

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.192-199>
УДК 636: 004.8



Технологические аспекты создания «умной» молочной фермы*

© 2019. Ю.А. Цой, Р.А. Баишева

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

Авторами статьи дано понятие «умная» ферма как инструмент поддержки принятия решений, приведены необходимые условия ее функционирования. Целью исследования данной работы является разработка концепции создания «умной» молочной фермы с привлечением современного системного подхода и интеллектуальных технологий биомашинистем. Рассмотрены условия, влияющие на функционирование «умной» молочной фермы по В.П. Горячкину, П.К. Анохину, Я. Гулсен. Представлена структура управления на молочной ферме в виде расширенной эргатической системы. Сформулированы задачи, связанные с неопределенностью субъективного характера (отсутствие достаточной информации) на молочной ферме и приведены пути решения данной проблемы. Обозначены приоритетные направления и разработки для создания «умной» молочной фермы, обеспечивающие снижение трудоемкости процессов на ферме, повышение продуктивного долголетия коров в 2-2,5 раза. Предложен метод оптимизации процессов кормления на ферме, который позволит в 1,5-2 раза повысить усвояемость по сравнению с традиционными технологиями. Представлен бесконтактный аппаратно-программный комплекс видеоцифровой идентификации заболеваний вымени и суставов у коров, позволяющий снизить процент заболеваемости коров маститом.

Ключевые слова: категорная теория систем, эргатическая система, неопределенность информации, аппаратно-программный комплекс, система управления

Для цитирования: Цой Ю.А., Баишева Р.А. Технологические аспекты создания «умной» молочной фермы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):192-199. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.192-199>.

Благодарности: Исследования выполнены в рамках государственного задания (тема НИР №0581-2019-0009).

Technological aspects of smart dairy farm development

© 2019. Yuri A. Tsoy, Ravza A. Baisheva

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

The article introduces the concept of «smart» farm as a tool for decision making support and provides the requirements necessary for its functioning. The aim of the research is the development of the concept of “smart” farm using modern system approach and intellectual technologies of biomachine systems. The conditions influencing the “smart” dairy farm operation according to V.P. Goryachkin, P.K. Anokhin and YA. Gulsen are outlined. The structure of management on a dairy farm in the form of the expanded ergatic system is presented. The problems associated with the uncertainty of subjective nature (lack of sufficient information) on the dairy farm are formulated and the ways of solving these problems are given. The priority areas and projects for the development of a «smart» dairy farm are outlined. They should provide reduction in labor intensity of all operations on a farm and 2-2.5 times increase in productive longevity of cows. The technology of optimization of feeding processes on the farm leading to 1.5-2 times rise in digestibility as compared to traditional methods is introduced. A non-contact hardware and software complex of video and digital identification of udder and joint diseases in cows is shown. It should lead to decrease in mastitis disease rate in cows.

Key words: category systems theory, ergatic system, uncertainty of information, hardware and software complex, management system

For citation: Tsoy Y.A., Baisheva R.A. Technological aspects of smart dairy farm development. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):192-199. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.192-199>.

Молочная отрасль среди других отраслей сельского хозяйства наиболее социально значима для укрепления и развития сельских территорий во всех регионах.

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 [1, 2, 3, 4], 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.

*Опубликована по материалам доклада на Международной научной конференции «Энергосберегающие агротехнологии и техника для северного земледелия и животноводства» (г. Киров, 2018 г.).

Исходя из сформированного определения «умной» фермы необходимыми условиями для ее функционирования должно быть следующее:

- информатизация всех процессов, производимых на ферме с использованием элементов BigData;
- минимизация неопределенностей, в т. ч. и влияния «человеческого» фактора;
- максимальный учет природно-климатических и социально-экономических особенностей региона;
- наличие подготовленных кадров.

Разработка и освоение новых автоматизированных и роботизированных технических средств в сочетании с модернизацией и цифровизацией существующей системы машин позволит оптимизировать затраты и сократить сроки реализации проекта, создаст потенциальные условия для расширения масштабов применения цифровых технологий в молочной отрасли.

Цель исследования – разработка концепции создания «умной» молочной фермы, для чего привлекается современный системный подход и интеллектуальные технологии биомашсистем.

Материал и методы. Как объект анализа, ферма по своей структуре представляет собой эргатическую человеко-машинную систему, дополненную третьим элементом – животным, точнее, расширенную эргатическую систему по Ю.А. Цою [5], являющуюся частным случаем общих биомашсистем.

Для осуществления процесса получения продукции на ферме по В.П. Горячкину¹ необходимым условием являются источник энергии – корм, приемник энергии – животное и аккумулятор энергии – молоко, мясо и др.

К этому необходимо добавить достаточное условие – наличие потребителя, оплачивающего продукцию, создавая обеспечивающую доходность фермы прибыль или по П.К. Анохину [6] системообразующий фактор, который, как и в биомашсистемах, организует компоненты системы в направлении достижения результата и фактически формирует целостную систему.

Рассматриваемая четырехзвенная система функционирует в конкурентной среде, где имеются и другие производители. В этих

условиях главной целью управления фермой является обеспечение ее доходности, что является ключевым и системообразующим фактором для ее устойчивого развития. По оценке Минсельхоза РФ², использование цифровых технологий в АПК за счет точечной оптимизации затрат и более эффективного распределения средств позволит повысить рентабельность производства, в том числе снизить расходы почти на четверть.

По J. Hulsen [7], известному в Западной Европе менеджеру по молочным фермам, жизнедеятельность и продуктивность коров зависит от 7 факторов: корм – вода, свет – воздух, здоровье, отдых – спокойствие. К этим факторам нужно добавить доение, которое в результате воздействия человека эволюционировало в условно приобретенный рефлекс. Обеспечение необходимых и достаточных условий производства и управления перечисленными факторами и составляет суть подсистемы управления молочной фермой как расширенной эргатической системой или биомашсистемой.

Исходя из доходности фермы и факторов ее определяющих, структура молочной фермы, как расширенной эргатической системы, может быть представлена в следующем виде (рис. 1). Из схемы видно, что задачи управления носят многоплановый характер, начиная от управления отдельными машинами и процессами и задачами по принятию решений в условиях волатильности факторов, определяющих как продуктовый, так и инфраструктурный рынок.

Согласно ранее упомянутой трехзвенной интерпретации процесса по В.П. Горячкину¹ определяющими блоками системы управления будут: система кормления («источник энергии»); воспроизводство стада или система управления стадом («приемник энергии»); доение, как блок, регистрирующий конечные результаты. По прогнозу зарубежных ученых [4] в перспективе части управления эпигеном и микробиомом на ферме, стада будут рассматриваться как суперорганизмы, а исследование стад как наблюдательных единиц приведет к управлению скотом разного возраста и этапов производства. Существует целый ряд алгоритмов и программ по оптимизации рационов кормления, некоторые из них входят в систему управления стадом.

¹Горячкин В. П. Собрание сочинений. Т. IV. М.: Сельхозгиз, 1940. С. 285-315.

²Оленина Е. Земледельцы доверились «цифре». Вестник агропромышленного комплекса. 2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vestnikaprk.ru/articles/aktualno/zemledeltsy-doverilis-tsifre/>.

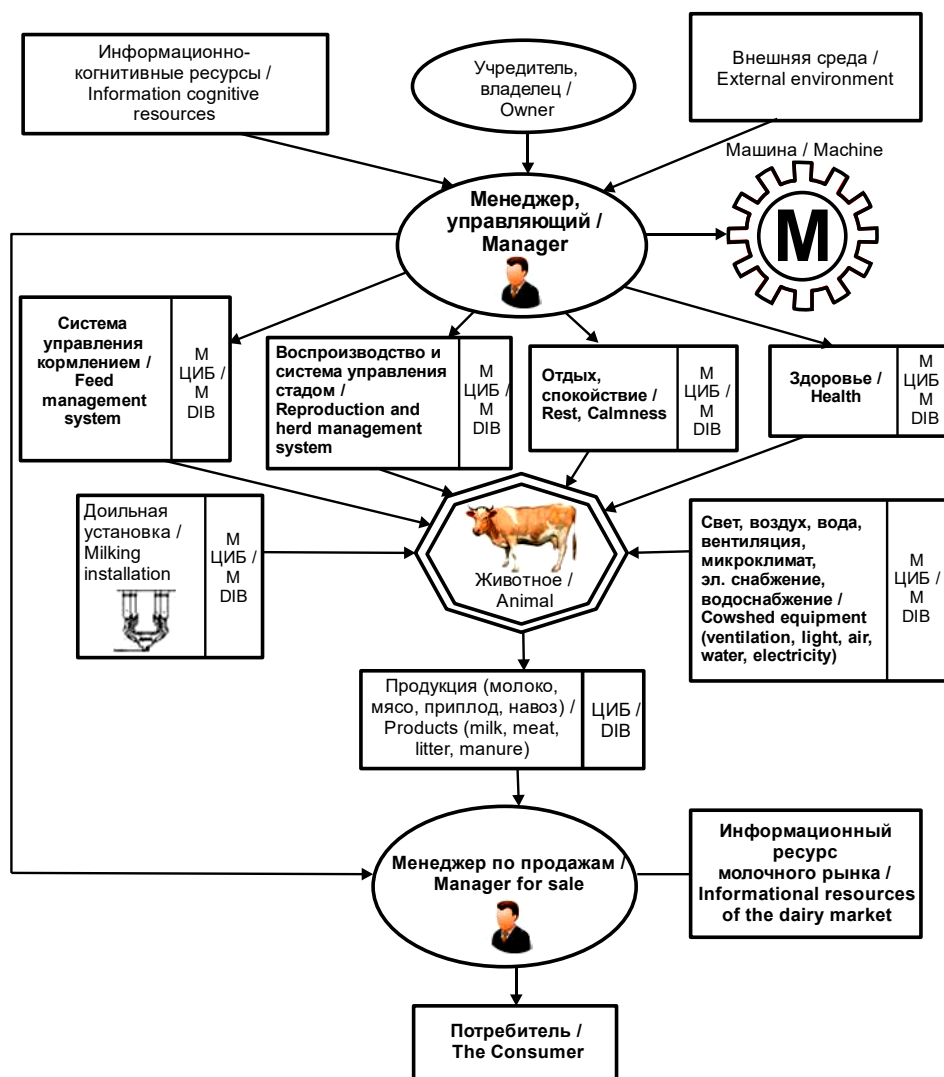


Рис. 1. Структура молочной фермы как расширенной эргатической системы: М – выполнение процесса машиной; ЦИБ – цифровой информационный блок

Fig. 1. The structure of a dairy farm as an extended ergatic system: М – mechanized process; DIB – digital information block

В соответствии с программой «Цифровая экономика Российской Федерации»³ представление «данных в цифровой форме является ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности».

Каждый фактор, определяющий жизнедеятельность и функционирование фермы, как расширенной эргатической системы «человек-машина-животное», представлен в виде отдельного блока, содержащего в том или ином виде (датчик, техническое устройство и т.д.) цифровой информационный блок (ЦИБ), соединенный информационными каналами с ПК лица, принимающего решения (ЛПР). Оснащение этими блоками (ЦИБ) является первоочередной задачей.

База данных формируется в виде функциональных файлов по каждому из основных факторов. Соответственно по каждому из них, в зависимости от задач анализа, разрабатываются комплекс алгоритмов и программное обеспечение, а также выходные формы. Результаты анализа полученных данных дают основание для принятия решения [8].

В общем случае все материальные потоки (корм, молоко, навоз, вода, ГСМ и т.д.) должны быть измерены, и информация доведена до сведения менеджера для анализа и принятия решения. Анализ существующих технологических решений и системы машин показывает их несоответствие этим требованиям.

³Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная Правительством РФ от 28.07.2017 г. № 1632-р, <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>

Однако большая часть из них может быть адаптирована к цифровым технологиям путем их модернизации, что позволит существенно сократить затраты и сроки реализации проекта и системы машин.

Отличительной особенностью систем управления большинства ферм России является следующее:

- два звена в верхнем эшелоне управления: непосредственно управляющий менеджер на ферме и владелец или учредитель предприятия;

- наличие информационной и ситуационной неопределенности и многоплановый характер задач управления.

Необходимость учесть в какой-то степени неопределенности позволит упорядочить и облегчить переход к практической реализации рассматриваемых вопросов.

К «белой» ситуации, когда неопределенность информации $H_{\text{н}} = 0$, можно отнести технологические процессы, полностью обеспеченные соответствующими датчиками входных сигналов и параметрами функционирования процесса. Например, при наличии датчиков освещенности может быть полностью автоматизировано управление освещением в зависимости от половозрастных групп животных и уровня естественной освещенности.

Задачи, связанные с неопределенностью субъективного характера:

- отсутствие достаточной информации или, как указано в работе [9], гносеологическая неопределенность. Например, большинство ферм не оснащены датчиками освещенности, скорости движения воздуха, содержания углекислого газа, аммиака, температуры воздуха. Это не позволяет управлять микроклиматом и освещенностью. В принципе этот класс неопределенности может быть удален за счет установки соответствующих датчиков. В этом случае управление этими процессами может быть реализовано в виде автоматических систем;

- задачи управления, связанные с частичной неопределенностью объективного характера ($H_{\text{н}} > 20\%$). Применительно к ферме это природно-климатические условия и катаклизмы, которые могут повлиять на количество и качество заготавливаемого корма, кризисные явления – на стоимость энергии и ГСМ, цены на продукцию. К этому же классу относится неопределенность, вызванная зависимостью от действия других субъектов управления (смена владельца, учредителей, партнеров и др.), а также «человеческим» фактором исполнителей;

- управление в условиях неопределенности, вызванной нечеткостью «... целей, ограничений, при которых последствия возможных действий неизвестны ...» ($H_{\text{н}} = 100\%$). При проектировании эргатических человеко-машинных систем необходимо, по мнению Л. Заде [10], основоположника теории нечетких множеств, учитывать то, что «... элементами мышления человека являются не числа, а элементы некоторых нечетких множеств, для которых переход от «принадлежности к классу» к непринадлежности не скачкообразен, а непрерывен...» [10, с 15].

Перечисленные неопределенности, возникающие в процессе управления, и их характер не позволяют к тому же использовать существующие классические методы оптимального управления. Тем не менее, выход имеется и состоит в использовании новых современных подходов в теории систем и искусственном интеллекте, что предусмотрено настоящей концепцией.

Результаты и их обсуждение. Правильность выбора изложенного общего тренда направленности построения «умной» молочной фермы, затрагивающего наиболее существенное в повышении продуктивности, а именно построение и поддержание подсистемы управления, иллюстрируется следующими практическими примерами влияния человеческого фактора и уровня управления на работу системы.

По данным В.М. Корнеева [11], по статистике из каждых четырех авиационных происшествий три приходятся на результаты ошибочных и недостаточно эффективных действий летного состава. Причем из года в год это соотношение не меняется.

Иллюстрацией являются также данные по работе молочных ферм в рамках одного из районов Ярославской области (рис. 2).

Из приведенных диаграмм видно, что при потенциально одинаковых информационных и когнитивных ресурсах, природно-климатических условиях наблюдается большой разброс как по урожаям, так и по рентабельности молочных ферм.

Обеспечение устойчивого развития любого производства возможно только на инновационной основе с постоянной нацеленностью на внедрение достижений научно-технического прогресса. Поэтому использование информационно-когнитивных ресурсов является обязательным условием для эффективного производства.

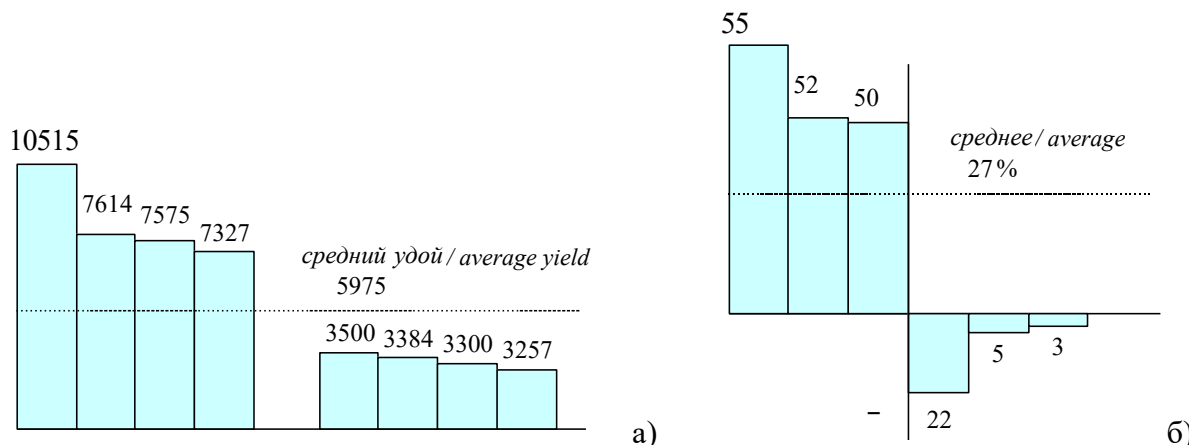


Рис. 2. Данные по работе молочных ферм в 2016 году по одному из районов Ярославской области: а) удой, кг/год; б) рентабельность хозяйства, %

Fig. 2. Data of dairy farm operation in Yaroslavl region in 2016: a) yield of milk, kg/year; b) farm profitability, %

Основным фактором формирования себестоимости молока являются корма, которые порой составляют 65% и более от общих затрат на молочно-товарных фермах. Стоимость машин и оборудования не превышает 15% от общих затрат, а зарплата обслуживающего персонала составляет около 13%.

В качестве приоритетных выделяются следующие направления и разработки, ряд из

которых получил обоснование в [12]:

1) создание автоматизированных средств для оценки количества, качества и состава кормов, начиная с уборки и хранения. Реализация этого направления позволит организовать уборку кормов в оптимальные сроки, корректировать рацион кормосмесей. Общая схема информатизации и оптимизации процессов кормления представлена на рисунке 3;



Рис. 3. Общая схема информатизации и оптимизации процессов кормления

Fig. 3. General scheme of informatization and optimization of feed process

2) разработка биокаталитической конверсии фуражного зерна путем высокоградиентного механического и ферментативного воздействия, что позволит превратить высокомолеку-

лярные соединения клетчатки, крахмала и других составляющих зерна в низкомолекулярные легкоусвояемые формы. Предлагаемый метод позволит в 1,5-2 раза повысить усвояемость

по сравнению с традиционными технологиями (дробление, плющение, экструдирование и др.);

3) роботизированные средства для приготовления и раздачи полнорационных кормосмесей с возможностью дозирования высокоэнергетических компонентов различным половозрастным группам животных;

4) автоматизированные доильные модули с почасовым выдаиванием и мониторингом качества молока для технического переоснащения функционирующих доильных залов;

5) автоматизированные доильные аппараты с АСУ ТП для линейных доильных установок с молокопроводом;

6) безхлорная технология и средства для нейтрализации (обеззараживания) биоматериалов с использованием нейтрального анолита с получением его из любой воды, что позволит обеспечить дезинфекцию и стерилиза-

цию оборудования, строений, транспорта, скотомогильников, высокоэффективных даже по сибирской язве и африканской чуме;

7) создание автоматизированной технологии и оборудования с использованием технического зрения для проведения бонитировочных работ с обработкой и предоставлением данных в электронном или бумажном виде;

8) разработка комплекта датчиков и программно-аппаратных средств для оценки физиологического состояния животных;

9) автоматизированный контроль качества молока в потоке на доильных установках (белок, жир, соматика);

10) технология и бесконтактный аппаратно-программный комплекс видеоцифровой идентификации заболеваний вымени и суставов у коров (рис. 4).

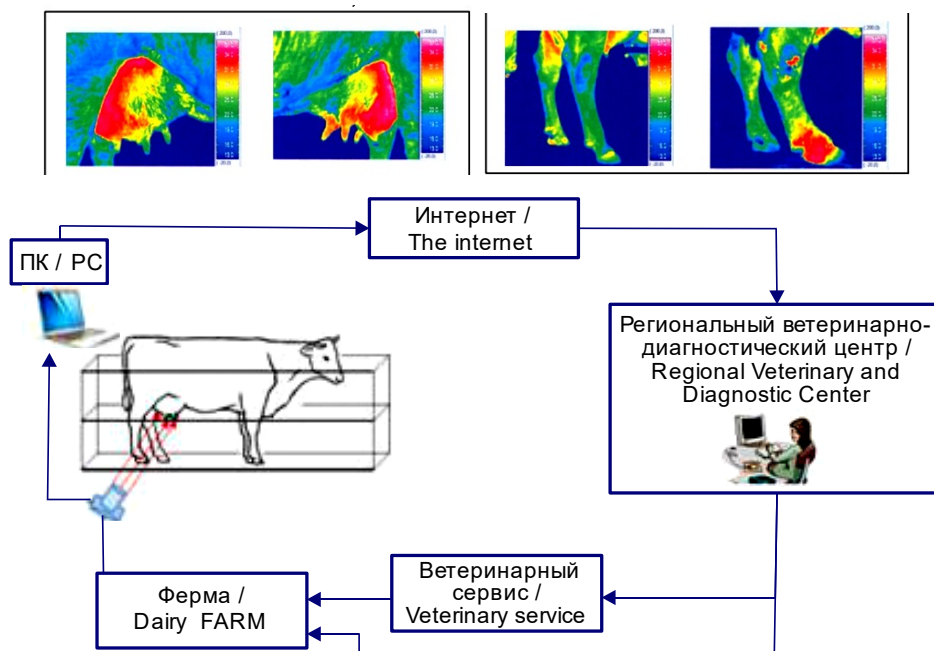


Рис. 4. Технология и бесконтактный аппаратно-программный комплекс видеоцифровой идентификации заболеваний вымени и суставов у коров

Fig. 4. Technology and noncontact hardware and software complex of video and digital identification of udder and hoof diseases in cow

Востребованность и эффективность практической реализации направлений обусловлена, в частности, тем, что за годы перестройки в хозяйствах по ряду причин образовался дефицит квалифицированных зоотехнических и ветеринарных кадров, особенно среднего звена. Например, из-за трудоемкости и отсутствия кадров, сегодня разрешено не проводить промеры при бонитировке скота для записи в племенных книгах. Все перечисленные направления предусматривают изме-

рение и получение необходимой информации в цифровом виде с идентификацией номера животного. Это позволяет при наличии интернета осуществлять централизованно сбор, обработку и интерпретацию цифрового материала в специальных региональных центрах, укомплектованных квалифицированными специалистами.

Одним из проблемных вопросов развития молочных ферм в стране является сокращение продуктивного долголетия коров, вследствие

чего отмечается негативная тенденция на сокращение поголовья коров в стране.

По данным Минсельхоза РФ⁴, в стране для обеспечения индикаторных показателей доктрины о продовольственной безопасности необходимо увеличить поголовье на 1 млн коров. Средняя продолжительность продуктивного долголетия составляет 2-3 года, при которой коэффициент воспроизводства составляет менее 1, т.е. не обеспечивается воспроизводство стада. Исследованиями доказано, что с ростом продуктивности сопровождается снижение продуктивного долголетия [13, 14]. Вместе с тем практика, многочисленные опыты и исследования показали, что пастьба животных увеличивает продуктивное долголетие в 2-2,5 раза [15]. В Голландии на законодательном уровне обязывают фермеров пасти животных в оздоровительных целях. В последние годы практическая реализация этого мероприятия столкнулась с трудно разрешимой социальной проблемой – нехваткой пастухов. В этой связи представляет большой интерес роботизация процесса пастьбы животных. Образцы подобных устройств созданы в Австралии, Голландии.

Выводы. Обеспечение необходимых и достаточных условий для производства и

управления факторами, определяющими жизнедеятельность и продуктивность животных, и составляют суть «умной» молочной фермы. По мнению специалистов, к этим факторам, в первую очередь, относятся полнорационное кормление и способ содержания коров. Перспективным считается скормливание заготовленных в хозяйствах кормов в виде полнорационных кормосмесей. Причем кормосмеси для получения максимальной отдачи должны быть сбалансированными по питательности в зависимости от продуктивности, сроков лактации, возраста животных и т.д. Также одним из важнейших факторов является обеспечение комфортного содержания животных с применением интеллектуальной системы мониторинга и управления микроклиматом. Концептуальную основу интеллектуальной техники для доения составляет создание таких автоматизированных исполнительных механизмов для доения, которые могут быть использованы как в составе новых доильных установок, так и для модернизации реально работающих установок в доильных залах и стойлах в молокопровод. Такой подход при существенно меньших затратах средств и времени переведет доение на более высокий цифровой уровень с использованием элементов интеллектуального управления.

Список литературы

1. Schönfeld V., Max & Heil, Reinhard & Bittner, Laura. (2018). Big Data on a Farm - Smart Farming. DOI: 10.1007/978-3-319-62461-7_12.
2. Nayyar, Anand & Puri, Vikram. (2016). Smart farming: IoT based smart sensors agriculture stick for live temperature and moisture monitoring using Arduino, cloud computing & solar technology. 673-680. DOI: 10.1201/9781315364094-121.
3. Pedersen S.M., Lind K.M. (eds.), (2017). Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives, Progress in Precision Agriculture. DOI: 10.1007/978-3-319-68715-5_2.
4. Britt J.H., Cushman R.A., Dechow C.D., Dobson H., Humblot P., Hutjens M.F. et al. Invited review: Learning from the future – A vision for dairy farms and cows in 2067. Journal of Dairy Science. 2018;101(5):3722 - 3741. DOI: 10.3168/jds.2017-14025.
5. Цой Ю.А., Баишева Р.А. Повышение надежности функционирования эргатических систем управления молочной фермой. Вестник ВИЭСХ. 2018;(4(33)):90-94. Режим доступа: <http://vestnik.viesh.ru/journal/vypusk-4-33-2018/>.
6. Анохин П.К. Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Наука, 1978. 402 с.
7. Hulsen J., Bauen für die Kuh. Für Vorträge und Stalltrainings, Vetvice, 2010. p.48.
8. Черноиванов В.И., Судаков С.К., Толоконников Г.К. Биомашсистемы, функциональные системы, катерная теория систем. М.: НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина РАН, ФНАЦ ВИМ РАН, 2018. 446 с.
9. Розенберг И.Н. Управление в условиях неопределенности. Современные технологии управления. ISSN 2226-9339. №7 (79). Номер статьи: 7902. Дата публикации: 2017-07-31. Режим доступа: <https://sov-man.ru/article/7902/>.
10. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. В сборнике «Математика сегодня». М.: «Знание», 1974. С. 5-49.
11. Корнеев В.М. Основы теории авиационных эргатических систем. Ульяновск, 2015. 273 с.
12. Черноиванов В.И., Цой Ю.А., Елизаров В.П., Толоконников Г.К., Передня В.И. О концепции создания «умной» молочной фермы. Техника и оборудование для села. 2018;(11):2-9. Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=36457796>.
13. Тихомиров И.А., Скоркин В.К., Аксенова В.П., Андрихина О.Л. Продуктивное долголетие коров и анализ причин их выбытия. Вестник ВНИИМЖ. 2016;(1 (21)):64-72. Режим доступа: <http://www.vnii-mzh.ru/images/material/Magazines/n21.pdf>.

⁴Кулистикова Т. В России не хватает 1 млн коров. Агроинвестор. 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/22637-v-rossii-ne-khvataet-1-mln-korov/>.

14. Титова С.В. Продолжительность продуктивного использования и пожизненная продуктивность голшти-
низированного черно-пестрого скота. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016;(5(54)):68-72. Режим доступа:
<https://elibrary.ru/item.asp?id=26605316>.

15. Рубина М.В. Эффективность получения молока при разных системах содержания коров. Актуальные
проблемы интенсивного развития животноводства. 2017. С. 122-128. Режим доступа: [https://cyber-leninka.ru/artic-
le/v/effektivnost-polucheniya-moloka-pri-raznyh-sistemah-soderzhaniya-korov](https://cyber-leninka.ru/article/v/effektivnost-polucheniya-moloka-pri-raznyh-sistemah-soderzhaniya-korov).

Поступила: 22.11.2018

Принята к публикации: 03.04.2019

Опубликована онлайн: 30.04.2019

Сведения об авторах:

Цой Юрий Алексеевич, доктор техн. наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий отделом, ФГБНУ
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Фе-
дерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9837-282X>, e-mail: femaks@bk.ru,

Баишева Равза Анвяровна, кандидат техн. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный
агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-
mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9145-4478>, e-mail: rozamamedova@mail.ru.

References

1. Schönfeld V., Max & Heil, Reinhard & Bittner, Laura. (2018). Big Data on a Farm - Smart Farming. DOI:
10.1007/978-3-319-62461-7_12.

2. Nayyar, Anand & Puri, Vikram. (2016). Smart farming: IoT based smart sensors agriculture stick for live temperature
and moisture monitoring using Arduino, cloud computing & solar technology. 673-680. DOI: 10.1201/9781315364094-121.

3. Pedersen S.M., Lind K.M. (eds.). (2017). Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives, Pro-
gress in Precision Agriculture. DOI: 10.1007/978-3-319-68715-5_2.

4. Britt J.H., Cushman R.A., Dechow C.D., Dobson H., Humblot P., Hutjens M.F. et al. Invited review: Learning
from the future – A vision for dairy farms and cows in 2067. Journal of Dairy Science. 2018;101(5):3722-3741. DOI:
10.3168/jds.2017-14025.

5. Tsoy Yu.A., Baisheva R.A. *Povyshenie nadezhnosti funktsionirovaniya ergaticheskikh sistem upravleniya
molochnoy fermoy*. [Improving the reliability of dairy farm management ergatic systems]. *Vestnik VIESKh*.
2018;(4(33)):90-94. (In Russ.). URL: <http://vestnik.viesh.ru/journal/vypusk-4-33-2018/>.

6. Anokhin P.K. *Filosofskie aspekty teorii funktsional'noy sistemy*. [Philosophical aspects of the theory of a func-
tional system]. Moscow: Nauka, 1978. 402 p. (In Russ.).

7. Hulsen J., Bauen für die Kuh. Für Vorträge und Stalltrainings, Vetvice, 2010. p. 48.

8. Chernoi vanov V.I., Sudakov S.K., Tolokonnikov G.K. *Biomashsistemy, funktsional'nye sistemy, kategornaya
teoriya sistem*. [Biomachine systems, functional systems, categorical systems theory]. Moscow: NII normal'noy fiziologii
im. P.K. Anokhina RAN, FNATs VIM RAN, 2018. 446 p. (In Russ.).

9. Rozenberg I.N. *Upravlenie v usloviyakh neopredelennosti. Sovremennye tekhnologii upravleniya*. ISSN 2226-
9339. №7 (79). Nomer stat'i: 7902. Data publikatsii: 2017-07-31. [Management in conditions of uncertainty. Modern
technologies of management. ISSN 2226-9339. №7 (79). Article number: 7902. Date published: 2017-07-31]. (In Russ.).
URL: <https://sovman.ru/article/7902/>.

10. Zade L.A. *Osnovy novogo podkhoda k analizu slozhnykh sistem i protsessov prinyatiya resheniy. V sbornike
«Matematika segodnya»*. [The Basics of a new approach to the analysis of complex systems and decision-making process-
es. In the collection «Mathematics today»]. Moscow: «Znanie», 1974. pp. 5-49. (In Russ.).

11. Korneev V.M. *Osnovy teorii aviatsionnykh ergaticheskikh sistem*. [Fundamentals of the theory of aviation ergatic
systems]. Ul'yanovsk, 2015. 273 p. (In Russ.).

12. Chernoi vanov V.I., Tsoy Yu.A., Elizarov V.P., Tolokonnikov G.K., Perednya V.I. *O kontseptsii sozdaniya
«umnoy» molochnoy fermy*. [On the concept of creating «smart» dairy farm]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*.
2018;(11):2-9. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=36457796>.

13. Tikhomirov I.A., Skorkin V.K., Aksenova V.P., Andryukhina O.L. *Produktivnoe dolgoletie korov i analiz
prichin ikh vybytiya*. [Productive longevity of cows and analysis of the reasons for their loss]. *Vestnik VNIIMZh*. 2016;(1
(21)):64-72. (In Russ.). URL: <http://www.vniimzh.ru/images/material/Magazines/n21.pdf>.

14. Titova S.V. *Prodolzhitel'nost' produktivnogo ispol'zovaniya i pozhiznennaya produktivnost' golshtini-zirovannogo
cherno-pestrogo skota*. [Duration of productive use and lifelong productivity of Holstein cattle]. *Agrarnaya nauka Evro-
Severo-Vostoka*. 2016;(5(54)):68-72. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26605316>.

15. Rubina M.V. *Effektivnost' polucheniya moloka pri raznykh sistemakh sodержaniya korov. Aktual'nye problemy
intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*. [Efficiency of milk production with different systems for cow keeping]. 2017. pp. 122-
128. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/effektivnost-polucheniya-moloka-pri-raznyh-sistemah-soderzhaniya-korov>.

Received: 22.11.2018

Accepted for publication: 03.04.2019

Published online: 30.04.2019

Information about authors:

Yuri A. Tsoy, DSc in Engineering, professor, corresponding member of RAS, head of the department, Federal State Budgetary
Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM», d. 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federa-
tion, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9837-282X>, e-mail: femaks@bk.ru,

Ravza A. Baisheva, PhD in Engineering, Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Agroen-
gineering Center VIM», d. 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: vim@vim.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9145-4478>, e-mail: rozamamedova@mail.ru.