

**2.25. – ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА**

Перов Иван Евгеньевич, специалист компании ДеЛаваль по системам управления фермой¹; **Алексеев Сергей Львович**, Заслуженный юрист Республики Татарстан, кандидат педагогических наук, доцент, профессор²; **Зарипов Раис Харисович**, Заслуженный работник сельского хозяйства Республики Татарстан, ведущий специалист УМЦ «Органика»².

Факультет ветеринарии Университет Аделаиды, Южная Австралия¹; ФГБОУ ДПО «Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса», Казань, Россия².

Аннотация. Автор в своей статье проводит анализ интеллектуальных систем для использования в производственных процессах молочного скотоводства, делает заключение, что эффективность может быть достигнута за счет создания информационных хранилищ с безопасным доступом к его данным, сбор которых будет обеспечен различными регионами. Системный анализ приведет к лучшему пониманию биологии воспроизводства поголовья, разведения различных пород и процессов кормления животных, а также выявит наиболее приспособленных к машинному доению пород. Внедрение данной методики организации молочного производства приведет к укреплению здоровья, повышению фертильности с целью наращивание продуктивности и прибыльности производства.

Ключевые слова. Искусственный интеллект, молочная продуктивность, роботизированная ферма, роботизированная система доения, роботы дояры, скотоводство, технология доения, роботизированное доение, интенсивные технологии.



1932
90 ЛЕТ
2022

ФГБОУ ДПО Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса
Цифровые технологии в подготовке кадров АПК как ключевой
фактор повышения его эффективности

1992
30 ЛЕТ
2022



2.25. – INTELLIGENT SYSTEMS FOR ORGANIZING DAIRY CATTLE PRODUCTION PROCESSES

Perov Ivan Evgenievich, DeLaval specialist in farm management systems¹; **Alekseev Sergey Lvovich**, Honored lawyer of the Republic of Tatarstan, candidate of pedagogical sciences, associate professor, professor²; **Zaripov Rais Kharisovich**, Honored worker of agriculture of the Republic of Tatarstan, leading specialist of the UMC "Organica"². Faculty of veterinary Medicine University of Adelaide, South Australia¹; FGBOU DPO «Tatar Institute for Retraining of Agribusiness Personnel», Kazan, Russia².

Abstract. The author in his article analyzes intelligent systems for use in the production processes of dairy cattle breeding, concludes that efficiency can be achieved through the creation of information repositories with secure access to its data, the collection of which will be provided by various regions. System analysis will lead to a better understanding of the biology of reproduction, breeding of various breeds and animal feeding processes, as well as identifying the most suitable breeds for machine milking. The introduction of this method of organizing dairy production will lead to better health, increased fertility in order to increase productivity and profitability of production.

Key words. Artificial intelligence, milk productivity, robotic farm, robotic milking system, milking robots, cattle breeding, milking technology, robotic milking, intensive technologies.

Развитие компьютерной техники и средств обработки данных, а также исследованиям в области физиологии коров и возможности программирования автоматики для выполнения различных операций, включая доение, передвижение животных, регистрации и анализа получаемых данных, позволили в начале 90-х годов приступить к первым коммерческим внедрениям роботизированных доильных систем [1].

Роботы дояры положили начало эры масштабной управленческой реструктуризации всей системы управления молочно-товарным комплексом. Кардинально изменились содержание труда работников на молочной ферме, механизмы принятия решений на основе результатов анализа данных, собираемых системой и обрабатываемых математическими и статистическими алгоритмами во время доения. Автоматический анализ формируемого в процессе доения массива данных от каждого животного (электропроводность молока, отклонения по надоям и интервалам доения, скорость молокоотдачи, в том числе и по четвертям вымени) позволяет провести раннюю диагностику заболеваний и их профилактику, повысить продуктивное долголетие стада [2].

Экономические эффекты от внедрения роботизированных систем достигаются за счет снижения прямых затрат и роста маржинальности продукции за счет повышения сортности молока и расширения возможности продажи племенного молодняка.

Роботизированные доильные системы расширяют возможности коренной технологической модернизации производства без существенных одномоментных



1932
90 ЛЕТ
2022

ФГБОУ ДПО Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса
Цифровые технологии в подготовке кадров АПК как ключевой
фактор повышения его эффективности

1992
30 ЛЕТ
2022



инвестиций в капитальное строительство, уменьшает инвестиционную нагрузку и финансовые риски хозяйств.

Внедрение роботизированных систем доения требует качественного переосмысления имеющихся навыков и опыта управления молочно-товарной фермой для максимальной реализации новых возможностей построения системы потребностей коровы, ее комфорта, привычек и особенностей поведения для минимизации стрессов от взаимодействия с человеком и оборудованием на ферме.

Эффективность роботизированной молочной системы основана на трех основных факторах, в том числе [3]:

1. «Качество» управленческих решений и делегирование их исполнения искусственному интеллекту.
2. Исключение оператора из многих повседневных дел, включая взаимодействие с животными.
3. Технические решения, встроенные в доильные аппараты-роботы, в том числе для комфортного выдаивания молока. Роботизированный доильный аппарат позволяет доить каждую четверть и обеспечивает качество молока и здоровье животных для высокопродуктивных коров.

Роботизированная система доения поддерживает управленческие решения, основанные на большом количестве данных от отдельной коровы. Он координирует интервалы доения и исключает возможность доить зараженную четверть. Это обеспечивает точное и своевременное перемещение животных через автоматические сортировочные ворота между доильным залом, зонами кормления, зонами отдыха и зонами специальной обработки. Автоматические станции кормления концентратами доставляют ежедневный рацион через заранее заданные интервалы, в зависимости от частоты посещений и общего состояния животных.

Роботы дояры положили начало эры масштабной управленческой реструктуризации всей системы управления молочно-товарным комплексом. Кардинально изменились содержание труда работников на молочной ферме, механизмы принятия решений на основе результатов анализа данных, собираемых системой и обрабатываемых математическими и статистическими алгоритмами во время доения. Автоматический анализ формируемого в процессе доения массива данных от каждого животного (электропроводность молока, отклонения по надоям и интервалам доения, скорость доения, в том числе и по четвертям вымени) позволяет провести раннюю диагностику заболеваний и их профилактику, повысить продуктивное долголетие стада [4].

Экономические эффекты от внедрения роботизированных доильных систем достигаются за счет снижения прямых затрат и роста маржинальности продукции за счет повышения сортности молока и расширения возможности продажи племенного молодняка.

Анализ роботизированного молочного животноводства и управления во всем мире указывает на необходимость междисциплинарного исследования роботизированных молочных систем, включая сравнительный анализ экономических показателей роботизированных молочных ферм, в частности, различных стратегий управления. Сравнение экономических показателей



роботизированной молочной системы в Австралии, США и России показывает, что успех роботизированных операций обусловлен управленческим решением, основанным на понимании поведения коровы и способности отдельных менеджеров принять новую парадигму управления [5].

Дальнейшее изучение эффективности роботизированных молочных систем может быть достигнуто за счет создания центров сбора данных по молочным продуктам, которые будут собирать данные по отдельным коровам из разных регионов. Анализ этих данных приведет к лучшему пониманию биологии коров и механизмов секреции молока. Внедрение методов машинного обучения приведет к разработке моделей прогнозирования рисков, которые улучшат здоровье животных и сократят использование антибиотиков на молочных фермах.

Рассматривая особенности и проблемы производства молока при освоении роботизированного доильного оборудования необходимо учитывать, что процесс доения одновременно и механический, и физиологический, важнейшую роль в котором играют гормоны, что определяет важность организации процесса доения в соответствии с физиологическими особенностями коровы.

Основные, но не исчерпывающие, различия между автоматизацией и роботизацией процессов на современной молочной ферме представлены в таблице 1 (Таблица 1) [6].

Таблица 1 – Основные различия автоматизированных и роботизированных систем доения

Параметр	Доильные залы	Роботизированная система
Надевание доильных стаканов	Вручную	Автоматизировано
Доение	Автоматизировано	Автоматизировано
Индивидуальный учет надоя	Автоматизировано	Автоматизировано
Снятие доильных стаканов	Автоматизировано	Автоматизировано
Обработка вымени перед доением	Вручную	Автоматизировано
Обработка вымени после доения	Вручную/автоматизировано	Автоматизировано
Сортировка животных	Полуавтоматически (требует ввода параметров вручную, ограниченный набор параметров)	Автоматизировано (но требуется программирование оператором. Широкий набор параметров и их комбинаций)
Выборка молока в отдельный молокопровод (коров на лечении)	Вручную (ведро)	Автоматически (отдельный молокопровод и цистерна)
Кратность доения	1,2,3 раза в день, определяется системой организации труда на ферме	Добровольное доение (в большинстве систем корова сама решает, когда ей идти на дойку. Средняя кратность 2,5 – 3,5. в зависимости от фазы лактации и индивидуальных свойств животных, у отдельных до 4-5)
Подгон животных к доильному оборудованию	1,2,3 раза в день, принудительно, в зависимости от системы организации труда на ферме от рутин	Добровольное доение (в большинстве систем корова сама решает, когда ей идти на дойку и идет добровольно). Отдельных коров необходимо подгонять вручную
Кормление концентратами	Автоматизированная раздача части концентрированных кормов, часть концентратов, объемистые корма, белковые компоненты (шрот) раздается механизировано – миксеры-кормораздатчики	Автоматизированная раздача части концентрированных кормов, часть концентратов, объемистые корма, белковые компоненты (шрот) раздается механизировано – миксеры-кормораздатчики
Уведомления о возможных заболеваниях	Ограниченно, в зависимости от установленных сенсоров. Исполнение решения по блокировке доения в общий танк возложено на человека	Автоматически (MDI - индекс выявления мастита). Исполнение решения по блокировке доения в общий танк возложено на робота-дойера.



1932
90 ЛЕТ
2022

ФГБОУ ДПО Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса
Цифровые технологии в подготовке кадров АПК как ключевой
фактор повышения его эффективности

1992
30 ЛЕТ
2022



Ряд специалистов по робототехнике отмечают, что «основное отличие робота от автомата состоит в способности к локомоции - самостоятельному передвижению в пространстве. Поэтому в животноводстве пока еще редко встречаются роботы. В основном это стационарные средства автоматизации, оснащенные механизированными средствами, осуществляющими физическое, энергетическое и информационное взаимодействие с объектами окружающей среды. Однако Е.И. Юревич в книге «Основы Робототехники», подчеркивает, что роботы, могут быть как подвижными, так и неподвижными, являются многосвязным механизмом с индивидуальным управлением, функциональная схема которого включает исполнительную и сенсорную систему и устройство управления. Главным является то, что робот, как «машина автоматического действия, объединяющая свойства машин рабочих и информационных», осуществляет активное силовое и информационное взаимодействие с окружающей средой, может «обладать искусственным интеллектом и совершенствовать его» [7].

Согласно ГОСТ Р. ИСО 8373-2014 (ISO 8373), роботом может называться устройство, обладающее «определенным уровнем автономности». Иными словами – (2.6) робот (robot): приводной механизм, программируемый по двум и более осям (4.3), имеющий некоторую степень автономности (2.2), движущийся внутри своей рабочей среды и выполняющий задачи по предназначению. В англоязычном тексте определения робота есть существенное дополнение – «выполняющий задачи по предназначению без участия человека».

Терминологически отсутствует единое понимание и согласие при сравнении различных программируемых систем (роботов). Некоторые исследователи в своей работе в частности указывали, что есть несколько уровней сенсоров (роботизации) позволяющих: 1) измерять, например, только надои молока; 2) интерпретировать результаты доения во время доения (снижение надоев); 3) объединять различные данные с другими параметрами (например, надой и норму кормления); 4) сравнивать различные данные и параметры, формировать уведомления оператору [8].

В 90-х годах XX века внедрение роботов-дойеров в молочном животноводстве проходило медленно, в основном на семейных фермах в странах с высокими ценами на молоко и стоимостью рабочей силы, с высокой молочной продуктивностью коров [9]. С началом двухтысячных, по мере совершенствования и удешевления роботизированных систем, продолжающимся ростом стоимости квалифицированной рабочей силы в сельском хозяйстве, роботы начали осваиваться и в странах с относительно низкой стоимостью ресурсов и пастбищным содержанием. В 2020 году доильные роботы работали в более чем 100.000 хозяйств по всему миру, в России их количество приближается к тысяче.

Важной задачей при внедрении роботов-дойеров является создание «поведенческих» условий, которые бы стимулировали животных с физиологически обусловленной регулярностью самостоятельно приходить к местам доения, кормления и отдыха [10].

Программное обеспечение доильного робота и оборудование по выдаиванию молока настраиваются с целью минимизации времени различных этапов доения. Эта задача усложняется индивидуальными особенностями животных и их

физиологическим состоянием, формой вымени и расположением сосков, темпераментом, отсутствием стресса, стадией лактации и воспроизводства. На эффективность доильного робота значительное влияние оказывают факторы, обеспечивающие общий комфорт животных в коровнике [11], так как необходимо обеспечивать удобство самостоятельного передвижения животного от кормового стола к месту отдыха, роботу дояру, санитарным загонам и местам проведения производственных рутин. Если в традиционных системах молочного животноводства коровы «подстраивались» к производственным операциям – «рутинам», то в роботизированных системах – производственные рутин «подстраиваются» под требования коровы.

В России, внедрение роботизированных систем доения началось в 2006 году с началом реализации Приоритетного национального проекта и Государственной программы развития сельского хозяйства и продовольственных рынков.

Одним из принципиальных отличий анализа экономической эффективности производства молока за рубежом, является сравнение валового дохода (margin) отрасли «до», и «после» внедрения инноваций. Прямое сравнение себестоимости производства молока на роботизированных фермах и фермах с доильными залами как правило не показывает явных преимуществ роботизированных систем. Однако следует учитывать рост дополнительной выручки за счет повышения качества. Анализ показал, что при внедрении доильных роботов себестоимость производства молока в хозяйствах Северо-Западного региона в 2011 году возросла на 1.3% при росте выручки за счет повышенной сортности на 10%. Таким образом, валовый доход производства молока в результате внедрения роботизированных систем доения увеличился на 8.7%.

Сложность производственной системы в молочном животноводстве не позволяет достоверно вычленить один из многочисленных факторов, который бы наверняка и безусловно определял положительные изменения ключевых показателей эффективности. На это указывают исследования зарубежных ученых, анализирующих экономический эффект от внедрения роботов-доярков. Следует отметить, что такие исследования носят эмпирический, прикладной характер, и отражают ситуацию на конкретной ферме, в конкретной местности, в конкретный период времени.

Так, например, Сельскохозяйственный Университет штата Миннесота проводит постоянный мониторинг производственно-экономических данных молочно-товарных ферм, расположенных в регионе. Высокий уровень молочной продуктивности по молочному стаду в стране и штате, его выравненный характер по фермам, позволили отказаться от оценки показателя «удой на корову» и в качестве определяющего рассматривать показатель «среднесуточный надой на робота дояра». Тремблей в своей работе в 2016 году по результатам обследования 635 роботизированных ферм в США указал, что среднесуточный надой на робота-дояра составил 3579 фунтов (1623 кг) [12]. В свою очередь Сиверт в 2018 году после проведенного обследования 47 ферм в штатах Миннесота и Висконсин указывает, что среднесуточный надой на робота-дояра увеличился на 500 фунтов и достиг 4011 фунтов (1819 кг) [13]. И наконец, в 2019 году опубликованные данные указывают,

что среднесуточный надой на работа дояра в 49 хозяйствах Миннесоты и Висконсина, где проводилось обследование, составил 5005 фунтов (2270 кг) [14]. Обобщенная нами информация представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Экономические показатели роботов-дояров в пересчете на корову и нагрузку на 1-го работника (FTE)

Показатели	Доильные залы	Роботы-дояры	
	Средние показатели	Средние показатели	Лучшие по производительности труда, 40%
Продуктивность коров в год, т	10,5	11,2	10,8
Надой на 1-го работника (FTE), т	726	1114	1164
Затраты на корма, дол/ц	17	16	15
Цена реализации молока, \$/ц	34,6	33,8	35,2
Человечно-ч. на корову в год	40,4	27,1	26,0

Показатель FTE – эквивалент полной занятости, фактически затраченное время, деленное на время при полной занятости. Например, если рабочая неделя при полной занятости составляет 40 часов, а фактически затраченное время равно 40 часам, FTE = 1.

Согласно данным исследования, величина постоянных затрат в хозяйствах с роботами-доярами в целом выше, чем в традиционных доильных залах (Таблица 3).

Таблица 3 – Общехозяйственные затраты роботизированных ферм в штате Миннесота

Статьи затрат	На голову			На 1 ц молока		
	Д. зал	Роботы-дояры		Д. зал	Роботы-дояры	
	Среднее	Среднее	Лучшие 40%	Среднее	Среднее	Лучшие 40%
% по займам	\$98	\$205	\$166	\$0.43	\$0.83	\$0.70
Амортизация	\$175	\$359	\$278	\$0.75	\$1.46	\$1.16
Наемные работники	\$376	\$193	\$207	\$1.62	\$0.78	\$0.86
Оплата труда, всего	\$598	\$405	\$414	\$2.57	\$1.65	\$1.73

Однако в структуре затрат общий фонд оплаты труда в лучших 40% роботизированных хозяйствах ниже на \$184 в пересчете на голову или \$0,84 на 1 ц молока. Представленные данные по роботизированным хозяйствам США в целом коррелируют с данными Российских хозяйств, в частности по производительности роботов-дояров, производительности труда, повышению цены на молоко благодаря улучшению его качества (Таблица 4).

Таблица 4 – Изменение доходности на голову в зависимости от категории хозяйства в штате Миннесота

Способ доения	Худшие 20%	20-40%	40-60%	60-80%	Лучшие 20%
Доходность на голову по категориям хозяйств					
Роботы, \$/гол	-\$915	-\$260	\$156	\$495	\$798
Доильные залы, \$/гол	-\$650	-\$99	\$187	\$428	\$892
Разница	-\$265	-\$161	-\$31	\$67	-\$94

Группировка хозяйств по чистой доходности хозяйств, роботизированных и с доильными залами показывает, что в роботизированных хозяйствах с уровнем

доходности выше среднего (60-80%) прибыль выше на \$67 на голову, чем в хозяйствах с доильными залами.

Исследование показывает значительную вариацию в доходности «худших» и «лучших» хозяйств как роботизированных, так и с доильными залами: \$1723 на 1 корову и \$1542, соответственно, что свидетельствует о существенном влиянии субъективных факторов, качества управления на ферме, полноты использования новых технологических возможностей.

В настоящее время предметных исследований проблем управления роботизированными системами доения крайне мало. Пути повышения качества управления роботизированными системами в молочном животноводстве, как в России, так и за рубежом, определяются эмпирически, «методом проб и ошибок», на основе опыта руководителей и фермеров, адаптацией традиционных в отрасли методов управления.

Растет актуальность реализации возможностей роботизированных систем построить производственный процесс вокруг «коровы», а не вокруг «оператора». Традиционно, при планировании молочных комплексов с доильными залами, главный вопрос заключался в реализации эффекта масштаба, сокращении удельных постоянных издержек и повышении производительности труда. Организация процесса производства строилась таким образом, чтобы минимизировать время проведения отдельных технологических операций и гарантировать неукоснительное соблюдение рутин, снизить до минимума сопутствующие риски невыполнения планов и производственных задач. Управление стадом осуществлялось на основе средних данных по сформированным группам, индивидуальные особенности коров учитывались лишь при обнаружении патологий.

Роботизированная ферма – это логическое объединение двух групп факторов. К первой группе факторов относятся технические и информационные: собственно, роботы, программное обеспечение, установленные сенсоры на животных и оборудовании, программы управления оборудованием и стадом. Ко второй – физиологические требования и индивидуальные особенности коров. Организация технологии и мест обитания коровы в соответствии с физиологическими особенностями и поведенческими требованиями животных стимулирует животных регулярно, самостоятельно и добровольно приходить к месту доения, кормления и отдыха. Соответствие технологий физиологическим потребностям коровы, а не распорядку рабочего дня персонала, минимальное вмешательство работников в технологический процесс, исключают отрицательное влияние человеческого фактора на производственные результаты, гарантирует безопасность продукции, снижает стрессы у животных. Выполнение повседневной работы «делегируется» роботу-доюру и системам автоматизации. Это принципиально новая парадигма в технологии и управлении молочной фермой, так как роботизированная система заменяет человека в проведении ежедневных рутин доильным роботом и «инфраструктурной» автоматизацией: сортировочные ворота, станции кормления, системы навозоудаления и т.д. (Таблица 5).



1932
90 ЛЕТ
2022

ФГБОУ ДПО Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса
Цифровые технологии в подготовке кадров АПК как ключевой
фактор повышения его эффективности

1992
30 ЛЕТ
2022



Таблица 5 – Отказ от применения ручного труда при выполнении ежедневной работы на роботизированных комплексах

Выполняемая работа		Дольныйзал	Роботизированная система доения	
Выполнение операции		Кратность/затрачиваемое время оператором	Выполнение операции	Кратность/затрачиваемое время животными
Подгон животных к месту доения	Человек	2 раза в день по 30-40 минут	Животные передвигаются самостоятельно, движение контролируется с помощью системы умных ворот	2-5 раз в день
Доение	Человек	2 раза в день, от 1 до 5 часов в зависимости от поголовья		От 2 до 5 раз, в среднем 7-10 минут, с учетом ожидания максимум 30 минут
Кормление основным кормом	Механизатор	1-2 раза в день	Робот кормораздатчик	4-5 раз в день, с программируемыми интервалами
Подталкивание кормов	Механизатор	2-3 раза в день	«Робот – пушер», подталкиватель кормов	4-5 раз в день, с программируемой частотой

Планирование выполняемых работ вокруг коровы начинается с момента планирования роботизированного комплекса. Результаты проведенного в Австралии исследования и анализа роботизированной фермы в 2020 году представлены в таблице 6 (Таблица 6).

Таблица 6 – Средняя производительность робота-дояра за сутки

№ робота - дояра	Общее число доений/сутки	Общее время доения (ч:мин)	% простоя	Время на промывку робота (ч:мин)	Надой на робота, кг/сутки	Средний надой за одно посещение, кг	Кратность доения
Робот №1	119	13:41	25.2	01:44	1820	15.3	2.3
Робот №2	102	12:56	30.0	01:16	1590	15.5	2.1
Робот №3	107	14:01	29.2	01:16	1618	15.1	2.0
Робот №4	128	15:04	23.4	01:11	1895	14.8	2.2

В хозяйстве в 2015 году были установлены четыре робота-дояра. В 2021 году в производственный процесс внедряются еще три робота-дояра. Пространство фермы разделено на секции, коровам обеспечен свободный подход к двум из четырех роботов-дояров.

Анализ производственного процесса показал, что время простоя роботов №2 и №3 суммарно на 12% выше, чем время простоя других двух роботов. Оценивая разницу в производственной эффективности, можно констатировать «недополучение» среднесуточного молока в объеме 507 кг (сумма, надоев на робота 1 и 4 в сутки минус сумма, надоев на робота 2 и 3 в сутки). Средний надой за посещение на данной роботизированной ферме составляет 15,2 литра, кратность доения в сутки - 2,2 раза, среднесуточный надой на корову - 33 кг/гол. Разделив 507 килограммов недополученного молока на 33 кг/сутки получим потенциальное увеличение поголовья на 15 коров или увеличение годового надоя $\sum Y = 15 \text{ гол} \times 33 \text{ кг/сутки} \times 305 \text{ дней лактации} = 154,6 \text{ т}$ молока, которое может быть достигнуто на ферме без увеличения инвестиционных и постоянных затрат.

Если привести данные Австралийской фермы к Российским условиям, то при цене реализации молока сорта «Элита» в 25 рублей/кг это даст дополнительной выручки в сумме $\sum B = 154,6 \text{ кг} \times 25 \text{ тыс. руб/т} = 3,9 \text{ млн. рублей}$ выручки в год. При соотношении постоянных и переменных затрат на ферме как 30/70, дополнительную прибыль при сохранении существующей системы кормления, обеспечения производственных процессов и управления, можно оценить в 1,2 млн. рублей. Одной из причин значимой вариации доходности роботизированных ферм (таблица 4) («худшие 20%» -\$915 и «лучшие 20%» +\$798 долларов) является «недоиспользование» потенциала роботизированных систем доения по причине ошибок в технологическом планировании, несоответствия отдельных элементов планировки комплекса «поведенческим» требованиям животных.

Продуктивное долголетие коров, измеряемое в российском животноводстве показателем «продуктивное хозяйственное использование животных» (ПХИ) в годах или лактациях, занимает особое место в оценке экономической эффективности производства молока, производственно-хозяйственной деятельности молочных ферм и комплексов. До недавнего времени этому показателю не придавали особого значения, отдавая приоритет вопросам молочной продуктивности животных и улучшению генетического продуктивного потенциала стада. Например, в Ленинградской области, молочная продуктивность коров самая высокая в стране и продолжает динамично расти: в 2015 году она составила 7965 кг на корову, в 2016 году - 8181 кг, в 2020 превысила 9000 кг. При этом средняя продуктивность коров в Российской Федерации составляла в 2016 году 6000 кг на корову в год [15].

Однако в большинстве хозяйств рост молочной продуктивности животных сопровождается существенным снижением продуктивного долголетия коров в лактациях. Так, детальный анализ показателей молочного стада хозяйств Ленинградской области, проведенный «РЦ Плино» по выбывшим из стада животным, показал, что с ростом продуктивности коров с 4010 кг в 2000 году до 6924 кг в 2008 году (по 1й лактации), срок продуктивного использования коров снизился с 4,06 до 3,20 лактации, то есть на 24,5% [16].

Исследование влияния продуктивного долголетия коров на экономическую эффективность производства молока проводилось на основе данных 20 хозяйств Австралии в 2016 году. Анализ оценки затрат и результатов продуктивного долголетия коров на фермах проводился на базе данных из программ управления фермой, интегрированных с доильным оборудованием. Из базы данных 20 хозяйств, расположенных в различных штатах Австралии, была проведена выборка данных по всем коровам за период 5 лактаций. Анализировались следующие показатели по молочному стаду: поголовье, средний день доения, надой на средний день доения, срок первого осеменения, средняя продолжительность сервис-периода, межотельный интервал, возраст первого отела в годах, возраст коров на начало лактации, общий надой за 305 дней лактации, средний надой за жизнь коровы. За основу расчетов экономической эффективности были приняты средняя общая стоимость содержания коровы на ферме в день и средняя цена реализации 1 килограмма молока в течение года (Таблица 7).



1932
90 ЛЕТ
2022

ФГБОУ ДПО Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса
Цифровые технологии в подготовке кадров АПК как ключевой
фактор повышения его эффективности

1992
30 ЛЕТ
2022



Таблица 7 – Зависимость производственных показателей и маржинальности от продуктивного долголетия коров в хозяйствах Австралии

Показатель	В среднем по фермам	Лучшие, 10%	Худшие, 20%	Средние, 70%
	По продуктивному долголетию			
Поголовье дойных коров, гол.	437	354	506	779
Средний день досения на момент сбора данных, дн.	214	191	145	90
Среднесуточный надой, кг	24.5	40.8	29.7	33.1
Период 1-го осеменения после отела, дн.	94	61	103	107
Сервис-период, дн.	150	111	130	165
Межотельный интервал, дн.	427	393	413	448
Структура стада в лактациях, %				
лактация 1	33.7	35.8	31.4	36.1
лактация 2	23.4	23.1	27.6	19.7
лактация 3	19.9	18.6	20.9	18.3
лактация 4	13.4	14.1	10.4	18.9
лактация 5	9.2	8.1	9.4	6.8
Возраст первого отела, лет	2.1	1.9	2.3	2.4
лактация 1	2.1	1.90	2.3	2.4
лактация 2	3.5	3.2	3.5	3.8
лактация 3	4.9	4.4	4.8	5.2
лактация 4	6.3	5.7	6.1	6.6
лактация 5	7.6	7.0	7.4	8
Надой на 1 корову за 305 дней, кг	8106	12444	9058	10095
Общий надой за жизнь коровы	40530	62220	45290	50475
Средний надой за год жизни коровы с момента рождения до завершения 5 лактации, кг	4713	7778	5392	5608
Возраст коров в днях по 5-й лактации, дн.	2774	2555	2701	2902
Средний надой на день жизни коровы по 5-й лактации, кг	14.6	24.3	16.7	17.3
Средняя выручка от реализации молока в расчете на день жизни коровы, \$AUD/день (при цене 0.4 \$AUD/литр)	5.84	9.72	6.68	6.92
Среднесуточная стоимость содержания коровы на ферме, \$AUD/день	3	3	3	3
Валовый доход на корову на день жизни, \$AUD/день (за минусом переменных затрат)	2.84	6.72	3.68	3.92

Задачей данного исследования являлось определение значимости продуктивного долголетия коров на экономические результаты молочной фермы.

Данные представленные в таблице 7 подтверждают выводы американских ученых, полученные при обследовании ферм штата Висконсин (Таблица 4), и коррелируют с результатами, полученными в 2011 году при анализе продуктивного долголетия коров в хозяйствах Ленинградской области. В «лучших» исследованных хозяйствах в Австралии коровы в возрасте 7,4 лет заканчивают 5-ю лактацию, в то время как в «худших» завершение 5-й лактации приходится на коров в возрасте 8.5 лет, что свидетельствует о значительной разнице качества управления воспроизводством стада, т.к. хозяйства из группы «лучшие» могут получить еще одну лактацию при том же возрасте коров, соответственно, до 15% увеличить производство молока при тех же постоянных затратах.



1932
90 ЛЕТ
2022

ФГБОУ ДПО Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса
Цифровые технологии в подготовке кадров АПК как ключевой
фактор повышения его эффективности

1992
30 ЛЕТ
2022



Важнейшее преимущество роботов-дойаров, которое пока недостаточно реализуется в молочном животноводстве, связано с возможностью повышения качества принимаемых решений в целом по ферме. Так, по данным IFCN (Международная сеть сравнительного анализа молочных фермерских хозяйств), 56% опрошенных по всему миру в сентябре 2018 года экспертов отрасли связывают наибольшие эффекты для молочного животноводства от внедрения технологий «Больших данных» с ростом объективности и прозрачности принимаемых решений [17]. Фактически это означает, что благодаря программному обеспечению и его связи с доильной роботизированной системой данные, поступающие на компьютер специалиста, становятся источником информации для принятия решения, как по молочному стаду, так и в целом по ферме, молочному комплексу [18]. Существенным здесь является то, что выполнение принятого решения «делегировается» роботу-дойару исключая физическое взаимодействие человека и животного, минимизируя влияние «человеческого фактора».

Резюмируя выше-описанное можно сделать вывод, что при расчете экономической эффективности роботизированных систем доения рассматривается три основных фактора: 1) качество принимаемых решений и делегирование их исполнение роботу-дойару; 2) повышение технологической дисциплины, исключение человека из ряда ежедневных рутин, связанных с физическим взаимодействием с животными; 3) технологические решения, заложенные в роботизированных системах доения, связанные с процессом доения, максимально приближены к естественному процессу. Робот-дойар соблюдает все требования к процессу доения, включая обработку сосков вымени перед и после доения, доение по четвертям вымени, гарантированно обеспечивая наивысшее качество молока и сохраняя здоровье высокопродуктивных коров.

Доильный робот обеспечивает информацией принятие индивидуальных решений по каждой корове в стаде, автоматически регулирует интервалы и кратность доения, исключает доение одной или нескольких долей вымени в случае патологий, автоматически сортирует животных для проведения зоотехнических и ветеринарных мероприятий, реализует индивидуальную корректировку количества потребляемых животными концентрированных кормов в рационах. Проблемы с болезнями вымени могут быть выявлены благодаря включению в систему роботизированного доения и приборов для автоматического определения индекса выявления мастита (MDI).

Для ускорения процесса роботизации молочного животноводства, повышения эффективности освоения в хозяйствах доильных роботов целесообразным было бы создание региональных центров по сбору и анализу данных доения с компьютеризированных систем молочно-товарных ферм, их обработка с применением алгоритмов искусственного интеллекта и обучения машин, изучению и описанию успешных практик управления роботизированными молочными комплексами [19].

В Республике Татарстан уже не один год идёт активное внедрение интеллектуальных систем в управление и организацию производственных процессов молочного скотоводства, в котором уже работают 115 роботов дояров. Сабинский



1932
90 ЛЕТ
2022

ФГБОУ ДПО Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса
Цифровые технологии в подготовке кадров АПК как ключевой
фактор повышения его эффективности

1992
30 ЛЕТ
2022



район республики в настоящее время запустил в эксплуатацию на базе ООО «ПМК» первую очередь молочного комплекса для содержания 3000 молочных коров. В комплексе работают 44 робота дояра. При завершении ввода в эксплуатацию второй очереди, будут работать ещё дополнительно 40 роботов дояров. Внедрение интеллектуальных систем в республике доказало актуальность перехода с ручного труда на автоматизированные системы управления.

Создание новых специализированных программных приложений в свою очередь будет способствовать качественным изменениям ситуации в молочном производстве, улучшит показатели качества товарного молока, повысит продуктивное долголетие животных, ускорит улучшение генетики стада, создаст условия увеличения поголовья коров, сохранению занятости, созданию новых компьютеризированных рабочих мест, привлечению молодых специалистов в сельское хозяйство.

Литература

1. Научно-практические основы производства растениеводческой органической продукции / С.Л. Алексеев, В.А. Гогин, Р. Х. Зарипов [и др.]. – Казань: Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса, 2022. – 172 с.

2. Шарипов, С.А. Цифровизация аграрного производства как фактор развития местного самоуправления и земельных отношений / С.А. Шарипов, Г.А. Харисов, С.Л. Алексеев // Цифровизация отраслей АПК и аграрного образования: Материалы III Международной научно-практической конференции, Москва, 20 января 2022 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования "Российская академия кадрового обеспечения агропромышленного комплекса", 2022. – С. 277-285.

3. Научно-практические основы ведения и сертификации органического сельскохозяйственного производства / С.Л. Алексеев, В.А. Гогин, Д.Д. Шарипов [и др.]. – Казань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса», 2022. – 204 с.

4. Биохимические показатели крови телочек в молочный период при использовании антиоксиданта / В.Н. Шилов, Р.З. Хабибуллин, О.В. Семина, Р.М. Ахмадуллин // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2019. – Т. 240. – № 4. – С. 209-213.

5. Якушкин, Н.М. Роль дополнительного профессионального образования в инновационном развитии АПК / Н.М. Якушкин, Э.Б. Хафизова, В.Н. Фомин // Качество высшего и профессионального образования в постиндустриальную эпоху: сущность, обеспечение, проблемы

: материалы 10-й Международной научно-практической конференции: в 2х частях, Казань, 12 мая 2016 года. Том Часть 2. – Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2016. – С. 273-278.

6. Kamphuis, C., B. Dela Rue, S. A. Turner, and S. F. Petch.: Devices used by automated milking systems are similarly accurate in estimating milk yield and in collecting a

representative milk sample compared with devices used by farms with conventional milk recording. *Journal of Dairy Science* 98(5), 3541-3557 (2015).

7. Yurevich E.I.: *Fundamentals of robotics. Fundamentals of Robotics. Textbook for technical colleges.* Leningrad (1985).

8. Rutten, C. J., A. G. J. Velthuis, W. Steeneveld, and H. Hogeveen.: Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *Journal of Dairy Science* 96(4), 1928-1952 (2013).

9. Миннебаев, Д.Ф. Первые итоги создания органического животноводства в Республике Татарстан: оздоровление дойного стада в летний период путем организации выпасов / Д.Ф. Миннебаев, Р.Х. Зарипов // Наука, технологии, кадры - основы достижений прорывных результатов в АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Казань, 26–27 мая 2021 года. Том Выпуск XV. Часть 1. – Казань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса», 2021. – С. 278-287.

10. Schwanke, A. J., K. M. Dancy, T. Didry, G. B. Penner, and T. J. DeVries.: Effects of concentrate location on the behavior and production of dairy cows milked in a free-traffic automated milking system. *Journal of Dairy Science* 102(11), 9827-9841 (2019).

11. Kolbach, R., K. L. Kerrisk, S. C. Garcia, and N. K. Dhand.: Effects of bail activation sequence and feed availability on cow traffic and milk harvesting capacity in a robotic rotary dairy. *Journal of Dairy Science* 96(4), 2137-2146 (2013).

12. Marlène Tremblay, Justin P. Hess, Brock M. Christenson, Kolby K. McIntyre, Ben Sminck, Arjen J. van der Kamp, Lisanne G. de Jong Dörte Döpfer.: Customized recommendations for production management clusters of North American automatic milking systems. *Journal of Dairy Science* 99 (7), 5671-5680 (2016).

13. Justin M. Siewert James A. Salfer† Marcia I. Endres.: Factors associated with productivity on automatic milking system dairy farms in the Upper Midwest United States, *Journal of Dairy Science* 101 (9), 8327-8334 (2018).

14. Schwanke, A. J., K. M. Dancy, T. Didry, G. B. Penner, and T. J. DeVries.: Effects of concentrate location on the behavior and production of dairy cows milked in a free-traffic automated milking system. *Journal of Dairy Science* 102(11), 9827-9841 (2019).

15. Surovtsev V.N., Nikulina Yu.N.: Efficiency of voluntary milking systems implementation. *Dairy and beef cattle breeding* 8, 3-7 (2018). (In Russian).

16. Tyurenkova E.N.: Influence of various factors on the economic efficiency of dairy farming. *Guidelines.* St. Petersburg (2008.).

17. How will big data change dairy farming and the supply chain in the future? https://ifcndairy.org/wp-content/uploads/2018/09/Outcome-paper_EN_-16th-IFCNSupporter-Conference.pdf, last accessed 2021/01/21.

18. Esmail Ebrahimi, Faezeh Ebrahimi, Mansour Ebrahimi, Sarah Tomlinson and Kiro R Petrovski.: A large-scale study of indicators of sub-clinical mastitis in dairy cattle by attribute weighting analysis of milk composition features: highlighting the predictive power of lactose and electrical conductivity. *Journal of Dairy Research* 85, 193–200 (2018).



1932
90 ЛЕТ
2022

ФГБОУ ДПО Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса
*Цифровые технологии в подготовке кадров АПК как ключевой
фактор повышения его эффективности*

1992
30 ЛЕТ
2022



19. Шарипов, С.А. Методические подходы формирования кадров АПК, владеющих профессиональной компетентностью и стратегическим мышлением / С.А. Шарипов // Продовольственная безопасность: проблемы и пути решения: Сборник статей по материалам XVI Международной научно-практической конференции, Краснодар, 03–05 июня 2021 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2021.
