

Н.А. ПОПКОВ, В.Н. ТИМОШЕНКО, А.А. МУЗЫКА

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ
И МОЛОЧНОТОВАРНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ
МОДУЛЬНЫХ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ И ЦИФРОВЫХ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ
ПРОЦЕССОМ**

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

Целью данной работы стало обоснование технологии и разработка проекта молочно-товарного комплекса – автомата на основе модульных планировочных решений и алгоритма управления производственным процессом с применением интеллектуальных цифровых технологий. Реализация данного проекта обеспечит проведение всех элементов производственного цикла по принципу «точно-вовремя» и окажет существенное влияние на реализацию потенциала продуктивности животных, повысит сроки хозяйственного использования коров до 4-5 лактаций, обеспечит получение молока высокого качества при значительном снижении удельных затрат на производство продукции.

Ключевые слова: молочнотоварный комплекс, технологии содержания, технологии производства молока, интеллектуальные цифровые технологии.

N.A. POPKOV, V.N. TIMOSHENKO, A.A. MUZYKA

**SUBSTANTIATION OF TECHNOLOGICAL CONCEPT AND
DAIRY COMPLEX BASED ON MODULAR PLANNING
SOLUTIONS AND DIGITAL SYSTEMS FOR PRODUCTION
PROCESS CONTROL**

*Research and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding Zhodino, Republic of Belarus*

The aim of research was to substantiate technological concept and project design of automatic dairy complex based on modular planning solutions and algorithm for production process control using intelligent digital systems. Implementation of this project will ensure that all elements of the production cycle are carried out according to the “right on time” principle and will have a significant impact on implementation of the potential of animal productivity, increase the terms of economic use of cows up to 4-5 lactations, ensure production of high quality milk with a significant reduction in the unit costs of production.

Keywords: dairy complex, housing technologies, milk production technologies, intelligent digital technologies.

Введение. Компьютеризация и техническое переоснащение производства традиционно рассматриваются как наиболее действенные способы повышения его эффективности. Особенно ярко это проявляется в

птицеводстве и свиноводстве, где всего 10 человек сегодня могут обслуживать комплексы с поголовьем, в котором раньше должны были работать по 50–60 человек. Подобные изменения не могли не затронуть и молочное животноводство.

Современные технологии производства молока базируются на трех основополагающих принципах: создание животным комфортных, соответствующих биологическим потребностям условий содержания; стремление к минимизации затрат трудовых и энергетических ресурсов на производство единицы продукции и обеспечение экономической целесообразности применяемых технологических приемов, обеспечивающих реализацию первых двух положений. Такой подход позволяет наряду с максимальной реализацией потенциала животного, увеличить продуктивное долголетие животных, способствует сохранению здоровья и содействует получению кроме молока еще и сверхремонтного молодняка.

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

В качестве важнейших элементов производственного процесса выделяются животные, корма, комплекс машин, кадры и условия содержания, в совокупности составляющие сложную биотехническую систему «человек-машина-животное». Соотношение составляющих звеньев, их удельная значимость в значительной мере определяют степень реализации генетического потенциала продуктивности животных и экономическую эффективность использования материальных и трудовых ресурсов.

Доильное оборудование является ключевым звеном в технологии производства на молочной ферме, так как: во-первых, доение является самым трудоемким процессом молочного производства; во-вторых, именно на доильной установке проявляется интеграция системы человек – животное – молоко, то есть доильное оборудование влияет на все факторы этой системы, начиная от эргономики работы персонала, здоровья животных и заканчивая качеством получаемой продукции; в-третьих, именно здесь собирается, обновляется и может быть зафиксирована информация о продуктивности, качественных показателях молока, воспроизводстве, физиологическом состоянии животных.

В настоящее время применение на молочных комплексах индустриального типа современных технологических решений позволяет снизить трудозатраты на 1 ц молока до 1-1,2 человека часов, расход кормов - до 0,9 корм. ед., совокупные энергозатраты - до 55-60 кг условного

топлива и увеличить нагрузку на 1 оператора до 120-150 голов.

Следующим этапом в совершенствовании технологических решений для ферм нового поколения с полной автоматизацией производственных процессов будет разработка биотехнического комплекса с гибкой самоадаптирующейся системой машин, параметры и режимы которых увязаны с продуктивностью животных. В процессе производства молока уже эффективно применяются системы автоматизированного доения, представляющие собой роботизированный комплекс, позволяющий выполнять автоматически все операции по подготовке вымени перед подключением доильного аппарата, нахождению сосков и подключении к ним доильных аппаратов, своевременно его снимать, дезинфицировать сосковую резину. Роботы подают сигналы селекционным воротам для выделения проблемных коров, измеряют удой молока, кислотность, температуру, количество соматических клеток и т. д. Кроме того, доильные роботы позволяют оценивать состояние каждой из четвертей вымени и своевременно выявлять признаки мастита, а также определять скорость молокоотдачи, объем по каждой доли вымени и отделять качественное молоко от брака в отдельные емкости.

Сегодня автоматизация молочного производства – это интеграция интеллектуальных систем управления животноводческим хозяйством, объединяющих процессы кормления, доения, навозоудаления и управления стадом.

Аккумулируя данные о технологических процессах, АСУ обеспечивает быстрое получение оперативной информации о состоянии здоровья, воспроизводительной функции, валовом надое и продуктивности за каждую дойку, качестве молока, структуре стада и физиологическом состоянии животных. Специалисту предоставляется информация, на основании которой он может принимать решения, касательно одного животного, так и целого стада.

Однако принятие управленческих решений на основе анализа полученной оперативной информации по контролю воспроизводства животных (отёлы, осеменение, проверки на стельность; гинекологическая диспансеризация), учёту, планированию и контролю переводов в группы (запуска, сухостоя, отёлов, в новотельных, раздоя и осеменения, дойных), учёту поступлений и выбытий животных и ряду других зооветеринарных мероприятий осуществляется руководителями и специалистами фермы. Эффективность управления технологическими процессами в значительной степени зависит от квалификации специалистов и не исключает возможность субъективного малопродуктивного использования ресурсов в системе «человек-машина-животное».

Решением проблемы может быть применение на роботизированной ферме автоматической, базирующейся на использовании цифровых

технологий (искусственный интеллект, большие данные, нейронные сети и др.), не требующий участия человека (оператора, животновода, ветеринара и др.) системы сбора информации о животных и производственных операциях и, на основании их анализа, корректирующей технологический процесс [1, 2, 3].

Предусматривается разработка структуры интеллектуальных цифровых систем управления, интегрирующей локальные модули контроля физиологического состояния, управления микроклиматом, анализа продуктивности и племенной ценности, роботизированного доения и кормления в единый автоматизированный централизованный блок управления. Система обеспечит контроль всех показателей для анализа производственного процесса и принятия эффективных управленческих решений. Что позволит реализовать основной принцип пятого технологического уклада в АПК: человек обслуживает не отдельных животных, а средства автоматизации. Именно этот принцип и есть та основа промышленного производства продукции животноводства, которая гарантирует достаточно стабильные показатели качества исходного сырья для переработки.

Цель – обоснование технологии и разработка проекта молочно-варного комплекса – автомата на основе модульных планировочных решений и алгоритма управления производственным процессом с применением интеллектуальных цифровых технологий.

Технологическая концепция молочно-товарного комплекса на 800 дойных коров с замкнутым циклом производственного процесса предусматривает создание инновационного биоэнергетического комплекса жизнеобеспечения, способствующего реализации генетического потенциала продуктивности животных за счет рациональной планировки внутреннего пространства и вместимости помещений, способствующих сохранению выработанного стереотипа поведения и созданию условий для реализации физиологических параметров процессов пищеварения, молокообразования и воспроизводства у коров.

При этом в проекте будет впервые применена система полностью автоматизированного доения животных, объединенная с технологией многократного индивидуального кормления скота концентратами, а также системой приготовления и раздачи кормосмесей дифференцированного состава с помощью мобильных многофункциональных раздатчиков-смесителей кормов с весовым устройством для дозирования компонентов.

Современные модели доильных роботов имеют возможность контролировать качество молока по показателям цвета, кислотности, температуры, электропроводности, числу соматических клеток, а также определять скорость молокоотдачи, объем по каждой доли вымени и

отделять качественное молоко от брака в отдельные емкости.

Использование роботов позволяет учитывать индивидуальные суточные ритмы каждой коровы. Корова сама идет для доения в бокс, где ей одновременно с доением выдается суточная норма концентратов. Животные быстро привыкают к доению роботами и самостоятельно посещают бокс. При этом продуктивность коров возрастает до 15 %.

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

В состав комплекса входят три коровника и три помещения облегченного типа для размещения ремонтного молодняка. Дойное стадо содержится технологическими группами по 100 голов в коровниках №1 и №2 по 400 скотомест каждый.

Содержание дойных коров – боксовое беспривязное. Стойла размещены в шести рядах (3+3). Длина центральных (сдвоенных) стойл – 4600 мм. Стойла такого размера хорошо подходят для средних (550 кг) и крупных (650 кг) животных, регулируемый надхолодный брус позволяет корректировать стойла для животных разных размеров (по группам).

Взаимоувязанное научно обоснованное размещение боксов для отдыха, навозных кормонавозных и поперечных проходов разделяет пространство секций на зону отдыха и кормления, что способствуют формированию комфортной среды обитания животных и создает предпосылки для использования высокопроизводительного технологического оборудования. В соответствии с биологическим ритмом, чередующим фазы потребления корма его пережевывания и отдыха, коровы будут иметь возможность 10-12 раз на протяжении суток перемещаться из оборудованной боксами для отдыха зоны в зону кормления. При этом системой селекционных ворот управляющих потоками, коровы в зависимости от интервала между доением будут направляться либо к кормовому столу, либо на преддоильную площадку. Во втором случае попасть в зону кормления они смогут только пройдя через доильный робот. Доильный бокс корова может покинуть в трех направлениях: в зону кормления, в отдельный бокс для больших животных и обратно в предварительный бокс для совершения новой попытки доения. Автоматизация управления движением является ключевым моментом в оптимизации перемещения животных, позволяющим минимизировать

количество подгоняемых животных к роботу.

Для предотвращения посещений коровами доильных боксов, не сопровождающимся процессом доения, используют боксы для предварительного отбора животных. В нем решается, будет ли корова направлена в зону кормления или на доение (с использованием селекционных ворот). Применение дополнительных «интеллектуальных» ворот, обеспечивает увеличение количества подходов к кормовому столу благодаря снижению напряжения в пробках перед селекционными воротами.

Сухостойных коров и нетелей размещают в отдельном помещении (цех сухостойных коров с формированием групп в зависимости от срока отела). Принятое в проекте количество дойных коров в группе позволяет оптимизировать производственный цикл в репродуктивном коровнике, предназначенном для содержания сухостойных коров и проведения отелов. При этом количество секторов для размещения сухостойных коров первого периода и второго периодов, мест в предродовой секции и секции для новотельных животных оптимально соответствует нормативным требованиям к численности поголовья в отдельных группах, обеспечивает рациональную планировку помещения и полностью отвечает физиологическим потребностям к условиям содержания животных, находящихся на различных стадиях репродуктивного периода.

Применение различных видов автоматизированных систем кормления позволяет сэкономить дорогие концентрированные корма, повысить эффективность их использования и снизить риск заболеваний, вызванных нарушением обмена веществ, благодаря чему у хозяйств есть возможность увеличить надой до 10%. Кроме того, с их помощью освобождаются трудовые ресурсы и экономится место в коровнике.

Зоотехническая наука рекомендует скармливание концентрированных кормов малыми дозами по 6-8 раз в сутки в строгом соответствии с продуктивностью и фазой биологического цикла коровы, т. е. по индивидуальному принципу. В решении этой проблемы существуют две взаимоисключающие друг друга тенденции.

Первая заключается в точном соблюдении принципа многократного скармливания концентратов малыми дозами. При беспривязном способе содержания коров эта задача решается применением автоматической системы управления (АСУ) кормления и автоматических кормовых станций, размещаемых в секциях из расчета одна станция на 25-30 коров.

При использовании таких станций нормированное кормление лактирующих коров с учетом фактической продуктивности ведется по заданной программе после каждого дня доения, а сухостойных – индивидуально, по отдельной программе. Раздой коров производят по программе на основе алгоритмов, определяющих оптимальное количество

концентрированных кормов для авансирования предполагаемой продуктивности при различных удоях и на разных отрезках кривой лактации. Автоматические кормовые станции позволяют выдать животному суточную норму комбикорма (сверх количества, включенного в кормосмесь) не более 1 кг в виде нескольких разовых доз – от 80 до 200 г с частотой их выдачи 15-20 с. Несмотря на большую стоимость системы, при продуктивности стада не ниже 7-8 тыс. кг на корову ее применение экономически оправдано – особенно в больших группах неоднородных по продуктивности и физиологическому состоянию животных.

Преимуществами является точный индивидуальный расчет концентратов на животное, соответственно, это помогает сэкономить до 300 граммов на каждое корове ежедневно и позволяет сократить расходы на данные корма на 20-30%. Помимо этого, установка станций способствует более рациональному использованию места в коровнике: не надо разбивать коров по группам кормления.

Вторая тенденция заключается в отказе от индивидуального принципа распределения концентратов и переходе на групповой принцип их скармливания в составе кормосмеси. Поскольку концентраты в смеси неотделимы от других ее компонентов, животные потребляют их постепенно, что и требует физиология жвачных. Эта технология может применяться как при привязном, так и при беспривязном способах содержания коров, но необходимо четкое деление стада на кормовые классы, сформированные исходя из фаз межотельного цикла коров при допустимой разнице в их продуктивности внутри технологической группы. При соблюдении этого условия такая технология скармливания концентратов значительно проще и дешевле, чем их распределение по индивидуальному принципу.

Вершиной эволюции кормовых систем (систем кормления) на данный момент можно назвать автоматические системы кормления, которые в большинстве случаев сами загружают корм и полностью берут на себя функцию его раздачи. К таким автоматическим системам кормления можно отнести автоматические подвесные «кормовагоны», которые могут раздавать как концентрированные, так и грубые корма, а также их смесь – полносмешанный монокорм.

Кормовагон представляет собой бункер, перемешающийся внутри коровника по монорельсу, смонтированному на потолке. Приготовление кормовой смеси для крупного рогатого скота происходит в стационарном миксере, а загрузка его происходит, как правило, в торце коровника с помощью системы загрузочных транспортеров или погрузчика. Компоненты кормовой смеси поступают в миксер из специальных бункеров, которые наполняются силосом, сенажом, сеном или концентратами при помощи трактора или самосвала один или два раза в сутки.

Следует отметить, что за каждым компонентом кормовой смеси закреплен свой бункер. Животным, содержащимся в группах, в зависимости от возраста, пола или стадии лактации при помощи кормовых лент можно выдавать свой индивидуальный рацион. Далее вагон, управляемый программным продуктом (системой управления стадом), движется по коровнику параллельно кормовому столу и раздает корма в соответствии с заданием, то есть действует аналогично миксеру-кормораздатчику, только без участия человека.

Помимо высвобождения трудовых человеческих ресурсов в числе преимуществ подобных автоматизированных систем выступает экономия площади для строительства коровника: обычно кормовые столы имеют ширину 5-6 м, чтобы обеспечить нормальное прохождение техники, а при использовании рельсовых коромогаонов кормовой проход можно сократить до 4,5 м максимум.

Ширина кормового стола обеспечит необходимые удобства при раздаче корма роботизированными раздатчиками и позволит при необходимости применять традиционный прицепной кормораздатчик. Кормление полнорационными смесями организуется согласно требованиям отдельных технологических групп животных с учетом стадии лактации, величины суточного удоя, физиологического состояния животного. Планировка коровников и соединение их галереями в центральной части обеспечивает техническую возможность одинаково эффективно применять как стационарную систему автоматические кормления, так и использовать мобильные роботы кормораздатчики. Окончательный выбор системы может быть осуществлен по результатам тендера.

Организация автоматизированного кормления животных в соответствии с требованиями в питательных веществах различных технологических групп также может быть реализована и с использованием мобильных роботов кормораздатчиков. Такая система кормления состоит из места для временного хранения кормов с устройством загрузки и робота, выполняющего операции по смешиванию и раздаче корма.

Хранящиеся в специальном подсобном помещении корма грейфер, в зависимости от заданного плана кормления, отбирает в необходимом количестве и помещает их в робот-кормораздатчик, где происходит смешивание кормосмеси. После этого кормораздатчик следует по запрограммированному маршруту и раздает корм. За один маршрут робот раздает до 600 кг кормосмеси и способен запоминать до 16 различных рационов.

В свободное время кормораздатчик так же двигается по маршруту и подталкивает корм там, где это необходимо, а также постоянно осуществляет измерение остатков корма. Функция измерения количества корма, оставшегося на кормовом столе, позволяет роботу-раздатчику

определять, когда следует выдать свежий корм, а когда просто его подтолкнуть. В случае, если корма на кормовом столе осталось меньше допустимого значения, кормораздатчик отправится на кухню, где будет приготовлена новая порция кормосмеси.

Очистка навозных и кормонавозных проходов в коровниках предусмотрена с использованием разработанного сотрудниками РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» многофункционального агрегата обеспечивающего удаление, как полужидкого навоза, так и очистку помещений при использовании сменяемой подстилкой, а также уборку выгульных площадок с твердым покрытием [4].

Многофункциональность агрегата предполагает взаимосвязку различных рабочих органов в одной машине. Она должна иметь бункер (кузов) с подвижным дном для накопления навоза, двухосное шасси, скреперное оборудование, регулируемое как по высоте, так и по ширине захвата, для сгребания навоза и направления его к элеватору, элеватор для подъема навоза и подачи его в кузов, распределяющий (разбрасывающий) модуль для внесения навоза в почву, приводную трансмиссию, гидросистему и систему управления рабочими органами.

Использование такой машины исключает необходимость строительства поперечных навозных каналов в коровниках, канализационных навозных станций, магистральных трубопроводов для перекачки навоза в основное навозохранилище.

Автоматизация основных производственных процессов обеспечит возможность интеграции интеллектуальной системой управления животноводческим объектом, включая процессы кормления, доения, контроля физиологического состояния животных, обеспечения микроклимата и управления стадом. Электронная система управления стадом (ЭСУС) позволит свести все данные о состоянии животного в одну компьютерную базу. Система обеспечит контроль всех показателей для анализа производственного процесса и принятия эффективных управленческих решений. В комплекте с системой будут работать станции контроля за перемещением животных, контроллеры работы система автоматизированной индивидуальной выдачи концентратов, сортировочные ворота (автоматическая система для сортировки и разведения животных по группам на основе заданных параметров) и системы активности (выявления охоты).

Заключение. Реализация концепции технологии производства молока, основанной на интеллектуальных цифровых систем управления производством с применением роботизированных средств выполнения основных производственных операций и базирующейся на системном мониторинге показателей продуктивности и физиологического состояния, что обеспечит проведение всех элементов производственного

цикла по принципу «точно-вовремя» и окажет существенное влияние на реализацию потенциала продуктивности животных, повысит сроки хозяйственного использования коров до 4-5 лактаций, обеспечит получение молока высокого качества при значительном снижении удельных затрат на производство продукции.

Литература

1. Умная ферма // Аналитический центр Минсельхоза России [Электрон. ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.mcxac.ru/digital-cx/umnaya-ferma/>
2. Крушевская, М. Белорусские и российские ученые совершенствуют технологии молочного скотоводства. Умная ферма: цифровое измерение // Беларусь сегодня. – 2019. – 30 апр.
3. Белорусские и российские ученые совершенствуют технологии молочного скотоводства // Product.by [Электрон. ресурс]. - 2007-2021. – Режим доступа: <https://produkt.by/news/beloruskie-i-rossiyskie-uchenye-sovshenstvuyut-tehnologii-molochnogo-skotovodstva>
4. Каталог технического обеспечения инновационных технологий для АПК Республики Беларусь / Национальная академия наук Беларуси, Республиканское унитарное предприятие "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства". - Минск, 2019. - 55 с.

Поступила 6.04.2021 г.

УДК 636.4.22:628.8: 519.681.3

С. В. СОЛЯНИК, В. В. СОЛЯНИК

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗООГИГИЕНИЧЕСКИХ И СТРОИТЕЛЬНО-ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕКОНСТРУИРОВАННЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ХОЛОСТЫХ И СУПОРОСНЫХ СВИНОМАТОК

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

Впервые на постсоветском пространстве разработанная компьютерная программа, которая позволяет провести моделирование зоогигиенических и строительно-физических параметров реконструированных зданий для содержания холостых и супоросных свиноматок. Компьютерная программа, путем изменения теплотехнических параметров зданий для содержания холостых и супоросных свиноматок (коэффициента сопротивления теплопередаче наружных стен в пределах $0,67 \dots 2,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; температуры наружного воздуха ($0 \dots -24 \text{ °C}$); зоогигиенических характеристик на высоте ($0,5 \dots 1,5 \text{ м}$), позволяет в автоматическом режиме рассчитывать тепло-влажностный баланс, расход тепла, уровень продуктивности животных и экономическую эффективность повышение тепловой защиты зданий. Использование компьютерной программы позволяет минимизировать трудозатраты на выявление основных трендов в уровне продуктивности животных и качестве условий их содержания в реконструированных помещениях.