

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ И КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ МОЛОЧНО- ТОВАРНОГО КОМПЛЕКСА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

**В. Н. ТИМОШЕНКО, А. А. МУЗЫКА,
М. В. БАРАНОВСКИЙ, А. С. КУРАК**

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222160*

(Поступила в редакцию 07.04.2022)

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.

В качестве важнейших элементов производственного процесса вычлняются 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. 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.

Обоснована концепция технологии производства молока, основанная на интеллектуальных цифровых системах управления производством с применением роботизированных средств выполнения основных производственных операций и базирующейся на системном мониторинге показателей продуктивности и физиологического состояния.

Формируя перспективную программу технологического и технического переоснащения производства продукции животноводства в виде системы технологий и машин, необходимо уделить особое внимание вопросам автоматизации и информатизации, как основному направлению резкого повышения производительности труда, качества продукции и экономической эффективности.

Ключевые слова: *животноводческие комплексы, молочно-товарные фермы, технологические параметры, объемно-планировочные решения, содержание животных, коровы.*

Modern milk production technologies are based on three fundamental principles: creation of comfortable living conditions for animals that meet their biological needs; the desire to minimize the cost of labor and energy resources for the production of a unit of output and ensure the economic feasibility of the applied technological methods that ensure the implementation of the first two provisions.

As the most important elements of the production process, animals, feed, a complex of machines, personnel and conditions of keeping are singled out, which together make up a complex biotechnical system "man-machine-animal". The ratio of the constituent links, their specific significance largely determine the degree of realization of the genetic potential of animal productivity and the economic efficiency of the use of material and labor resources. A promising direction in the creation of a new generation of farms is the full automation of production processes, the transformation of biotechnical complex of the farm into a flexible self-adapting system of machines, the parameters and modes of which are linked to the productivity of animals.

The concept of milk production technology based on intelligent digital production control systems with the use of robotic tools for performing basic production operations and based on systemic monitoring of productivity and physiological state indicators is substantiated.

Forming a promising program of technological and technical re-equipment of livestock production in the form of a system of technologies and machines, it is necessary to pay special attention to the issues of automation and informatization, as the main direction of a sharp increase in labor productivity, product quality and economic efficiency.

Key words: *livestock complexes, dairy farms, technological parameters, space-planning solutions, animal husbandry, cows.*

Введение. Опыт развитых стран мира показывает, что конкурентоспособность продукции и прежде всего продуктов питания обеспечивается интенсификацией производства за счет внедрения высоких технологий, принципиально новой техники, технолого-технического перевооружения отрасли.

Одним из основных аспектов формирования производственной структуры является обеспечение взаимоуязванного функционирования всех составляющих производственного процесса: подготовительных операций, основных производственных процессов, технического обслуживания. Необходимо всесторонне обосновать наиболее рациональные для конкретных производственно-технических условий организационные формы и методы осуществления тех или иных процессов.

Технология должна объединять в единый производственный процесс биотехнические методы стимулирования развития функциональных возможностей и повышения адаптивных способностей животных с зоотехническими приемами, обеспечивающими комфортные условия и сохранение сложившегося стереотипа содержания в течение всего технологического цикла, что позволяет исключить необоснованные потери продуктивности и способствует более полному проявлению генетического потенциала.

Дальнейшее развитие молочного скотоводства, как и сельскохозяйственного производства в целом, в условиях сокращения потребления ископаемых видов топлива требует перехода на энерго- и ресурсосберегающие технологии, соответствующие V и VI-му технологическим укладам.

Впервые термин «умная» ферма начали применять в англоязычной

литературе (smart farm). По аналогии с термином «умный» дом (smart house) термин «умная» ферма подразумевал высокоавтоматизированную сельскохозяйственную ферму, в которой благодаря интеллектуальной составляющей в проектировании и управлении машинами фермеры могут объединить данные, полученные с датчиков со знаниями специалистов. «Умная» ферма, по определению зарубежных специалистов, должна предоставить владельцам современных молочных ферм – инструмент поддержки принятия решений и технологий автоматизации, позволяющий органично объединить оборудование, услуги и интеллектуальную составляющую (знания) для повышения качества молока, управления стадом, повышения продуктивности и рентабельности.

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.

Однако принятие управленческих решений на основе анализа полученной оперативной информации по контролю воспроизводства животных (отелы, осеменение, проверки на стельность; гинекологическая диспансеризация), учету, планированию и контролю переводов в группы (запуска, сухостоя, отелов, в новотельных, раздоя и осеменения, дойных), учету 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].

Основная часть. Технологическая концепция предусматривает создание инновационного биоэнергетического комплекса жизнеобеспечения, способствующего реализации генетического потенциала про-

дуктивности 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.

Автоматические системы привлекли внимание производителей доильного оборудования в конце 1980-х годов. Однако разработка принципиальной концепции доильных роботов осложнялась, прежде всего тем, что в отличие от роботов промышленных, имеющих дело с неодушевленными объектами, они должны были взаимодействовать с живыми организмами, которым присуща вариабельность. Это стало возможным только после создания достаточно чувствительных сенсоров, анализаторов и соответствующего программного обеспечения для компьютера – интегральной части автоматической доильной системы. Помимо собственно доения, роботы должны были взять на себя еще целый ряд операций, выполняемых ранее операторами и работниками различных лабораторий.

Первые роботы появились на рынке в начале девяностых годов. А сегодня уже практически все производители доильного оборудования имеют собственную автоматизированную систему.

Доильные роботы – системы автоматизированного доения являются на сегодняшний день самым современным доильным оборудованием. Это полноценный автоматизированный комплекс технологий, позволяющий получать молоко самым гуманным и физиологичным для коровы способом.

Применение роботизированных систем обеспечивает постоянное фиксированное выполнение комплекса технологических операций, повторяющихся в строго определенной последовательности. Причем здесь возникает уникальный синтез взаимодействия средств автоматизации с «механизмом» лактации коров, происходящий по желанию самого животного. Стереотип автоматического доения служит физиологической основой естественного извлечения молока из вымени, чем обеспечивается легкое, быстрое, многократное на протяжении суток выдаивание коров.

По сути, робот у большинства производителей представляет собой совокупность различных сенсорных систем идентификации животного (лазерные, оптические, ультразвуковые или комбинированные), центральным звеном которых является механическая «рука»-манипулятор, способная совершать трехмерные движения.

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

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 больных животных и обратно в предварительный бокс для совершения новой попытки доения. Автоматизация управления движением является ключевым моментом в оптимизации перемещения животных, позволяющим минимизировать количество подгоняемых животных к роботу.

Для предотвращения посещений коровами доильных боксов, не сопровождающимися 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.

Для того чтобы иметь высокую рентабельность, помимо высокого качества кормов, современные комплексы нуждаются в их точной дозировке и прогрессивном способе раздачи. Мировые тенденции развития технического прогресса показывают, что решение поставленных

задач возможно только путем оптимизации систем кормления на основе компьютеризации и технического переоснащения производства.

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 надои до 10 %. Применение точных систем управления кормлением позволяет ежедневно экономить 4 % стоимости корма и уменьшить остатки на 1 % [4].

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. 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.

Преимуществом является точный индивидуальный расчет концентратов на животное, соответственно, это помогает экономить до 300 граммов на каждой корове ежедневно и позволяет сократить расходы на данные корма на 20–30 %.

На основании анализа экспериментальных данных сравнения продуктивности животных двух групп (коровы II лактации), одна из которых содержалась на ферме с АСУ ТП и получала концентраты из автоматических кормовых станций, а вторая на ферме с традиционным беспривязным содержанием и выдачей концентратов на доильной площадке установлено, что различные режимы скармливания концен-

трированных кормов оказали определенное влияние на молочную продуктивность.

Таблица 1. Молочная продуктивность коров

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

Из данных табл. 1 видно, что среднесуточный удой был выше на 2,75 кг у коров I группы, пользующихся автоматической кормовой станцией, по сравнению со сверстниками контрольной группы. Величина удоя за месяц по сравнению с контролем была также выше на 74,7 кг и в целом за лактацию на 582 кг, или на 11 %. Это можно объяснить индивидуальным нормированным скормливанием концентрированных кормов: пищевые и лактационные реакции у коров находятся в антагонизме. После скормливания концентратов в крови падает уровень глюкозы, так как повышение инсулярной активности крови увеличивает поступление глюкозы во внутриклеточную среду. Уменьшение содержания глюкозы в крови тормозит секрецию молока в вымени. Участие инсулярного аппарата в распределении питательных веществ ведет к увеличению доли использования их тканями тела за счет уменьшения той части, которая должна пойти на образование молока.

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

Кроме того, применение автоматических кормовых станций позволяет существенно экономить концентрированные корма. Так, затраты концентратов на получение 1 ц молока составили 0,29 ц к.ед. в первой группе и 0,41 во второй (табл. 2).

Таблица 2. Расход и затраты концентрированного корма

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

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

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. Однако эта технология требует четкого деления стада на кормовые классы, сформированные исходя из фаз межтельного 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, перемещающийся внутри коровника по монорельсу, смонтированному на потолке. 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. Животным,

содержащимся в группах, в зависимости от возраста, пола или стадии лактации можно выдавать свой индивидуальный рацион.

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

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 подстилки, а также уборку выгульных площадок с твердым покрытием [5].

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 системы автоматизированной индивидуальной выдачи концентратов, сортировочные ворота (автоматическая система для сортировки и разведения животных по группам на основе заданных параметров) и системы активности (выявления охоты).

Современная умная ферма представляет собой довольно сложную совокупность различных механизмов, оборудования, помещений, машин и инструментов. Для управления необходимо измерять и управлять целым рядом параметров, показатели которых предоставляются разнообразными датчиками: температуры, состава воздуха, скорости движения воздуха, уровней воды в емкостях, влажности и тому подобное. Комплексная система управления молочной фермой должна

включать следующие основные элементы: контроль за эффективностью кормления и корректировка кормовых рационов в зависимости от физиологического состояния и величины надоя; контроль протеинового питания; контроль и определение метаболических профилей у коров; контроль продуктивности и состава молока; контроль за живой массой и упитанностью коров; система управления стадом; системы определения активности и репродуктивного статуса коров; системный подход к проблеме навозоудаления и его переработке; контроль за формированием технологических групп коров.

В системе управления «умной» фермой следует выявить или специально спроектировать подсистемы, отвечающие за отдельные процессы и технологические цепочки, которые, в свою очередь, в целях обеспечения эффективности управления должны быть организованы как подсистемы с учетом системообразующего фактора, принципов изоморфизма и иерархичности.

Использование комплексной системы управления технологическим процессом производства молока позволит улучшить производственные показатели, будет способствовать снижению удельных затрат труда и материальных ресурсов на производство молока.

Заключение. Реализация концепции технологии производства молока, основанной на интеллектуальных цифровых системах управления производством с применением роботизированных средств выполнения основных производственных операций и базирующейся на системном мониторинге показателей продуктивности и физиологического состояния, позволит обеспечить 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.

Формируя перспективную программу технологического и технического переоснащения производства продукции животноводства в виде системы технологий и машин, необходимо уделить особое внимание вопросам автоматизации и информатизации, как основному направлению резкого повышения производительности труда, качества продукции и экономической эффективности.

Комплексная роботизация производственных процессов и применение цифровой системы автоматизированного управления позволит реализовать основной принцип пятого технологического уклада в

АПК: человек обслуживает не отдельных животных, а средства автоматизации.

Применение перспективных технологических решений позволит снизить трудозатраты на 1 ц молока до 0,6–0,7 человека часов и довести нагрузку на 1 оператора до 300–350 голов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Умная ферма. – Режим доступа: <https://www.mcxac.ru/digital-cx/umnaya-ferma/>. – Дата доступа: 04.01.2022

2. Белорусские и российские ученые совершенствуют технологии молочного скотоводства. – Режим доступа: <https://yandex.by/turbo/sb.by/s/articles/umnaya-ferma-tsifrovoe-izmerenie.html>. – Дата доступа: 04.01.2022.

3. Белорусские и российские ученые совершенствуют технологии молочного скотоводства. Режим доступа: <https://produkt.by/news/beloruskie-i-rossiyskie-uchenye-sovershenstvuyut-tehnologii-molochnogo-skotovodstva>. – Дата доступа: 04.01.2022.

4. Буклагин, Д. С. Цифровые технологии управления сельским хозяйством / Д. С. Буклагин // Сельскохозяйственные науки. – 2021. – Вып. 02(104). – С. 136-144.

5. Каталог технического обеспечения инновационных технологий для АПК Республики Беларусь / Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2019. – 55 с.