «Urban» (рис. 4.23) имеет подключаемые к ней боксы для кормления телят. К одной базовой станции могут быть подключены 3 подобных бокса, с помощью которых можно выкармливать 3 группы животных численностью до 30 гол. каждая. Благодаря встроенному подогреву стакана и системе рециркуляции молока станцию Кормоматка Urban можно использовать даже в морозы. Кроме того, наличие циркуляционного молокопровода гарантирует постоянную температуру смеси, а также ми-

нимизирует ее потери, так как недопитая порция может быть выдана другому теленку. Особенность конструкции состоит в том, что подогрев стакана, а значит и молочной смеси, происходит по типу «водяной бани».

«Мозгом» системы Kormomama U40 является компьютер Primus. Он прост в работе, понятен и интуитивен. Блок его управления и большой дисплей хорошо читаемы и надежно защищены от повреждений специальной пластиной. Установленный пароль исключает несанкционированный доступ к системе управления. Каждый теленок имеет свои индивидуальные особенности: количество подходов к поилке, объем потребляемой смеси, скорость ее потребления и т. д.

Компьютер с помощью системы идентификации (ошейники-транспондеры или ушные бирки с чипами) запоминает эти особенности и отслеживает возможные изменения в поведении телят, в случае обнаружения которых уведомляет обслуживающий персонал. Такая система контроля позволяет выявить заболевания животных задолго до проявления основных симптомов. Уникальной особенностью является опция подключения нескольких автоматов к одному компьютеру и возможность дистанционного мониторинга с помощью программного обеспечения, устанавливаемого на персональный компьютер.



Рис. 4.23. Автоматическая станция выпойки телят Kormomama Urban U40

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

4.5. Автоматизированные пастбищные системы

Одним из эффективных способов снижения себестоимости молока за счет уменьшения издержек на корма является использование пастбищ для кормления животных. Однако выпас коров на обычном пастбище ведет к низкой эффективности использования кормовых ресурсов из-за вытаптывания и загрязнения экскрементами существенной части угодий. По мнению зарубежных специалистов, наиболее целесообразно для выпаса коров организовывать так называемые фронтальные пастбища. На таком пастбище ограничение участка со свежей травой осуществляется с использованием электроизгородей. Это позволяет значительно повысить эффективность использования кормовых ресурсов пастбища, однако существенно увеличивает затраты труда, так как перестановка электроизгороди на новый участок производится вручную.

Для сведения к минимуму затрат ручного труда при выпасе коров на фронтальном пастбище фирма «Lely» разработала автоматизированную пастбищную систему Voyager, представляющую собой своеобразную мобильную электроизгородь. Система состоит из двух мобильных роботов, соединенных токопроводящей проволокой (электроизгородью), которая ограничивает участок для выпаса животных (рис. 4.24).

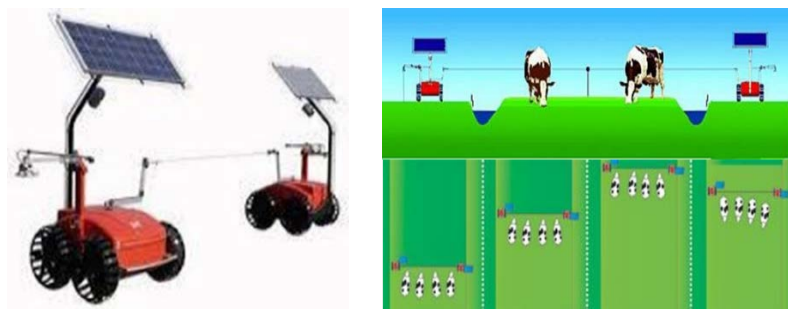


Рис. 4.24. Автоматизированная пастбищная система Voyager и схема пастбы животных

Перемещаясь в автоматическом режиме на определенные расстояния через установленные промежутки времени роботы освобождают при этом каждый раз новый участок для пастбы животных. За счет постоянного доступа животных к свежим порциям травы значительно

снижается их конкуренция. Поэтому стадо находится в спокойном состоянии и снижение продуктивности коров из-за стрессовых ситуаций не происходит. Это позволяет использовать систему Voyager в течение всего дня на больших пастбищах, а также подгонять животных обратно к ферме для доения.

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

Режим движения роботов (расстояние и временные интервалы между перемещениями) программируется оператором в зависимости от размера стада коров, ширины пастбища и используемого кормового рациона. Согласованное перемещение двух роботов обеспечивается за счет их беспроводной связи друг с другом. Габаритные размеры роботов – 1230×1310×2150 мм, масса первого (с устройством натяжения электроизгороди) – 173 кг, второго (с электрошоковым прибором) – 167 кг.

Глава 5. РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УБОРКИ НАВОЗА В ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

5.1. Оборудование для уборки навоза со сплошных полов

Регулярная и полная уборка навоза в животноводческих помещениях является необходимым условием получения высококачественной продукции животноводства, обеспечения требуемого микроклимата и санитарного состояния ферм, сохранения здоровья животных и обслуживающего персонала. Но удаление навоза из животноводческих помещений – один из наиболее трудоемких процессов на ферме. В связи с этим для сокращения затрат труда и обеспечения качественной и своевременной уборки навоза в животноводческих помещениях за рубежом были разработаны автоматизированные системы навозоудаления.

Конструктивное исполнение навозоуборочного оборудования зависит главным образом от его целевого назначения, т. е. для уборки каких навозных проходов они предназначены: со сплошными или щелевыми полами.

Для очистки навозных проходов со сплошными полами используются скреперные роботизированные установки, обеспечивающие сбор навоза с поверхности пола и транспортировку навозной массы к поперечному навозному каналу. Автоматизированные навозоуборочные системы такой конструкции выпускает ряд ведущих производителей. Так, французская фирма «Sermar Sas» (торговая марка – MIRO) для уборки подстилочного и бесподстилочного навоза из навозных проходов со сплошными полами разработала автономную скреперную установку Scarabeo, основными частями которой являются комбискрепер, блок управления, зарядное устройство и направляющий профиль (рис. 5.1).

Корпус скрепера установлен на колесах, приводимых в движение от мотор-редуктора с двумя аккумуляторными батареями. При возврате в исходное положение скребки автоматически переводятся в холостое положение. На конечной станции аккумуляторы заряжаются от зарядного устройства. Задание направления перемещения установки осуществляется за счет взаимодействия направляющего профиля скрепера с желобом, выполненным в навозном проходе помещения. Это позволяет перемещать установку по дуге радиусом до 4 м. Кроме того, при разветвлении навозных проходов предусмотрена возможность использования системы стрелок (по аналогии с железнодорожными путями) и уборки навоза поочередно в каждом из них.



Рис. 5.1. Автономная скреперная установка Scarabeo

Блок управления обеспечивает работу установки в полностью автоматическом режиме по установленной программе с возможностью ди-

станционного управления рабочим процессом. Безопасная эксплуатация робота обеспечивается за счет функции остановки робота при столкновении его с препятствием. Одна установка может выполнять уборку навоза из нескольких навозных проходов длиной до 100 м (табл. 5.1).

Таблица 5.1. Размеры скреперных установок Scarabeo и навозных проходов

Размеры установки, мм		Ширина навозного прохода, мм	Максимальная длина навозного прохода при уборке, м	
корпус скрепера	длина внешних скребков		бесподстилочного навоза	подстилочного навоза
1600×550×280	400	1,70–2,49	60	30
2200×500×280	650	2,50–2,75	80	45
2200×500×280	1050	2,76–3,00	80	45
2200×500×280	1450	3,01–3,50	80	45
2700×500×280	1450	3,51–4,00	100	60
2700×500×280	2350	4,01–5,00	100	60

Скреперные установки с гидравлическим, тросовым или цепным приводом, работающие полностью в автоматическом режиме, предлагаются к продаже многими фирмами. Программное обеспечение систем управления современных установок позволяет настроить временные интервалы между рабочими циклами и другие параметры. Безопасная эксплуатация скрепера обеспечивается благодаря наличию функции его остановки при столкновении с препятствием. При этом могут быть запрограммированы следующие этапы поведения оборудования в этой ситуации: 1) приостановка работы на 15–30 с; 2) попытка возобновления работы; 3) в случае невозможности возобновить движение, подача сигнала об аварийной ситуации (светового, звукового, по мобильной связи и др.).

5.2. Оборудование для уборки навоза в проходах со щелевыми полами

При уборке навоза в проходах животноводческих помещений, оборудованных щелевыми полами, основной функцией используемых технических средств является проталкивание навозной массы через щели в подпольное пространство, где она накапливается или удаляется с помощью механических или гидравлических систем. Это и обусловило разработку для очистки щелевых полов мобильных роботов, работающих в автономном режиме. Такие машины имеют компактную

конструкцию и оснащены электроприводом с питанием от аккумуляторных батарей, программируемой системой управления и рабочим органом в виде фронтального скребка.

Мобильный навозоуборочный робот SRone разработан канадским подразделением «Houle» компании «GEA Farm Technologies» (рис. 5.2). Основные элементы робота размещены на шасси с двумя большими приводными колесами и одним маленьким управляющим колесом. Энергоснабжение робота осуществляется от аккумуляторных батарей, емкость которых обеспечивает работу робота в течение 19,5 ч в сутки. При такой продолжительности работы и рабочей скорости передвижения 4 м/мин робот может очищать от навоза поверхность решетчатых полов в животноводческих помещениях до 8 раз в сутки на площади 6000–8600 м². Зарядная станция, входящая в комплект оборудования, за счет наличия функции быстрой зарядки позволяет всего за 4,5 ч (обычно в ночное время) производить полную зарядку аккумуляторных батарей.



Рис. 5.2. Навозоуборочный робот SRone фирмы «GEA Farm Technologies»

Высокое качество очистки проходов обеспечивается за счет оснащения скребка боковыми створками с роликами, а также очень высокой маневренностью робота (для полного его разворота требуется расстояние в 2 м). Для предотвращения буксования приводных колес и создания необходимого усилия для сдвигания навозной массы (до 100 кг) робот оснащен балластом, увеличивающим его общую массу до 400 кг, и приводными колесами с шинами с глубоким протектором.

Контакт боковых створок скребка с бортиком навозного канала в сочетании с сенсорами расстояния дает возможность роботу автономно следовать по заданному маршруту. При потере контакта боковых

створок бортиком навозного канала (например, при движении по криволинейной траектории, отклонении от маршрута, начале работы и т. д.) система управления поворачивает робота в сторону бортика вплоть до соприкосновения с ним. Возможно запрограммировать два режима зарядки аккумуляторов робота: 1 раз в сутки по 6 ч или 2 раза в сутки по 4 ч каждый. Каждые 28 дней робот осуществляет зарядку аккумуляторов в непрерывном режиме в течение 10 ч (функция запрограммирована на заводе и выполняется автоматически). Безопасная эксплуатация SRone обеспечивается наличием функции остановки робота, когда сопротивление его движению превышает допустимое значение. Спустя определенное время после остановки робот возобновляет движение по запланированному маршруту.

Навозоуборочный робот RS250 аналогичной конструкции разработала фирма «DeLaval». На его шасси, как и у SRone, размещены электропривод с аккумуляторными батареями, фронтальный скребок и автоматическая система управления с интегрированной функцией безопасной эксплуатации робота. Программируется маршрут передвижения RS250 вручную с использованием портативного контроллера (рис. 5.3).



Рис. 5.3. Навозоуборочный робот RS250 фирмы «DeLaval»

Емкость аккумуляторных батарей робота RS250 позволяет в коровнике на 250 гол. очищать щелевые полы от навоза до 5 раз в сутки без подзарядки.

Фирма «JOZ» (Нидерланды) разработала робот JOZ-Tech для удаления навоза со щелевых полов. Он, как и предыдущие аналоги, состоит из шасси, электропривода, аккумуляторных батарей, автоматической системы управления и скребка (рис. 5.4).



Рис. 5.4. Навозоуборочный робот JOZ-Tech фирмы «JOZ»

Программное обеспечение системы управления робота JOZ-Tech позволяет выполнять в автоматическом режиме перемещения по установленному маршруту (за счет установленных в полу проходов датчиков), необходимую периодичность уборки, аварийные остановки и др. Система безопасной эксплуатации дает возможность при необходимости самостоятельно находить альтернативные пути движения робота, если какие-либо препятствия делают невозможным его следование по запрограммированному маршруту. Робот оснащен модемом для беспроводной связи с центральным пультом управления фермы, благодаря чему информация о сбоях и аварийных ситуациях сразу поступает в диспетчерскую. При перемещении со скоростью 4 м/мин, продолжительности непрерывной работы 18 ч и максимальной ширине захвата скребка в пределах 130–190 см робот способен за сутки очистить до 8 000 м² поверхности решетчатых полов.

Используя свои многочисленные наработки в области создания роботизированных систем для животноводства, фирма «Lely» для уборки навоза со щелевых и коротких (до 5 м) сплошных полов коровников разработала мобильный робот Discovery (рис. 5.5).

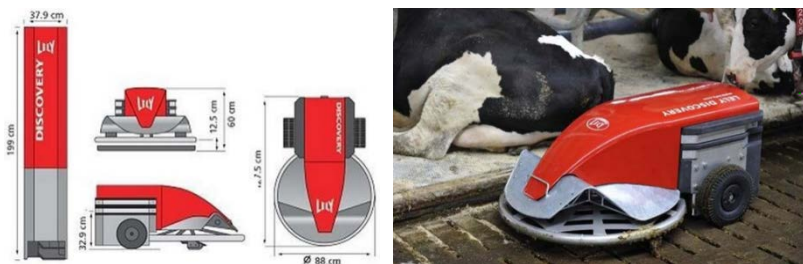


Рис. 5.5. Зарядная станция и навозоуборочный робот Discovery

Робот Discovery работает от аккумуляторной батареи и оснащен рабочим органом в виде скребка. Маршрут движения робота программируется с дистанционного пульта управления по электронным каналам связи E-link. С целью более интенсивной очистки наиболее загрязненных участков оператор имеет возможность внести соответствующие изменения в уже введенное задание. Заранее программируется и расстояние робота от внешних конструктивных ограждений коровника, которое поддерживается при всех его перемещениях с помощью ультразвукового датчика. Отправным пунктом для выполнения каждого запрограммированного маршрута уборки является зарядная станция.

Оригинальным элементом конструкции навозоуборочного робота Discovery является расположенная в его передней части вращающаяся дуга безопасности, которая служит для предотвращения блокирования движения робота при его столкновении с препятствиями.

Глава 6. РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ

6.1. Техничко-экономическая оценка роботизированных систем доения коров

Доение коров – не только функционально наиболее ответственный процесс в общей технологии производства молока, влияющий на продолжительность хозяйственного использования коров, их продуктивность и качество получаемого молока, но и один из наиболее трудоемких, на выполнение которого затрачивается до 37 % рабочего времени, связанного с обслуживанием животных. Критериями, характеризую-

щими эффективность функционирования технологической системы машинного доения коров, являются полнота выдаивания, скорость выведения молока из вымени и частота заболеваний коров маститом. Указанные критерии зависят как от технических характеристик применяемого доильного оборудования, так и от соблюдения технологии машинного доения обслуживающим персоналом.

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

За рубежом созданы и активно используются на практике автоматизированные системы доения – доильные роботы, что можно рассценивать как один из этапов создания системы точного животноводства. Доильным роботам предсказывается такое же революционное воздействие на молочное скотоводство, какое в свое время оказали на организацию уборки урожая самоходные зерноуборочные комбайны.

Научные разработки роботов начали в конце 70-х гг. прошлого столетия практически одновременно такие известные производители доильного оборудования, как «Lely» (Нидерланды), «Gascoigne-Melotte» (позже вошла в состав компании «BouMatic», США), «Insentec» (Нидерланды) и др.

Первой компанией, начавшей промышленное производство доильных роботов, была голландская компания «Lely». Сейчас их производят по лицензии «Lely» фирмы «Fullwood» и «BouMatic». А компании «AMC Liberty», «DeLaval», «Meko», «Prolion», «SAC» и «Westfalia»

выпускают системы автоматического доения по собственным технологиям. Фирма «Lely» и сейчас остается мировым лидером по производству доильных роботов. В самой Голландии каждая четвертая доильная установка, покупаемая фермерами, – автоматическая.

В настоящее время в Дании, Голландии и других европейских странах интенсивно развивается направление роботизации технологических процессов. Роботы доения завоевывают популярность и выпускаются всеми ведущими фирмами. В Голландии, занимающей лидирующее положение в производстве роботов доения, их внедрение осуществляется при финансовой поддержке государства. На декабрь 2002 г. в мире насчитывалось 1754 доильных робота, спустя 5 лет их было 8190, в 2010 г. – более 16 тыс. При этом в 2010 г. в Германии и Франции доля доильных роботов среди проданных новых доильных установок составила 30 %. В ряде европейских стран (Скандинавские страны и Нидерланды) доля доильных роботов на первичном рынке уже находится в пределах 20–80 % (в Дании и Швеции их около 60 %, а в Финляндии – 80 %). На конец 2008 г. во всем мире насчитывалось уже свыше 6,5 тыс. молочных ферм, где работает около 10 000 доильных роботов, большинство из которых изготовлены фирмами «Lely» и «DeLaval» (Швеция). В последние годы темпы роста продаж доильных роботов в мире достигали 150 %. Наибольшее распространение системы автоматического доения получили в Европе, где средняя численность стада остается небольшой, особенно распространены роботы в Бельгии и Голландии. Высокий уровень заработной платы при одновременном дефиците рабочих стимулирует продажи роботизированного доильного оборудования.

Эффективность использования роботизированных систем для доения коров заключается не только в известных преимуществах автоматизации индустриального производства (исключение ручного труда, повышение интенсивности использования оборудования и т. д.), но и в достижении технологического эффекта путем создания физиологически более благоприятных условий для молочного скота.

Все фирмы-производители доильных роботов стремятся усовершенствовать их показатели, создавая все новые модели. Так, время, затраченное на доение (время, которое корова проводит в боксе), компания «Lely» уменьшила с 6,53 до 6,08 мин, компания «DeLaval» – с 7,34 до 5,45 мин, компания «Foolwood» – с 6,37 до 5,39 мин. При этом обработка сосков, включая присоединение стаканов, занимает у роботов компании «Lely» в среднем 94 с, у роботов компании «DeLaval» – 128 с и у роботов компании «Foolwood» – 54 с.

Основной эффект от использования роботов складывается из общего снижения трудозатрат (порядка 4,5 тыс. чел.-ч в год для МТФ на 200 гол.), а также исключения низкоквалифицированного труда обслуживающего персонала, от которого зависит состояние здоровья выдаиваемых животных. Поэтому, в целом, затраты на эксплуатацию роботизированной фермы часто оказываются даже ниже, чем для доильного зала или при доении животных на привязи (рис. 6.1).

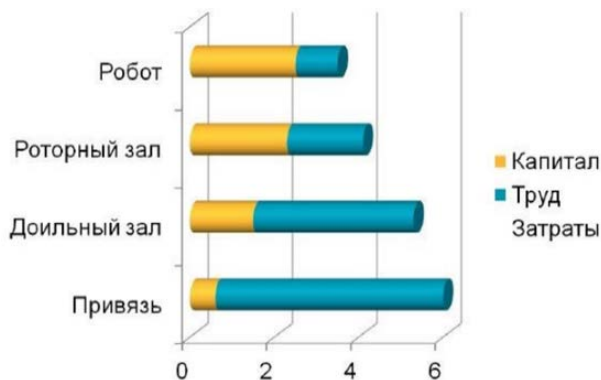


Рис. 6.1. Затраты на эксплуатацию различных систем доения

Исследования показывают, что животные достаточно быстро привыкают к доению роботом и самостоятельно посещают доильный бокс. При этом увеличивается частота доений животных (у высокопродуктивных коров – до 4 и более раз в сутки), что благотворно сказывается на здоровье вымени животного. Однако не все коровы пригодны к роботизированному доению. При формировании стада приходится отбраковывать 5–15 % коров, что ставит новые задачи перед специалистами, занимающимися племенной работой.

Применение доильных роботов требует иной организации технологического процесса производства молока с соответствующей планировкой коровника. При использовании автоматической системы доения проекты коровников должны учитывать, что в соответствии с индивидуальным суточным режимом дня и физиологическими потребностями животные совершают многократные перемещения по помещению (для доения – 3–5 раз в сутки, для кормления – в среднем 7 раз).

Производимые различными фирмами роботизированные комплексы для доения различаются по ряду показателей и, конечно, цене.

По-разному может определяться положение сосков: фирма «GEA» использует комбинацию лазерного и ультразвукового сканирования, большинство других фирм ограничивается лазером. Выдаиваемое молоко оценивают не только на цветность, содержание лактозы и протеина, соматических клеток, но и на способность к образованию молочного сгустка. Различны интервалы времени между очисткой оборудования, расход воды и энергии.

Цена роботов хоть и медленно, но снижается. Первый робот производства «Lely» стоил 1 млн. долл. США. Сейчас его цена составляет порядка 100–120 тыс. евро, причем с каждым годом стоимость агрегата падает на 10 %. Сегодня практически любой однобоксовый робот можно приобрести по цене от 100 до 120 тыс. евро в зависимости от комплектации.

И хотя до массового их применения еще далеко, во все большем количестве регионов Европы высокие по международным меркам ставки оплаты труда позволяют всего за несколько лет достичь самоокупаемости роботов даже при цене бокса (на 70 гол.) в 100–120 тыс. евро. Однако на начальном этапе роботы по-прежнему требуют больших (2 000–2 500 евро на одно ското-место) инвестиций.

Для сравнения, обычная установка типа «Елочка» стоит 500–700 евро в расчете на одно ското-место, но на доение коров при ее применении отводится до 35 % рабочего времени, затрачиваемого на уход за животными. Достигнутая за счет внедрения роботов экономия затрат на оплату труда и поддержание здоровья поголовья так высока, что все больше западноевропейских хозяйств задумываются над использованием этой техники или уже используют ее.

За счет индивидуального выдаивания каждой четверти вымени в соответствии с интенсивностью молокоотдачи повышается содержание жира на 0,08–0,1 % и уменьшается количество соматических клеток до уровня менее 100 тыс. в 1 см³.

Кроме того, в значительной степени снижаются затраты труда. Доильные роботы в основном высвобождают рабочее время человека. Его экономия, по сравнению с доильной установкой типа «Елочка», составляет от 10 до 50 %. Даже по сравнению с самыми передовыми предприятиями робот позволяет сэкономить почти 10 ч рабочего времени на 1 корову в год.

Годовые затраты на электроэнергию и воду в расчете на одну корову (2,5 доения в сутки) при использовании доильных роботов разных производителей представлены на рис. 6.2.



Рис. 6.2. Годовые затраты ресурсов в расчете на одну корову

По мнению ученых, роботизация доения экономически выгодна в Европе. Дело в том, что труд оператора за границей оплачивается достаточно хорошо. Например, при месячной заработной плате около 5 тыс. евро хозяйству необходимо выделить на работника 60 тыс. евро в год. А робот-дойяр стоимостью 100 тыс. евро, полностью исключая участие человека, с лихвой окупит себя за два года. В Беларуси же при значительно меньшей зарплате такое оборудование может окупаться в течение нескольких десятилетий.

По мнению немецких специалистов, к 2025 г. роботы будут доминировать на фермах с поголовьем от 50 до 250 коров. Для определения экономической целесообразности применения доильных роботов имеет значение уровень продуктивности стада. Так, по расчетам американских специалистов, автоматическое доение на фермах с поголовьем от 30 до 270 коров наиболее выгодно при среднем надое 8 600 кг молока на корову в год.

Дать в настоящее время достоверную оценку экономической и технологической эффективности доильных роботов применительно к условиям Республики Беларусь весьма затруднительно. Экономический эффект от применения роботизированных систем доения коров в сравнении с аналогичной по мощности фермой с доением в доильном зале, складывающийся из сокращения инвестиционных затрат (не требуется строительство доильно-молочного блока), уменьшения затрат труда (обслуживающий персонал сокращается в 2 раза), увеличения молочной продуктивности (удой увеличился на 900 кг) и повышения сортности молока (98 % получаемого молока имеет сорт «экстра»), позволяет обеспечить уровень рентабельности при производстве молока не менее 25 % и достичь сокращения периода окупаемости затрат с 11 до 8 лет. Применение многобоксовых доильных роботов позволило бы сократить затраты на их приобретение на 40 % по сравнению с однобоксовыми. Несмотря на объективные трудности, сельскохозяй-

ственные товаропроизводители положительно оценивают перспективы использования доильных роботов в молочном скотоводстве. Они согласны мириться с высокими инвестиционными затратами, чтобы получить преимущества, появляющиеся с внедрением доильного робота на ферме (улучшение состояния здоровья вымени животных, повышение надоев, уменьшение затрат труда с исключением рутинного ручного труда, возможность уделять больше времени управлению молочным стадом и др.).

6.2. Роботизированные установки для добровольного доения коров

Работы по созданию доильных роботов были начаты еще в 80-х гг. XX в. в Нидерландах фирмами «Lely» и «Vicon» (позже «Prolion»), и уже в середине 90-х на рынке появилась первая их продукция: одноблочный Astronaut фирмы «Lely» и многоблочный Liberty фирмы «Prolion». Фирма «Fullwood» (Великобритания) начала работу над роботом Merlin, конструкция его была заимствована у робота Astronaut фирмы «Lely», между которыми даже было заключено лицензионное соглашение. Фирмой «Düvelsdorf» (Германия) разрабатывалась роботизированная многоблочная доильная система Leonardo, а фирмой «Gascoigne Melotte» (Бельгия) – робот Zenit. Осенью 1998 г. фирма «DeLaval» объявила о создании доильного робота VMS (Voluntary Milking System).

После многочисленных трансформаций на рынке доильных роботов представлена продукция семи производителей: «Lely», «Fullwood», «Insentec» (Нидерланды), «DeLaval» (Швеция), «S.A. Christensen» (Дания), «BouMatic» (США) и «GEA Farm Technologies» (Германия). Все выпускаемые роботы имеют конструктивные отличия. Однако условно их можно объединить в три группы (табл. 6.1).

Таблица 6.1. Конструктивные особенности доильных роботов

Конструктивная особенность оборудования	Модель доильного робота	Фирма-производитель
Доильный робот состоит из одного доильного бокса, обслуживаемого одной рукой-манипулятором	Astronaut	«Lely»
	VMS	«DeLaval»
	Merlin	«Fullwood»
Система, включающая в себя два параллельно установленных доильных бокса, обслуживаемых одной рукой-манипулятором (опционально может состоять из одного доильного бокса)	Galaxy Starline	«Insentec»
	RDS Futurline	«S.A. Christensen»
	ProFlex	«BouMatic»
Роботизированная система, состоящая из нескольких доильных боксов, смонтированных один за другим (тандемного типа) и обслуживаемых одной рукой-манипулятором	MIone	«GEA Farm Technologies»

Лидером на рынке автоматизированных систем доения является фирма «Lely». Она предлагает потребителям новое поколение доильного робота – Astronaut A4 (рис. 6.3), одно из наибольших отличий которого от предыдущего Astronaut A3 заключается в новой конструкции бокса с системой I-flow, обеспечивающей выход животного вперед, что в большей степени соответствует естественному поведению коров. Кроме того, новая конструкция предусматривает убирающуюся кормушку, что экономит время – животные быстрее покидают бокс робота.

Еще одна отличительная черта нового Astronaut A4 – новый центральный блок (машинное отделение), важная часть новой модульной роботизированной доильной системы. Он содержит вакуумную систему и систему промывки, обслуживающие до двух доильных модулей. Центральный блок является автономным, а доильные модули могут быть отнесены на расстояние до 30 м от него. Доильные модули могут поставляться в правом и левом исполнении (рука-манипулятор расположена с левой или правой стороны станка).



Рис. 6.3. Общий вид доильного робота Astronaut

Технические характеристики доильного робота Astronaut A4 представлены в табл. 6.2.

Доильный робот Astronaut является частью автоматизированной системы доения, которая доит, кормит и следит за состоянием коров. Система доения также определяет количество и качество молока, полученного от коров, и, если необходимо, отделяет загрязненное или некондиционное молоко.

Передачик на каждой корове позволяет системе идентифицировать ее по уникальному номеру, а система управления обеспечивает

ведение необходимых записей в журнале для каждой коровы. Система доения использует эти записи для управления доением и кормлением коровы, когда она входит в доильный робот.

Таблица 6.2. Технические характеристики доильного робота Astronaut A4

Модуль	Параметры	Значения
Доильный модуль	Габаритные размеры, см:	
	длина	423
	ширина с прижатым манипулятором	180
	ширина с вытянутым манипулятором	198
	высота	229
	Масса, кг	1550
Компрессор с осушителем воздуха	Марка компрессора	Atlas Copco SF4 P8-SD6
	Габаритные размеры, см:	
	длина	130
	ширина	60
	высота	160
	Рабочее давление, бар	8
	Масса, кг	215

Система доения Astronaut состоит из трех основных частей: доильного робота, помещения с танком-охладителем молока и офиса управления (рис. 6.4).

Основные составляющие доильного робота Astronaut представлены на рис. 6.5. Автоматическая кормушка 2 установлена на передней панели бокса 1 и оснащена антенной, идентифицирующей корову для системы доения. Машинное отделение 7 расположено в задней части бокса. Машинное отделение содержит вакуумное оборудование для доения коров, контроля количества и качества выдаваемого молока и контроллер M4Use системы управления роботом. В машинном отделении также размещены все коммуникационные устройства, обеспечивающие связь доильного робота с танком-охладителем молока и офисом управления.

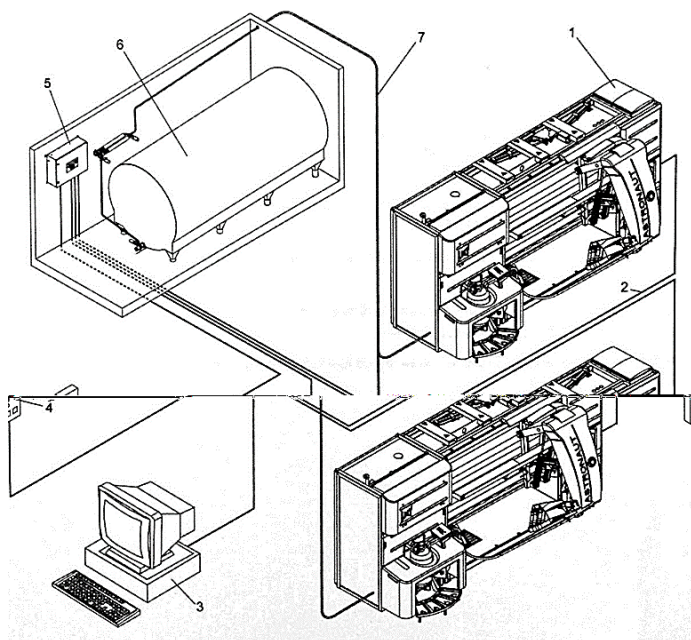


Рис. 6.4. Основные составляющие системы доения Astronaut:
 1 – доильный робот; 2 – информационная сеть T4C; 3 – персональный компьютер;
 4 – сигнализатор; 5 – контроллер CRS+; 6 – танк-охладитель молока; 7 – молокопровод

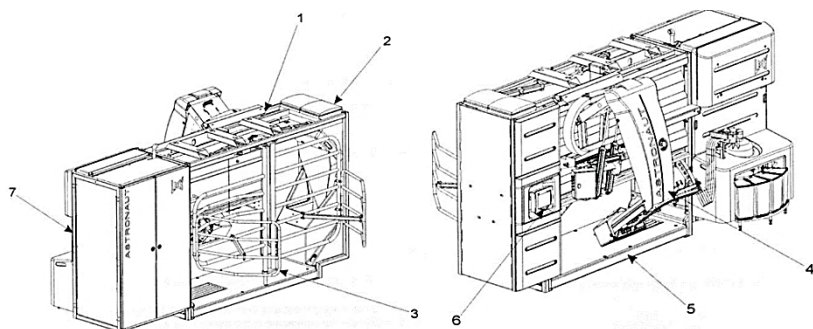


Рис. 6.5. Основные составляющие доильного робота Astronaut:
 1 – бокс для коровы; 2 – кормушка; 3 – входные и выходные ворота;
 4 – рука-манипулятор; 5 – пол с весами; 6 – панель управления X-Link;
 7 – машинное отделение

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

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

Программное обеспечение для управления стадом T4C (Time for Cows), установленное на персональный компьютер, ведет учет для каждой коровы и отправляет информацию доильному роботу о режиме доения животного и количестве выдаваемого ему корма.

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

Робот Astronaut учитывает физиологические особенности каждого животного за счет использования нового пульсатора 4Effect, создающего оптимальный режим доения независимо для каждой четверти вымени. Кроме того, доильный робот оснащен инновационной системой контроля качества молока MQC. Эта сенсорная система выполняет проверку цвета, электропроводимости и скорости потока молока, обеспечивая тем самым максимальный контроль его качества. Astronaut A4 может оснащаться улучшенной сенсорной системой

МРС-С, которая позволяет в режиме on-line определять количество соматических клеток в молоке из каждой доли вымени.

Для эффективного менеджмента молочного стада система управления доильным роботом оснащена современной программой Т4С, позволяющей отображать все данные о каждой корове на экране персонального компьютера в виде понятной и легко читаемой графической информации, а также накапливать и сохранять их в течение длительного времени. Программа оснащена системой предупреждения, которая при необходимости оповещает оператора о сбоях в технологическом процессе. Эта система имеет функцию дистанционной диагностики и настройки, что облегчает работу сервисной службы и позволяет удаленно устранять некоторые проблемы в работе робота.

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

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

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

Фирма «DeLaval» применила инновационные технические решения в новой версии доильного робота VMS (рис. 6.6), которые направлены на совершенствование процесса подключения доильных стаканов к соскам вымени, сохранение здоровья коров, сокращение трудовых затрат на монтаж оборудования и снижение энергозатрат. Так, замена пневматического привода multifunctional руки-манипулятора робота на гидравлический увеличила рабочую зону манипулятора на

18 %, что, в свою очередь, позволило обслуживать коров с большими отклонениями геометрических параметров сосков и вымени от стандартных значений. Кроме того, высокая надежность гидравлического привода позволяет значительно сократить затраты на его сервисное обслуживание.



Рис. 6.6. Общий вид доильного робота VMS фирмы «DeLaval»

Быстрый и точный поиск сосков обеспечивается за счет оптической камеры и двух лазерных устройств, совместное использование которых дает возможность в режиме реального времени получать точные сведения о геометрических параметрах сосков и вымени животного. Усовершенствованное программное обеспечение позволяет выбирать наиболее подходящую схему поиска сосков для каждого отдельного животного, что особенно важно при доении коров со сложной формой вымени. Имеется функция «автоматическое изучение новых коров»: робот VMS самостоятельно определяет месторасположение сосков у новых животных и сохраняет полученную информацию в собственной базе данных.

Одним из уникальных решений, примененных в работе VMS, является схема подготовки сосков вымени к доению. Для этого применяется специальный стакан, который по очереди выполняет очистку теплой водой, стимулирование, сдаивание первых струек молока и сушку каждого соска. Использование отдельного стакана для предварительной подготовки сосков к доению полностью исключает попадание остатков от первых струек молока и промывочной воды в молочную линию и далее – в молоко. Ополаскивание доильных стаканов внутри и снаружи перед доением каждой коровы и наличие нескольких режимов автоматической обработки сосков дезинфицирующим раствором после доения позволяет поддерживать гигиену коров стада на высоком уровне. Встроенный навозный лоток и программируемая автоматиче-

ская мойка пола обеспечивают круглосуточное содержание установки в хорошем санитарном состоянии.

Основой обеспечения здоровья вымени животных является постоянный контроль с помощью четырех оптических датчиков (по одному на каждую четверть) выдаиваемого молока по следующим параметрам: уровень надоя, скорость молокоотдачи, продолжительность доения, электропроводность молока и присутствие в нем крови. В дополнение к этому фирма предлагает инновационную разработку – счетчик соматических клеток в потоке молока ОСС.

Счетчик ОСС автоматически производит отбор пробы молока при каждой дойке, смешивает ее с контрольным реактивом и в течение одной минуты производит оценку каждой пробы. Животные с повышенным содержанием соматических клеток в молоке регистрируются в отдельном журнале. Такой подход позволяет на ранней стадии обнаружить начальные признаки мастита и принять своевременные меры. Молоко с повышенным содержанием соматических клеток, со включениями крови или получаемое от лечащихся антибиотиками коров отделяется от общего надоя и направляется в отдельную емкость или канализацию.

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

Проблема примерзания молока к стенкам пустого танка-охладителя с непосредственным охлаждением, когда включение его холодильного агрегата происходит при заполнении резервуара менее чем на 10 % от номинальной вместимости, в оборудовании VMS устранена за счет использования танка-охладителя с регулируемой, в зависимости от количества поступающего в него молока, холодопроизводительностью.

Взаимодействие всех блоков VMS между собой осуществляется системой управления, оснащенной компьютерной программой VMS Management. Основная рабочая панель программы – «Мониторинг коров» – в режиме реального времени отображает коров, на которых следует обратить внимание в первую очередь. Программа дает возможность оптимизировать интервалы между доениями благодаря наличию функции автоматической настройки разрешений на доение. При этом информационной базой для работы автоматической настройки являются сведения о прогнозируемом уровне надоя, порядковом

номере и стадии лактации каждой коровы. Использование функции автоматической настройки разрешений на доение позволяет увеличить обслуживаемое поголовье коров за счет снижения частоты посещения робота животными, находящимися в заключительной стадии лактации (из-за снижения молочной продуктивности коров в этот период можно перевести с трехкратного на двукратное доение).

После продолжительных научно-исследовательских и испытательных работ фирма «Fullwood» представила на рынок доработанную конструкцию робота Merlin (рис. 6.7). Для идентификации животных фирма предлагает использовать ножные транспондеры с расширенными функциональными возможностями (определяют еще и активность животных). Данные с датчиков активности поступают в программу Crystal, которая позволяет своевременно выявлять животных, находящихся в состоянии половой охоты.



Рис. 6.7. Общий вид доильного робота Merlin фирмы «Fullwood»

Для контроля качества выдаиваемого молока робот Merlin оснащен датчиком BloodSensor (для определения крови в молоке) и сенсором FullQuest (для определения электропроводности молока), совместная работа которых позволяет перенаправлять несоответствующее стандартам качества молоко в отдельные емкости. В будущем фирма планирует оснащать Merlin анализатором молока типа Fullexpert-IMA, позволяющим измерять во время доения содержание жира, белка и лактозы в молоке. Также анализатор сможет оценивать количество соматических клеток в молоке.

Доильные роботы фирм «Insentec», «S.A. Christensen» (сокращенно «SAC») и «BouMatic» имеют общее концептуальное устройство (рис. 6.8–6.10). Их рука-манипулятор устанавливается вне доильного бокса и может обслуживать как один доильный бокс, так и два расположенных параллельно друг другу. В качестве манипулятора все три фирмы используют хорошо зарекомендовавший себя индустриальный робот фирмы «Idento», предназначенный для работы в условиях с повышенными требованиями надежности.



Рис. 6.8. Общий вид доильного робота Astrea фирмы «Insentec»

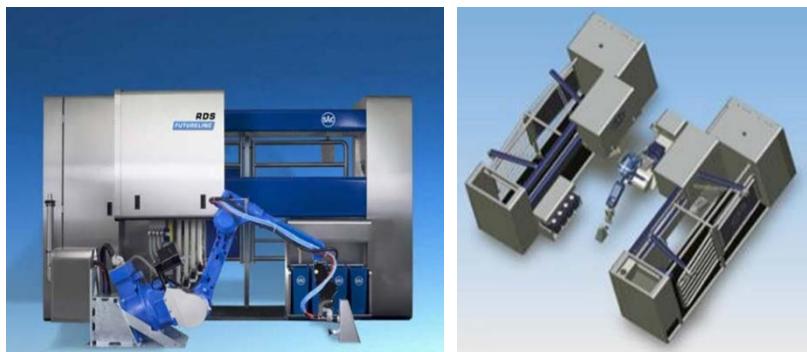


Рис. 6.9. Общий вид доильного робота FutureLine фирмы «SAC»



Рис. 6.10. Общий вид доильного робота ProFlex фирмы «BouMatic»

Отдельно стоит упомянуть еще одну разработку фирмы «BouMatic» – доильный робот MR-S1 (с одним доильным боксом) и последнюю новинку – MR-D1 (с двумя доильными боксами) (рис. 6.11). Основное конструктивное отличие роботов MR-S1 и MR-D1 от всех предыдущих состоит в том, что рука-манипулятор расположена сзади коровы, а не сбоку. Сам робот включает в себя машинное отделение, которое выполнено в виде офиса для работника, и располагается в задней части робота. Там же размещена и рука-манипулятор.

В машинном отделении доильного робота MR-D1 расположены все рабочие механизмы (кроме ворот доильного бокса и кормушки со сканером, идентифицирующим животное). В машинном отделении также имеется сенсорный монитор, позволяющий управлять роботом и следить за выполняемыми технологическими операциями.



Рис. 6.11. Общий вид доильного робота MR-D1

Уникальной конструктивной особенностью однобокового робота MR-S1 является наличие входных и выходных ворот с обеих сторон доильного бокса. Это дает возможность доступа животного к роботу с обеих сторон и позволяет использовать доильный бокс как селекционный: направлять животное в ту или иную секцию коровника на основании информации об этом животном в базе данных.

Компания «GEA Farm Technologies» предлагает новую концепцию построения роботизированных доильных систем в виде доильного центра, состоящего из доильного робота, системы охлаждения молока с танком-охладителем, преддоильной секции для ожидающих коров и кабинета управляющего стадом. Для реализации новой схемы построения доильного центра «GEA Farm Technologies» разработала доильный робот M1one (рис. 6.12), модульная конструкция которого позволяет расширять систему от одного до пяти доильных боксов.

Основным преимуществом модульной конструкции M1one, по мнению специалистов фирмы, является возможность увеличения производительности доильной системы путем присоединения дополнительных доильных боксов к уже имеющейся установке. Таким образом, расширение комплекса не требует больших дополнительных инвестиций, поскольку основная и наиболее дорогостоящая его составляющая приобретается только один раз. Модульная конструкция обеспечивает более рациональное использование ресурсов, поскольку все доильные боксы обслуживаются одной рукой-манипулятором, вакуумным насосом, управляющим компьютером, имеют общую систему промывки и молочный фильтр, что в совокупности обеспечивает экономию электроэнергии, воды и моюще-дезинфицирующих средств.



Рис. 6.12. Общий вид доильного робота M1one в двухбоксовой комплектации

Для эффективного использования доильных боксов в работе M1one применяется принцип предварительного отбора готовых к доению коров. Животные, распознанные компьютером как готовые к доению, направляются в преддоильную секцию ожидания доильного робота, а

все остальные, т. е. еще не готовые к доению, возвращаются в основную секцию коровника. Это обеспечивает выпуск в доильные боксы только готовых к доению коров, что повышает пропускную способность оборудования.

При входе животного в доильный бокс оно идентифицируется, а данные о нем запрашиваются в компьютере. После этого осуществляется позиционирование коровы путем автоматического перемещения кормушки с учетом индивидуальных размеров животного (ввод данных о размерах животного осуществляется оператором однократно при первом доении коровы). Далее в кормушку дозируется порция корма, который поедается животным за время доения.

Процесс подключения доильных стаканов состоит из трех последовательно выполняемых действий: 1) позиционирование модуля с доильными стаканами (каждый доильный бокс оснащен собственным доильным модулем); 2) определение месторасположения сосков вымени; 3) постановка (надевание) стаканов на соски. Позиционирование доильного модуля осуществляется с помощью манипулятора, который поочередно обслуживает все доильные боксы системы. Для определения точных координат сосков используется трехмерная инфракрасная камера, которая распознает форму и расположение отдельных сосков вымени. Полученная камерой информация используется рукой-манипулятором для точного размещения модуля с доильными стаканами под отдельными сосками вымени. Доильные стаканы ставятся на соски специальными кронштейнами модуля (по одному кронштейну на каждый стакан) с пневматическим приводом. После постановки всех доильных стаканов рука-манипулятор освобождается от захвата доильного модуля, возвращается в исходное положение и может использоваться для выполнения аналогичных операций в других доильных боксах. Доильный модуль поддерживает каждый из стаканов как при постановке на вымя, так и во время доения. В случае спадания стакана он удерживается на кронштейне модуля, благодаря чему соскочившие с сосков стаканы никогда не соприкасаются с полом.

После постановки доильных стаканов на вымя выполняются очистка сосков, сдаивание первых струек молока, преддоильная стимуляция и доение с последующим снятием доильных стаканов. Во время очистки каждый сосок в течение 15 с очищается в доильном стакане водой и просушивается потоком воздуха. Затем происходит сдаивание первых струек молока, которое вместе с моющей водой удаляется из системы с помощью клапанного механизма.

В ходе доения молоко проверяется на электропроводность и на цвет, что позволяет распознавать и отделять молоко нестандартного качества (по каждой четверти вымени отдельно). Количество выдоен-

ного молока определяется счетчиком DemaTron. Информация о продуктивности каждого животного и качестве производимого им молока передается в персональный компьютер.

При достижении порогового значения молокоотдачи в одной из долей система контроля потока молока спустя установленное время ожидания отключает подачу вакуума к соответствующему доильному станку и выдает команду на его снятие с вымени.

Для обеспечения гигиенических требований в системе выполняется три вида промывки: BlackFlush – после каждого доения; промежуточная в каждом из боксов – настраивается по времени, количеству выдоенных коров или после доения определенных, например больных, животных; системная – выполняется не менее 2 раз в сутки.

Промывка BlackFlush подразумевает промывку водой доильных стаканов непосредственно по окончании доения каждой коровы. Это поддерживает в чистоте доильное оборудование и уменьшает вероятность переноса инфекции между коровами. Промежуточная промывка теплой водой осуществляется по отдельным боксам и длится около 4 мин. Интервалы между промежуточными промывками настраиваются индивидуально. Системная промывка занимает в общей сложности 25 мин и включает в себя предварительную промывку теплой водой, основную – горячей водой с моющим средством, окончательную – ополаскивание теплой водой.

Программное обеспечение доильных роботов Mione преобразует информацию, получаемую от доильной системы, в удобную и наглядную форму, обеспечивая ее доступность для пользователя. Все работы по управлению стадом могут производиться как в месте размещения животных, так и удаленно. Наиболее важная информация (по решению оператора) передается в режиме реального времени на его мобильный телефон. Благодаря этому оператор постоянно находится в курсе всех текущих действий робота и может при необходимости принимать соответствующие решения. Для анализа информация может передаваться в программу управления стадом DairyPlan C21. Робот Mione может опционально оснащаться устройством Rescounter II для контроля активности животного и распознавания периода охоты.

6.3. Роботизированные установки для доения коров в доильных залах

Развитие автоматизированных систем доения идет в двух направлениях:

- 1) создание роботизированных установок для доения коров в коровнике (добровольное доение);

2) создание роботизированных установок для доения коров в доильных залах (доение по графику).

Производительность доильных роботов для добровольного доения составляет 60–90 коров в сутки, чего явно недостаточно для крупных молочных комплексов. В условиях таких предприятий предпочтительнее организовывать доение коров по графику и осуществлять его в доильных залах на классических установках типов «Елочка», «Параллель» и «Карусель».

Автоматизированный модуль Dairy ProQ фирмы «GEA Farm Technologies» стал первым в мире автоматизированным модулем, предназначенным для использования в доильных залах с компоновкой станков по схемам «Параллель», «Карусель» и «Елочка» (рис. 6.13).



Рис. 6.13. Элементы автоматизированного доильного модуля Dairy ProQ

Доильный модуль Dairy ProQ позволяет проводить автоматическое или полуавтоматическое доение коров. Он производит все процедуры,

связанные с доением, включая очистку сосков вымени, сдаивание первых струек молока, непосредственно само доения и нанесение на соски дезинфицирующего средства по окончании доения. Компактная конструкция доильного модуля позволяет устанавливать его в качестве разделителя станков в уже имеющейся в хозяйстве доильной установке («Карусель», «Тандем», «Елочка» или «Параллель»). Крупные молочные фермы могут использовать эту технику в качестве первого шага к полностью автоматическому доению, не изменяя при этом устоявшегося распорядка и технологии содержания молочного скота.

Автоматизированная карусель Dairy ProQ рассчитана на стадо от 300 до 5 000 коров. Установка имеет высокую пропускную способность и способна выдаивать от 500 до 1 000 коров за час. Использование Dairy ProQ обеспечивает снижение потребности в кадрах и дает возможность сократить фонд заработной платы за счет того, что для работы с ним нужен только дежурный администратор, т. е. всего один человек. Наряду с этим процесс доения станет стабильнее в сравнении с традиционной каруселью, где используется ручной труд.

Компания «DeLaval» предлагает интегрированную автоматизированную доильную установку типа «Карусель» на 24 места. Установка оснащена пятью роботами. Целью применения данной техники является повышение производительности доильной установки до 1 700 короводоек в день. При трехразовом доении автоматизированная карусель AMR может обслужить до 560 дойных коров (рис. 6.14).

Новая система автоматизированного доения AMR (Automatic Milking Rotary) была продемонстрирована на ферме LAPROMA в регионе Восточной Германии – Тюрингии. Внедрение данной системы доения дало возможность увеличить время пребывания коров в стойлах до 13 ч в сутки.

Система AMR отличается от доильных роботов VMS (система добровольного доения) интеграцией в доильный зал типа «Карусель». В связи с этим система способна обслуживать промышленное стадо размером от 300 гол. и более.

На сегодняшний день компания «DeLaval» в мире запустила несколько молочно-товарных ферм с роботизированной каруселью AMR – две тестовых фермы в Швеции на 520 гол. и в Австралии на 160 гол. дойного стада. Еще несколько проектов находятся в стадии активной реализации.

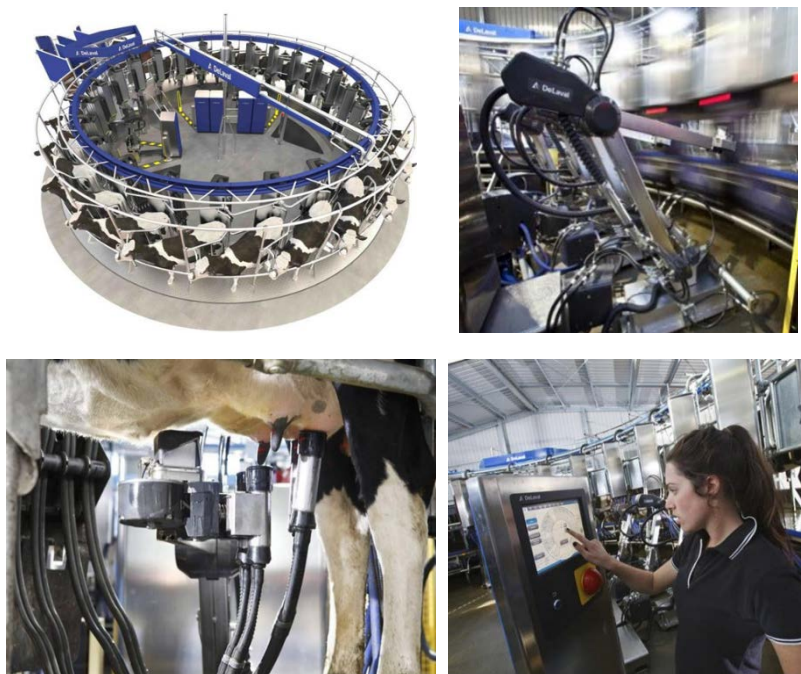


Рис. 6.14. Элементы автоматизированного доильного модуля AMR

Переход на новую систему роботизированного доения по графику позволяет перераспределить трудовые затраты. Так как система роботизированного доения практически полностью исключает человеческий труд, руководство фермы может более гибко корректировать работу обслуживающего персонала, уделяя значительно больше внимания кормлению и обеспечению комфорта животных. В среднем после внедрения роботизированного доения персонал тратит на выполнение этих видов работ на 3 ч больше времени, чем раньше.

6.4. Особенности планировки животноводческих помещений при организации добровольного доения коров

В отличие от традиционных животноводческих помещений доильные роботы требуют иной организации технологического процесса производства молока с соответствующей планировкой коровника.

При этом 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).

Существует несколько критериев выбора той или иной схемы передвижения животных: это и количество коров, и способ кормления, и финансовые возможности, и стратегия распределения человеческого труда, и, наконец, конструктивные особенности коровников, в которых расположены роботизированные доильные системы. При этом надо помнить, что схема передвижения животных оказывает прямое влияние на надой и срок окупаемости финансовых затрат.

Специалисты разработали 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) и управляемое движение с предварительным (до доения) и последующим отбором животных (рис. 6.15).

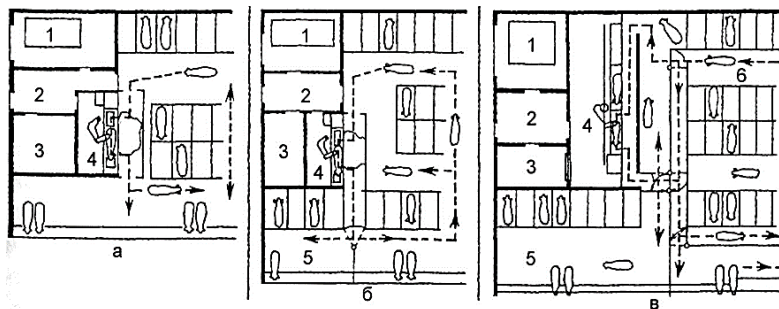


Рис. 6.15. Схемы движения животных при организации добровольного доения:

а – свободное движение коров; *б* – управляемое движение с возможностью последующего отбора животных; *в* – управляемое движение коров с предварительным и последующим отбором животных;

1 – молочная; 2 – дополнительное оборудование; 3 – офис; 4 – доильный робот; 5 – зона для последующего отбора; 6 – зона для предварительного отбора животных

Доильный робот работает с максимальной эффективностью, если коров доят несколько раз в день. Чтобы добиться максимальной эффективности от доильного робота, его размещают с животными в одном помещении, и он становится для них привычным объектом.

В таком случае коровы начинают заходить в доильный робот самостоятельно без участия человека.

При свободном движении (см. рис. 6.15, *а*) животные посещают доильный бокс под воздействием внутреннего давления молока в вымени и для получения дозы концентрированного корма. Коровы при этом имеют свободный доступ к зонам кормления, доения и отдыха. Такая форма организации движения животных очень часто используется в случае внедрения роботизированного доения в уже существующий коровник.

При управляемом перемещении животных (см. рис. 6.15, *б*) стойловое помещение разделяется на зоны кормления и отдыха. Коровы могут попасть из зоны отдыха в зону кормления только через доильный робот (не наоборот). Этот путь они проделывают в среднем 5–10 раз в день. Для предотвращения посещений доильных роботов коровами, доение которых в настоящий момент времени не требуется, используют сортировочные боксы. Когда животное проходит через сортировочный бокс, ее идентификационный номер считывается с RFID-метки и программное обеспечение доильного робота принимает решение: направлять данную корову в зону кормления или в преддоильную секцию. Наличие боксов для предварительного отбора животных также предотвращает стресс и агрессивное поведение отдельных животных в случаях, когда доильный робот недоступен, например промывается или проходит техническое обслуживание.

При регулируемом движении с предварительным и последующим отбором (см. рис. 6.15, *в*) животное имеет возможность перемещаться из зоны отдыха через бокс предварительного отбора в двух направлениях: в зону кормления или на преддоильную площадку доильного робота. Доильный бокс животное может покинуть в трех направлениях: в зону кормления, в отдельную секцию для больных животных или обратно на преддоильную площадку для совершения новой попытки доения.

Интервал между доениями напрямую связан с продуктивностью дойного стада. Немецкие ученые из Ростока еще в 2002 г. опубликовали результаты исследования, которые показали, что только при 8–11-часовых интервалах можно добиться серьезного прироста надоев. Иначе говоря, корова должна доиться не менее 2,5–3 раз в сутки, чтобы достичь максимальной продуктивности и сохранить хорошее качество молока.

Снижение молокоотдачи при увеличенных интервалах доения обусловлено физиологическими процессами в организме коров. Таким образом, можно сделать вывод, что регулярные интервалы доения позволяют добиться максимальной продуктивности животных.

Выдерживать интервалы доения на роботизированной ферме можно тремя способами. Первый – интенсивно подгонять коров. Второй – приманивать к роботу посредством корма. Третий – управлять передвижениями животных с помощью сортировочных ворот. У каждого способа есть свои недостатки.

В первом случае вся работа ложится на плечи человека. Сотрудник фермы должен постоянно следить за интервалами и подгонять животных. На первый взгляд трудозатраты невелики, но в год они в среднем составляют 2–2,5 чел.-ч на одну корову. Иначе говоря, на стадо из 200 коров потребуется 400–500 чел.-ч или 50–60 стандартных восьмичасовых рабочих дней. Даже с учетом того, что смены у операторов роботизированных ферм более продолжительные, получается, что около месяца своего рабочего времени сотрудник должен посвятить тому, чтобы подгонять животных на доение.

Мотивирование животных кормом также является недешевым способом. В среднем затраты на корм придется увеличить на 10 % за счет большего расхода концентратов. Кроме того, животные будут передедать, что чревато проблемами со здоровьем.

Третий способ не требует ни лишней рабочей силы, ни увеличенного расхода кормов. Однако нужны дополнительные денежные средства на то, чтобы установить селекционный бокс.

При схеме направленного перемещения «сначала доение» животные получают доступ к кормам, лишь пройдя через станцию с роботом. Сам коровник в этом случае разделяется на зоны: отдыха, доения и кормления. Это относительно дешевое решение: устанавливаются только одноходовые ворота (створки открываются только в одном направлении) и требуется меньше подгонять коров. Однако из-за того, что для кормления нужно обязательно пройти через доильный бокс, животные меньше едят. Проблема «холостых» посещений тоже не решается: их число сокращается, но они все равно случаются. Также достаточно много коров находится в зоне ожидания (на преддоильной площадке), поэтому данный вариант вызывает проблемы с коровами низкого ранга и не рекомендуется для секций с поголовьем более 50 животных.

Схема «сначала кормление» обеспечивает животным доступ к кормам в любое время; коровы без допуска на доение не попадают в бокс, а значит, нет «холостых» проходов через робота; активное передвижение животных обеспечивает регулярную дойку без трудозатрат. В схеме используются сортировочные боксы с функцией идентификации животных. Система считывает номер коровы с транспондера на ошейнике или с ушной бирки и, в зависимости от того, сколько времени прошло с момента последнего доения, направляет животное в ту или иную зону. Система также регистрирует каждый проход через сортировочный бокс, и поэтому, если работнику понадобится найти конкретное животное, ему не придется обыскивать весь коровник. На экране компьютера или непосредственно на мониторе робота можно увидеть, в какой зоне находится животное и сколько времени оно там провело.

Как уже было отмечено, способность схемы передвижения обеспечить равномерные интервалы доения не единственный критерий выбора. В некоторых случаях отлично работает схема свободного перемещения коров. Это особенно касается комплексов, где на одного робота приходится менее 60 животных, есть возможность активно подгонять их, принято решение давать большую часть концентратов в работе и, наконец, где хорошо налажена система управления фермой.

В ряде других случаев идеально подойдет схема «сначала доение». В первую очередь это относится к фермам, где большую часть концентратов коровы получают вместе с основным рационом на кормовом столе или через индивидуальные станции.

Схема «сначала кормление» отлично зарекомендовала себя на фермах, где на одного робота приходится более 60 коров. Эта схема предусматривает, что 50 % концентратов животные будут получать во время доения, а на дойку придется подгонять не более 5 % коров.

Таким образом, производительность системы обусловлена не только доильным оборудованием, но и схемой передвижения коров. В группах, где использовались схема «сначала кормление» и «сначала кормление с дополнительным сортировочным проходом», были отмечены положительные тенденции в уровне надоев и поведении коров. Уровень соматических клеток значительно ниже при реализации концепции «сначала кормление» или «сначала кормление с дополнительным сортировочным проходом», по сравнению со свободным перемещением.

Базируясь на общих принципах организации движения животных в помещениях с доильными роботами, фирмы-изготовители нередко разрабатывают свои собственные схемы перемещения животных, полностью адаптированные к конструктивным и функциональным возможностям их доильных систем. Так, для наиболее эффективного использования своего доильного центра, оснащенного многобоксовым роботом Mlone, фирма «GEA Farm Technologies» применяет принцип селективного отбора животных. Для реализации этого принципа доильный центр комплектуется преддоильной секцией с предварительным и последующим отбором животных. Животные, распознанные компьютером как готовые к доению, направляются в преддоильную секцию, все остальные – в секцию для кормления. В результате к доильному роботу обеспечивается доступ только готовых к доению коров, что повышает его пропускную способность.

Фирма разработала два способа организации движения животных с использованием преддоильной секции: управляемое (Guided Exit) и свободное (Free Exit) (рис. 6.16).

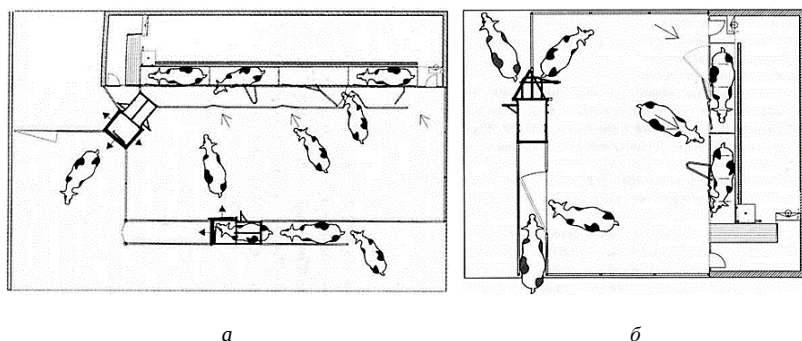


Рис. 6.16. Способы организации движения животных:
а – управляемое (Guided Exit); *б* – свободное (Free Exit)

В Guided Exit (см. рис. 6.16, *а*) перед входом в доильные боксы имеется переходная секция в виде узкого коридора, привод ворот которой согласован с приводом ворот доильных боксов. Животные, выходящие из доильного бокса, возвращаются непосредственно в секцию кормления. Преимущества управляемого движения животных: 1) выдоенные коровы не могут заново войти в доильный бокс и не встречаются в секции предварительного ожидания с животными, под-

лежащими доению; 2) преддоильная секция используется исключительно для коров, готовых к доению.

В Free Exit (см. рис. 6.16, б) переходная секция перед роботом отсутствует. Выдоенные животные через секции ожидания и предварительного отбора возвращаются в стойла.

Концепция планировки вновь строящегося коровника с использованием автоматической системы доения предусматривает наличие основного помещения, рассчитанного на размещение двух (лучше трех) групп коров лактационного периода, двух зон для сухостойных животных, родильных секций и секций для больных животных. Расстояние от наиболее удаленного бокса для отдыха животных и доильным роботом не должно превышать 40 м, так как при увеличении этого расстояния частота посещений доильного бокса коровами уменьшается. Площадь преддоильной секции (зоны ожидания животных перед роботом) имеет большое значение для эффективного использования его производственных мощностей. Эта секция должна обеспечивать прием 10–15 % поголовья лактирующих коров в стаде (из расчета требуемой площади 1,25–1,50 м² на одно животное).

После доения животные должны перемещаться в зону кормления, так как каналы в сосках полностью закрываются только через 30–45 мин, поэтому для снижения вероятности проникновения инфекции в вымя животное в течение этого времени не должно лежать, т. е. не должно находиться в зоне отдыха. Расположение зон отдыха, доения и кормления должно быть компактным. Каждая группа коров должна достигать установки автоматизированного доения кратчайшим путем. Доильный робот в течение всего дня (за исключением времени его промывки и санитарной обработки) должен быть доступен для животных.

Глава 7. ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ТОЧНОГО СВИНОВОДСТВА И ПТИЦЕВОДСТВА

7.1. Автоматизированные кормовые станции для свиноматок

Современные технологии производства свинины предусматривают интенсивное использование свиноматок и получение от них 2,2–2,4 опороса в год. В течение репродуктивного цикла свиноматки большую часть времени содержатся в индивидуальных станках (холостой период, период условной супоросности, период опороса и выращивания поросят). Только в период подтвержденной супоросности продолжи-

тельностью около 80 сут животных содержат в групповых станках, неограничивающих их движение. Переход на индивидуальное кормление животных в кормовых станциях позволяет увеличить продолжительность свободного содержания свиноматок в групповых станках, исключив необходимость использования индивидуальных станков в течение холостого и условно супоросного периодов.

С 90-х гг. на высокопродуктивных свинофермах Германии, Великобритании, Франции, Испании, государств Бенилюкса и Скандинавии накоплен производственный опыт эксплуатации специальных автоматических станций (боксов-автоматов) для кормления супоросных маток, осуществляющих идентификацию животного и обеспечивающих по запросу животного нормированную выдачу ему корма. Такие станции используются при групповом содержании свиноматок, которое обеспечивает животным большую свободу движения и улучшение их физического состояния. Управление технологическим процессом базируется на регистрации данных, характеризующих физиологическое состояние свиной.

В настоящее время, когда вопросы создания комфорта для животных и гуманного обращения с ними, звучат все чаще, многие производители вынуждены пересматривать технологии содержания животных. Главных факторов, определяющих комфортное самочувствие свиноматок при совместном содержании, всего пять:

- индивидуальное кормление;
- комфортное размещение;
- выравненные группы свиной, в которых каждая особь знает своих соседей и не испытывает лишнего стресса;
- достаточное количество индивидуальных станков для больных или ослабленных свиноматок;
- уделение особого внимания проверяемым свиноматкам.

Оборудование Nedap Velos, Nedap Porcode обеспечивает комфортное содержание и индивидуальное кормление супоросных свиноматок без участия человека, а также решает задачу оптимального содержания супоросных свиноматок и ремонтного молодняка.

Главные преимущества предлагаемой фирмой «Nedap» технологии – это исключение человеческого фактора, поддержание оптимальной кондиции свиноматок, значительная экономия кормов, повышение количества опоросов, автоматическое выявление свиноматок в охоте и свиноматок с особыми потребностями (подлежащих вакцинации, переводу на опорос и т. д.).

Благодаря применению станций кормления Nedap Velos (рис. 7.1) появляется возможность экономить корма (весь корм полностью потребляется животными, отсутствуют потери), организовывать индивидуальное кормление каждой свиноматки в зависимости от ее физиологического состояния, стадии супоросности, сезона, осуществлять контроль за кондициями свиноматок, повысить продуктивность животных и минимизировать потери из-за ошибочных действий персонала.

Каркас кормовой станции Velos изготовлен из высокопрочных оцинкованных труб, кормушка – из нержавеющей стали. Сплошные стены станции дают возможность свиноматке спокойно потреблять корм, чувствуя себя защищенной. Вход в станцию оборудован механическими дверьми, которые после входа свиноматки в бокс закрываются на время поедания корма и преграждают вход для других животных.



Рис. 7.1. Общий вид кормовой станции Nedap Velos

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

Применение современных средств и элементов автоматики, сенсорики и микропроцессорной техники позволяет обеспечивать точность индивидуального дозирования и своевременность кормления свиноматок, эффективный контроль за соблюдением задаваемых рационов, а также возможность мониторинга супоросности, автоматической селекции животных и ряд других важных технологических функций репродукторного свиноводства.

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

Принцип функционирования станций кормления по вызову свиноматок аналогичен работе ранее описанных систем индивидуальной раздачи корма дойным коровам на молочных фермах. Свиноматка, содержащаяся в группе, мотивированно, без принуждения направляется к месту кормления, идентифицируется при входе и заходит в изолированный бокс (входная дверь сразу же закрывается) к кормушке, где порциями поедает выданную с высокой точностью кормосмесь в сухом (рассыпном, гранулированном) или увлажненном виде. Во избежание образования недоеденных остатков корм выдается небольшими (обычно по 100 г) порциями с интервалом в 30–60 с. После выдачи последней порции животному даются дополнительные 2–3 мин на доедание корма. В любой момент свиноматка может свободно выйти из станции, но при этом в кормушке останется не более 100 г корма.

Во время кормления свиноматка чувствует себя вполне защищенной, однако ее отдых в кормовой станции невозможен – в полу бокса размещена перекладка не позволяющая животному лечь. В отдельных системах используются средства выпроваживания свиноматки из станка, например, пневмосистема, открывающая входную дверцу и работающая с характерным шипением.

Нормированное индивидуальное кормление супоросных маток осуществляется в автоматическом режиме по сбалансированным рационам в полном соответствии с физиологически обоснованными нормами кормления. Система настраивается таким образом, чтобы свиноматки не испытывали недостатка в питательных веществах и чувства голода, но и не перепадали. Регулирование и контроль приемов и операций «самообслуживания» свиноматок осуществляет процессор. В его электронную память заложены и периодически корректируются сведения о каждом обслуживаемом животном: идентификационный

номер, состав рациона, количество потребленного корма за одно кормление и за сутки, число посещений животным кормостанции. Программное обеспечение также ведет «календарь свиноматки», записывая в него сведения о возрасте и живой массе животного, суточные привесы, дату осеменения, порядковый номер супоросности, предполагаемую дату опороса, число поросят в последнем помете и другие данные. Встроенные в пол кормовой станции электронные весы одновременно с кормлением (или до него) взвешивают свиноматку, и при соответствующих настройках программное обеспечение вносит корректировки в индивидуальный рацион этого животного.

Подобная комплексная система, сочетающая функции механизации, автоматизации и роботизации кормления свиноматок, управляется общим компьютером, который может регулировать работу до 32 станций. Он совместим с различными специализированными подсистемами и легко адаптируется при расширении производства. Предусмотрена возможность ручного дублирования запрограммированных операций.

Практика показывает, что свиноматки, особенно проверяемые, быстро привыкают к данной системе обслуживания (обычно за 2–3 дня), и в последующем процесс кормления происходит автоматически. Свины соблюдают очередность в получении корма. Возможное количество животных на одну кормовую станцию строго не регламентировано и зависит от различных условий. Число посещений бокса свиноматкой обусловлено также продолжительностью кормления (ежедневно животное проводит в боксе по 17–23 мин) и количеством потребляемого корма (в среднем 2,2–3,8 кг в сутки).

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

Разделительный блок Velos (рис. 7.2) осуществляет автоматическое отделение свиноматок, позволяет значительно сокращать время на поиск и отделение требуемых животных для проведения каких-либо манипуляций со свиноматкой (перевод на опорос, вакцинация, осмотр и т. д.), своевременно осуществлять необходимые действия с животными, повышать сохранность животных.



Рис. 7.2. Общий вид разделительного блока Velos

Тот факт, что свиноматки ежедневно проходят через кормовые станции, позволяет облегчить процесс управления маршрутами движения животных. Для этого и предназначен «блок отделения».

Как и станции кормления, он оснащен специальной антенной для идентификации свиноматки. На основе принятого номера центральный компьютер выдает команду о требуемом маршруте движения: возврат в основное стадо или же перенаправление в отдельную секцию. При этом каждая отделенная свиноматка маркируется специальной краской, цвет которой соответствует определенному событию (например: синий – «в охоте», красный – «потеря ушной бирки»). К одному блоку отделения возможно подключение нескольких кормовых станций.

Точность выявления свиноматок «в охоте» может быть существенно повышена с помощью системы Porcode, представляющей собой отдельный бокс, устанавливаемый в смежной со станком для хрюка стене, с отверстием для «общения» свиноматок с хрюком (рис. 7.3).



Рис. 7.3. Бокс системы Porcode

Система Porcode дает возможность определять свиноматку в охоте по ее естественному поведению. Компьютер круглосуточно записывает данные о количестве и продолжительности визитов свиноматки к хрюку, после чего вычисляет свиноматок, находящихся в охоте, и выдает команду разделительному блоку Velos на отделение и маркировку краской данных животных.

Накопленный опыт практической реализации описанных автоматизированных систем на племенных и репродукторных свинофермах свидетельствует, что микропроцессорная техника, аппаратное и программное обеспечение, оборудование кормораздачи и другие технические средства формируют вполне работоспособную производственную структуру обслуживания свиноматок, поскольку основные элементы данной технологии достаточно отработаны ранее в молочном скотоводстве. Вместе с тем практика эксплуатации подобных установок на высокопродуктивных свиноводческих предприятиях западноевропейских стран выявила некоторые специфические особенности автоматизации процессов этого производства.

Еще лет десять назад возникали проблемы с идентификацией (распознаванием) свиней при их «самообслуживании» на кормовых станциях. Дело в том, что в отличие от коров голова у свиней при отсутствии шеи представляет собой своеобразный конус, на которой тради-

ционно применяемый ошейник с транспондером держится плохо. Кроме того, под ним могут заводиться паразиты, возникает зуд, и сви́ньи нередко стаскивают его с себя. В результате научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности разработчиков удалось решить эту проблему. В настоящее время для идентификации сви́ней наряду с ушными бирками-клипсами на сви́нофермах Германии, Нидерландов, Дании и других стран применяются капсулы-микрочипы, имплантируемые непосредственно в тело животного (пожизненно). Эти новейшие средства идентификации, конечно, дороже ушных клипс, но гораздо практичнее и функциональнее. Затраты на них окупаются быстро за счет возможности не только распознавать животных, но и получать обширную зооветеринарную информацию о физиологическом состоянии каждого из них.

В отличие от автоматизации кормления дойных коров, где размещение кормораздаточных пунктов в коровниках не вызывает особых сложностей, эффективность использования данных систем в сви́нниках во многом обусловлена оптимизацией их планировки.

Размещение кормовых станций в помещениях для группового содержания свиноматок должно обеспечивать каждому животному возможность беспрепятственного входа в бокс, удобное расположение в нем для спокойного потребления корма и выход к местам отдыха без травм и стрессовых ситуаций.

Каждая свиноматка минимум один раз в день проходит станцию кормления, которая становится базой для расширения автоматизации и индивидуализации обслуживания сви́ней. Прежде всего это относится к селекции свиноматок – каждодневной рутинной работе в больших группах сви́ней, эффективное выполнение которой невозможно без технической поддержки. На больших репродукторных сви́нофермах с крупногрупповым содержанием маточного поголовья и автоматизированным кормлением животных рационально используется централизованный блок отделения, подключенный сразу к нескольким упрощенным кормовым станциям. Для каждой из динамичных групп свиноматок один такой блок на 4–6 станций оптимизирует маршруты движения животных с четким распределением их входа-выхода, устраняя участие оператора в процессе осмотра, отбора и отделения каждой свиноматки. Все это, наряду с селекцией и возможностью изолирования больных животных, обеспечивает разделение сви́нника-маточника на своего рода централизованные участки: кормления, поения, учета многих зооветеринарных показателей, отдыха и даже лока-

лизированного выделения экскрементов (что упрощает их уборку). Благодаря этому систематизируется и значительно облегчается управление технологическими операциями и контроль за жизнедеятельностью маток в группах, а также достигается более спокойная обстановка в свиарнике-маточнике. Кроме того, такие планировочно-технологические решения позволяют использовать во всех блоках отделения единую систему управления и общие элементы автоматики, придав всему процессу интенсивно-индустриальный характер при максимальной индивидуализации ухода за каждой свиноматкой.

7.2. Автоматические станции сортировки поросят на откорме

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

Компания «Cooperl», являющаяся ведущим производителем оборудования для свиноводства во Франции, предлагает станцию сортировки Tristar (рис. 7.4), которая предназначена для откорма свиней от 25 до 130 кг при содержании животных в больших группах: от 250 до 350 гол. при жидком типе кормления (рис. 7.5) и до 500 – при сухом (рис. 7.6).



Рис. 7.4. Общий вид станции взвешивания и сортировки поросят на откорме Tristar

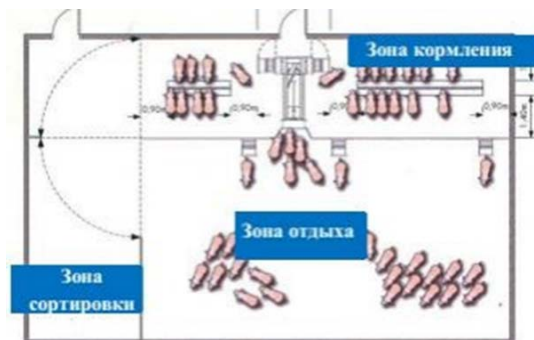


Рис. 7.5. Использование станции сортировки Tristar при жидком типе кормления свиней

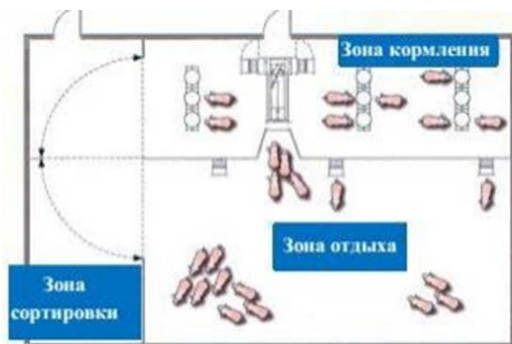


Рис. 7.6. Использование станции сортировки Tristar при сухом типе кормления свиней

Основным преимуществом этих больших огражденных площадок является то, что они позволяют использовать автоматизированные системы сортировки свиней в зависимости от их веса для отправки на бойню.

Принцип работы сортировочной станции заключается в следующем. Перегородка, разделяющая зону отдыха и зону кормления, оборудована модулями анти-возврата (своеобразными обратными клапанами), створки которых открываются только в одну сторону. Модули антивозврата устанавливаются таким образом, чтобы пропускать животных из зоны кормления в зону отдыха. Для движения в обратном направлении (из зоны отдыха в зону кормления) животным приходит-

ся проходить через бокс сортировочной станции, в котором происходит их взвешивание, после чего, на основании данных о живой массе

Автоматизированные технологии раздельного кормления получают широкое распространение на племенных и репродукторных свинофермах за рубежом. Разработкой, производством и активным производственным внедрением таких систем только в Европе занимается более 20 фирм, ведущими из которых являются: «Insentec B.V.», «NedapAgri», «BlessFeedSystems» (Нидерланды), «BigDutchman», «Weda», «Mannebeck», «Schulz», «Huwega» (Германия), «Schauer» (Австрия), «Skiold-Echberg» (Дания).

Фирмы-производители осуществляют полный инжиниринг по применению, авторскому надзору и обеспечению эксплуатационной надежности рассмотренных автоматизированных систем. Это планировочно-технологическая привязка оборудования, поставка, шефмонтаж, пусконаладка всех технических и программно-аппаратных средств, обучение персонала, гарантийное сервисное обслуживание и снабжение запасными частями.

Высокий уровень техники и сервиса отражается, однако, на цене оборудования, которая, конечно, высока. Так, стоимость одного комплекта станции кормления свиней, в зависимости от комплектации и уровня автоматизации, – от 11 до 37 тыс. евро, а удельные затраты на одну свинью – 215–390 евро. Но мировая практика эксплуатации данных систем свидетельствует о целесообразности их применения. Их применение позволяет достичь высоких производственных показателей, в том числе получение от каждой свиноматки по 1,9–2,3 опороса в год с многоплодием – 12–14 поросят; обеспечение сохранности приплода и прироста массы молодняка. Обеспечивается спокойная обстановка индивидуального кормления и более того – активный моцион каждой супоросной матки. Удастся значительно снизить проходисты, эмбриональную смертность (выкидыши), добиться круглогодичных опоросов и сокращения репродуктивного цикла маток. И все это достигается наряду с экономией (на 16–19 %) дорогостоящих кормов за счет оптимизации рационов и нормирования кормовых выдач, сокращения затрат труда (на 78–86 %), снижения металлоемкости кормораздаточной техники посредством повышения интенсивности ее эксплуатации.

7.3. Роботы для очистки станочного оборудования

При очистке станочного оборудования для содержания свиней от загрязнений (в основном от навоза) в последнее время достаточно часто используют моечно-дезинфекционные машины высокого давления.

Такое оборудование обеспечивает высокое качество очистки и в значительной степени механизмирует процесс уборки технологического оборудования. В то же время мойка станков сопровождается выделением в воздух помещения большого количества соединений аммиака, бактерий, грибковой микрофлоры, в результате у обслуживающего персонала возникают проблемы со здоровьем (насморк, воспаление глаз, повышение температуры и др.). Для исключения негативных последствий использования моечных машин высокого давления на здоровье работников специалисты фирмы «Ramsta Robotics» (Швеция) разработали моечный робот Clever Cleaner (рис. 7.8).



Рис. 7.8. Моющий робот Clever Cleaner фирмы «Ramsta Robotics»

Робот представляет собой шасси с электроприводом, на котором смонтированы рука-манипулятор и барабан для наматывания до 50 м шланга подачи моющего раствора. Для эффективной работы робота необходима моечно-дезинфекционная установка производительностью 0,96–1,08 м³/ч и давлением моющего раствора 18–20 МПа, которая размещается в животноводческом помещении отдельно. Максимальный радиус зоны досягаемости руки-манипулятора – 4 м, на ее конце установлены гидравлическая фреза для очищения станочного оборудования от прочных загрязнений и сопло для формирования струи моющего раствора (эффективная дальность действия струи – до 5,5 м).

Программирование робота осуществляется путем его обучения выполнению некоторой последовательности технологических операций. Так, при первой мойке одного станка оператор управляет движениями руки-манипулятора вручную джойстиком, а все выполняемые им операции автоматически заносятся в память системы управления.

Для мойки технологического оборудования во всем проходе по обе его стороны наносятся маркеры (RFID-метки) в местах остановки робота. Так формируется технологический план мойки технологического оборудования всего помещения. После программирования системы управления робота для запуска его в работу необходимо лишь ввести номер соответствующего технологического плана, после этого все предусмотренные планом операции будут выполняться в автоматическом режиме.

При возникновении нештатной ситуации (например, блокирование манипулятора) система управления прерывает выполнение текущей операции и выдает аварийный сигнал, для обработки которого робот оснащен интеллектуальной системой самодиагностики. Она контролирует работу всех приводных механизмов и выводит на пульт оператора сведения обо всех сбоях. Аварийный сигнал может передаваться по сотовой связи сразу на несколько номеров мобильных телефонов (до четырех).

Опыт подтверждает, что Clever Cleaner выполняет 80–85 % от общего объема работ по мойке технологического оборудования для содержания свиней. Специалисты фирмы подсчитали, что для обеспечения рентабельности установка должна работать не менее 300 ч в год. Моечные роботы Clever Cleaner в Швеции работают более девяти лет, а общее их количество на фермах этой страны уже давно превысило 100 шт. Кроме того, моечный робот успешно применяется на свиноводческих фермах Дании (более 40 роботов), Финляндии, Нидерландов, Канады, Франции, Италии, Швейцарии и Германии.

7.4. Автоматизированная система освещения при выращивании и содержании птицы

Освещение в птицеводстве играет важную роль при выращивании кур всех направлений и позволяет управлять процессами физиологического развития птицы, обеспечивать более комфортные условия ее содержания и при этом добиваться существенного увеличения продуктивных показателей. Правильно спроектированная система освещения с применением программ контроля и регулировки освещения позволяет влиять на возраст полового созревания, яйценоскость, длительность периода яйцекладки, воспроизводство, качество продукции, а также увеличить выживаемость молодняка, снизить затраты кормов, травматизм и уменьшить затраты электроэнергии.

В качестве источников освещения в птичниках применяют электрические лампы. Первые лампы, которые использовали в помещениях ранее, – лампы накаливания. Но из-за своих низких светотехнических характеристик, высокого энергопотребления эти источники в современных птицеводческих помещениях практически не применяются.

На смену лампам накаливания пришли другие источники освещения. Компактные люминесцентные лампы применяются в птицеводческих помещениях последние 15–20 лет. Эти лампы объединили в себе преимущества ламп накаливания (небольшие габариты, возможность включения в электрическую сеть через обычный патрон для ламп накаливания, хорошая цветопередача) и стандартных люминесцентных ламп (высокая световая отдача и длительный срок службы).

Компактные люминесцентные лампы являются в настоящее время одним из основных типов источников света. Эти лампы имеют в 8–10 раз больший срок службы и в 5 раз большую световую отдачу, чем лампы накаливания, т. е. генерируют за срок службы в 40–50 раз большую световую энергию.

Светодиодные лампы последние 5–10 лет находят применение практически во всех отраслях народного хозяйства. В птицеводческих помещениях светодиодные лампы начали интенсивно использовать с 2007 г.

Преимуществами светодиодных источников света являются: мощность ламп в 8–10 раз ниже, в сравнении с лампами накаливания, и в 1,5–2 раза – с люминесцентными лампами, при такой же светоотдаче; длительный срок службы светильников (более 75 тыс. ч); их экологическая безопасность (не требуется специальная утилизация отработавших ламп).

Для выбора системы освещения в Институте птицеводства Украинской академии аграрных наук разработана компьютеризированная модель системы освещения птичника, которая позволяет определять уровень освещенности на любом ярусе клеточной батареи в зависимости от типа и мощности применяемых источников света, расстояния между лампами, расстояния между ярусами клеточной батареи и т. д. Данная компьютеризированная модель дает наглядное представление об уровнях освещенности по каждому ярусу клеточной батареи. Для одного из вариантов основные параметры модели показаны на рис. 7.9.

Определение освещенности в помещении вдоль линии расположения ламп

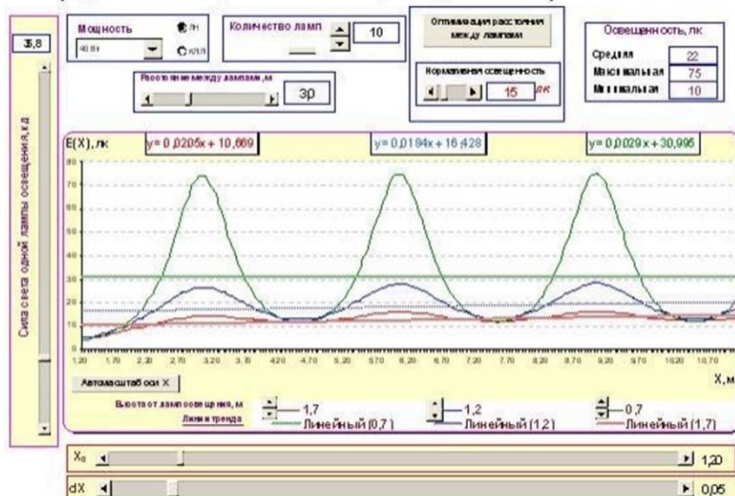


Рис. 7.9. Использование компьютеризированной модели для определения и оптимизации параметров систем освещения птичников

Из рис. 7.9 видно, что компьютеризированная модель имеет следующие возможности: можно задавать мощность и тип источников света, расстояние между лампами, расстояние между ярусами клеточной батареи, высоту подвески светильника от пола птичника, силу излучения света от каждого источника света. Например, если взять за источник освещения стандартную лампу накаливания мощностью 40 Вт с расстоянием между светильниками 3 м, то с помощью компьютеризированной модели можно мгновенно установить уровни освещения вдоль всех ярусов клеточной батареи. Нормативная освещенность равна 15 лк, освещенность на уровне кормушек первого яруса будет составлять 10,7 лк, на уровне второго – 16,4 лк, на уровне третьего – 31 лк; минимальная освещенность будет на уровне 10 лк, максимальная – 75 лк, средняя – 22 лк.

Наряду с применением новых источников освещения важным фактором является применение и разработка эффективных режимов освещения. Прерывистые режимы освещения, применяемые в птицеводстве, позволяют влиять как на экономичность систем освещения (снижение энергозатрат), так и на физиологическое развитие птицы.

Исследования, проведенные в опытном хозяйстве «Борки» Института птицеводства УААН по применению прерывистых режимов освещения, в технологии выращивания молодняка кур яичной породы «Род-Айлэнд» показали, что затраты электроэнергии на освещение птичников снизились в 1,2–1,3 раза. При этом отмечалось положительное влияние прерывистых режимов освещения на показатели продуктивности птицы: повышается живая масса птицы, сохранность и выход кондиционного молодняка.

Для регулирования режимов освещения Институтом птицеводства УААН совместно с фирмой «Око» разработан и налажен выпуск микропроцессорного регулятора РО-15 (рис. 7.10). Этот прибор позволяет программировать график освещения птичника, осуществляя плавный переход (функция «рассвет – закат») с максимальной яркости светильников на минимальную и обратно, что позволяет экономить электроэнергию и продлить срок службы источников света.

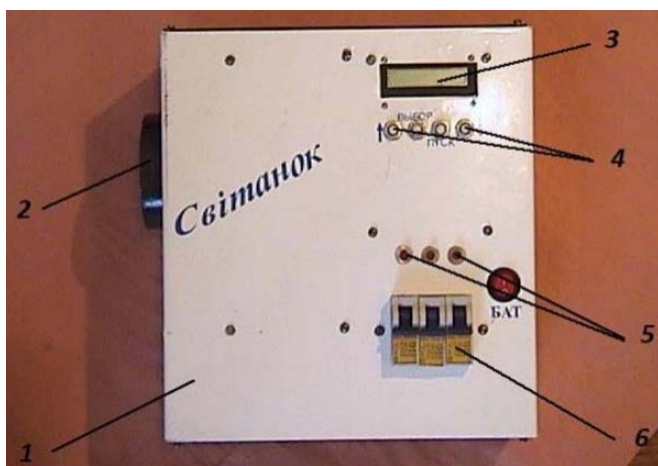


Рис. 7.10. Регулятор освещения РО-15:

- 1 – корпус; 2 – вентилятор; 3 – индикатор режимов и уровней освещения;
4 – кнопки управления режимами освещения; 5 – индикаторы
включения; 6 – автоматические выключатели

Прибор подключается к сети через автоматические выключатели 6, индикатор включения 5 сигнализирует о включении каждой из фаз. Индикатор режимов и уровней освещения (электронное табло) 3 используется для вывода нужной информации при настройке регулятора

и во время эксплуатации. Кнопки управления 4 применяются для выбора нужной программы режима освещения и запуска регулятора в работу. Вентилятор 2 служит для отвода дополнительного тепла, создаваемого электронными компонентами регулятора.

Регулятор освещения использует до 20 программ прерывистых режимов освещения. Каждая программа предназначена для разных кроссов и возрастов птицы как при выращивании ремонтного молодняка, так и при содержании взрослого поголовья. Оператор выбирает необходимую программу для работы, и далее регулятор самостоятельно контролирует выполнение прерывистого режима освещения в течение всего периода выращивания.

7.5. Роботизированные системы для обработки яиц

Классическим способом обработки пищевых яиц является подготовка их к употреблению в свежем виде. На основе стандарта происходит выборка и сортировка пищевых яиц с учетом чистоты, целостности, состояния качества и размера (сюда включается и масса).

Обработка инкубационных яиц производится для поддержания высоких показателей выводимости. Основными операциями при обработке инкубационных яиц являются: сортировка (по форме и по массе), просвечивание на наличие дефектов (насечка, мраморность или пятнистость скорлупы, кровяные включения и т. д.), дезинфекция.

Для сортировки яиц применяют высокопроизводительное оборудование, основанное на зеркальном просвечивании. Этот метод пригоден для контроля крупных партий яиц. Яйца на непрерывном транспортере поступают на просвечивание по нескольку штук в одном ряду, и происходит автоматический контроль качества яиц.

Роботизированные машины сортировки яиц компании «Staalkat» являются результатом многолетнего опыта изготовления и эксплуатации на сортировальных предприятиях по всему миру. Прочная простая конструкция отвечает требованиям сортировочного цеха птицефабрики или упаковочного пункта.

Яйцесортировочные машины Staalkat Optigrader 60, Staalkat Alpha и Staalkat Ardentia (рис. 7.11, 7.12) работают со всеми распространенными в мире видами упаковки. В зависимости от требований рынка, возможна комплектация установками мойки яиц и лотков. Машины аккуратно переносят на лоток каждое яйцо.



Рис. 7.11. Роботизированная яйцесортировочная машина Staalkat Optigrader 60



Рис. 7.12. Роботизированные яйцесортировочные машины Staalkat Alpha и Staalkat Ardent

Роботизированные яйцесортировочные машины фирмы «Staalkat» обрабатывают каждое яйцо индивидуально по всей технологической цепочке до укладки в коробку, обеспечивая при этом высочайшую производительность труда и малый износ деталей. Детектор насечек и весы не имеют подвижных деталей, требующих сложного обслуживания или представляющих сложность при очистке.

В табл. 7.1 приведена производительность роботизированных яйцесортировочных машин компании «Staalkat».

В большинстве предприятий, осуществляющих сортировку и упаковку яиц, производство начинается с загрузки яиц на конвейер. Компания «Sanovo» специализируется на разработке роботизированного загрузочного оборудования для работы в сухих и влажных условиях с обеспечением оптимальной обработки яиц различных видов и количеств, уложенных в бумажные или пластиковые лотки. Загрузчики компании «Sanovo» имеют производительность до 201 тыс. яиц в час (560 коробок в час). Все загрузчики имеют модульную конструкцию и их можно монтировать в зависимости от конкретных условий и требований к размещению.

Таблица 7.1. Производительность роботизированных яйцесортировочных машин фирмы «Staalkat»

Марка машины	Производительность, тыс. шт/ч
Optigrader 600	216
Optigrader 400	144
Ardenta 12	100
Ardenta 6	54
Alpha 125	45
Alpha 100	36
Alpha 70	25
Ultra Compacta	14
Inter Compacta	9
FRG 20	9

Роботизированная система загрузки яиц серии Optiloader Plus компании «Sanovo» (рис. 7.13) представляет собой абсолютно новое поколение оборудования. Системы Optiloader Plus выполняются на 12 и 18-рядных платформах. Специальный манипулятор обеспечивает синхронизацию скорости подачи яиц пневматическими присосками, снимающими яйца с лотков со скоростью движения роликового подающего транспортера.



Рис. 7.13. Роботизированная система загрузки яиц серии Optiloader Plus

После сортировки яйца поступают на автоматические линии по их упаковке, где они упаковываются в оптовую (промышленную) тару и потребительскую упаковку. Упакованная продукция поступает на реа-

лизацию. Упаковка яиц должна защищать продукт от загрязнений, механических повреждений и отвечать эстетическим требованиям.

Роботизированные упаковочные машины Staalkat Farmpacker (рис. 7.14) применяются для упаковки пищевого яйца. Машины имеют прочную конструкцию и аккуратно обращаются с яйцом. Они обеспечивают правильную упаковку яиц острым концом вниз, поддерживают высокое качество продукции и уменьшают затраты на техобслуживание оборудования. Машины Staalkat Farmpacker включают в себя систему подачи упаковки, упаковочный роботизированный стол и систему сбора лотков в штабели. Машины могут эксплуатироваться как на больших птицеводческих предприятиях по производству пищевого яйца, так и на малых фермерских птицефабриках.



Рис. 7.14. Роботизированная машина упаковки пищевого яйца Staalkat Farmpackers

В табл. 7.2 приведена производительность роботизированных машин упаковки пищевых яиц компании «Staalkat Farmpacker».

Таблица 7.2. Производительность упаковочных машин Staalkat Farmpacker

Марка машины	Производительность, тыс. шт/ч
Farmpacker 40	14,4
Farmpacker 70	25,2
Farmpacker 100	36,0
Farmpacker 200	72,0

Для упаковки инкубационного яйца применяются роботизированные упаковочные машины Staalkat Hatchery Packer (рис. 7.15). Эти машины обеспечивают высокую выводимость цыплят посредством бережного обращения с инкубационным яйцом и способствуют снижению затрат труда. Оборудование имеет прочную эргономичную конструкцию из неподверженных коррозии материалов и обладает технологической гибкостью. Наличие встроенного устройства выборки и подачи лотков позволяет устанавливать упаковщик инкубационного яйца даже в небольших помещениях.



Рис. 7.15. Роботизированная машина упаковки инкубационного яйца
Staalkat Hatchery Packer

Упаковщики Staalkat Hatchery Packer могут укладывать инкубационные яйца в инкубационные лотки различной вместимости. В зависимости от типа лотка производительность машины составляет от 20 тыс. яиц в час (модели с квадратным расположением ячеек) до 24–28 тыс. яиц в час при использовании моделей с ромбовидным расположением ячеек.

Роботизированные упаковочные машины Staalkat Hatchery Packer оборудуются сортировщиком Staalkat Farmgrader 80. Эта автономная машина может удалять из потока яйца с размерами, не обеспечивающими хорошую выводимость цыплят, в результате чего обеспечивается максимальная эффективность процесса инкубации.

Робот-манипулятор Italprojector P18 (рис. 7.16) применяется для штабелирования лотков яиц на паллеты, которое он производит с производительностью до 180 тыс. яиц в час. Italprojector P18 может работать с пластиковыми или картонными лотками, а также с пластиковыми или деревянными паллетами наиболее распространенных размеров. С помощью специального вилочного устройства робот подхватывает за один раз до 4 стопок бумажных или пластиковых лотков. К тому же

штабели бумажных лотков на заполненных паллетах можно поворачивать на 90° . Робот Italprojector P18 может устанавливаться в технологической линии после упаковщика Farmpacker, а также после сортировщика.



Рис. 7.16. Робот-манипулятор для штабелирования лотков на паллеты Italprojector P18

Робот компании «Massman» (рис. 7.17) применяется для упаковки и укладки лотков яиц на паллеты.



Рис. 7.17. Робот для упаковки яиц компании «Massman»

В системе, разработанной фирмой «Massman», четыре двусторонних машины для упаковки в короба принимают и позиционируют транспортные короба, автоматически укладывают в них коробки или лотки с яйцами и транспортируют упакованные короба через сортировочную систему в зону формирования паллет, оснащенную роботом-манипулятором. Далее роботизированная рука и конвейер формируют паллеты из коробов. В качестве роботизированной руки использован промышленный робот-манипулятор производства фирмы «ABB».

К выгодам от внедрения роботизированных систем обработки яиц можно отнести: короткий срок окупаемости (менее 5 лет); экономию ручного труда; улучшение экологической безопасности; эффективность процессов упаковки коробов и формирования паллет; снижение процента боя яиц благодаря более бережному обращению с продуктом; повышение выводимости инкубационных яиц.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Роботизированные системы в животноводстве: учеб. пособие / А. А. Науменко [и др.]; Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко. – Харьков: ХНТУСХ им. Петра Василенка, 2015. – 171 с.
2. Интеллектуальные технологии в агропромышленном комплексе / И. Н. Шило [и др.]; М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, УО БГАТУ. – Минск: БГАТУ, 2016. – 335 с.
4. Основы алгоритмизации инженерных задач: учеб. пособие / В. Н. Суриков [и др.]. – СПб.: ГОУВПО СПбГТУ РП, 2008. – 158 с.
5. Техническое обеспечение животноводства: учебник / под ред. А. И. Завражнова. – СПб.: Лань, 2018. – 516 с.
6. Кузьмина, Т. Н. Технологии и оборудование для свиноводства: справочник / Т. Н. Кузьмина, Н. П. Мишуков. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 172 с.
7. Китун, А. В. Организационно-экономическая оценка машин и машинных технологий в животноводстве и птицеводстве: учеб.-метод. пособие / А. В. Китун, И. П. Бусел, В. И. Передня. – Минск, 2008. – 123 с.
8. Крупенин, Ю. А. Технологии и техническое обеспечение производства продукции животноводства. Проектирование помещений для содержания крупного рогатого скота: метод. указания по выполнению раздела курсовой работы / Ю. А. Крупенин, П. Ю. Крупенин. – Горки: БГСХА, 2022. – 65 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ ИХ РАЗВИТИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ	4
1.1. Предпосылки интеллектуализации производства продукции животноводства	4
1.2. Общая характеристика интеллектуальных технических систем	7
1.3. Направления развития интеллектуальных систем в технологиях точного животноводства.....	15
Глава 2. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА	21
2.1. Определение и свойства алгоритма.....	21
2.2. Способы записи алгоритмов	25
2.3. Базовые алгоритмические структуры.....	29
Глава 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЖИВОТНЫХ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ МОЛОКА	31
3.1. Системы идентификации животных и контроля их физиологического состояния.....	31
3.2. Автоматизированные системы управления производством молока	35
3.3. Автоматизированные системы для ухода за животными	39
Глава 4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОРМЛЕНИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА	42
4.1. Автоматизированные системы для приготовления и раздачи полнорационных кормовых смесей.....	42
4.2. Автоматизированные системы для индивидуальной раздачи концентрированных кормов.....	57
4.3. Автоматизированное оборудование для подталкивания кормов на кормовом столе	60
4.4. Автоматизированные системы выпойки телят	63
4.5. Автоматизированные пастбищные системы.....	68
Глава 5. РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УБОРКИ НАВОЗА В ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА	69
5.1. Оборудование для уборки навоза со сплошных полов	69
5.2. Оборудование для уборки навоза в проходах со щелевыми полами	71
Глава 6. РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ.....	75
6.1. Техничко-экономическая оценка роботизированных систем доения коров	75
6.2. Роботизированные установки для добровольного доения коров	81
6.3. Роботизированные установки для доения коров в доильных залах	94
6.4. Особенности планировки животноводческих помещений при организации добровольного доения коров	97
Глава 7. ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ТОЧНОГО СВИНОВОДСТВА И ПТИЦЕВОДСТВА	103
7.1. Автоматизированные кормовые станции для свиноматок	103
7.2. Автоматические станции сортировки поросят на откорме.....	111
7.3. Роботы для очистки станочного оборудования	114
7.4. Автоматизированная система освещения при выращивании и содержании птицы	116
7.5. Роботизированные системы для обработки яиц	120
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	127