

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 631.171; 636.09; 636.2

DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-4-10



## КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ ПОДСИСТЕМОЙ «ЖИВОТНОЕ» В СЛОЖНОЙ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ «ЧЕЛОВЕК-МАШИНА-ЖИВОТНОЕ» МОЛОЧНОЙ ФЕРМЫ

**КИРСАНОВ ВЛАДИМИР ВЯЧЕСЛАВОВИЧ**, д-р техн. наук, главный научный сотрудник<sup>1</sup>

E-mail: Kirvv2014@mail.ru

**ПАВКИН ДМИТРИЙ ЮРЬЕВИЧ**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник<sup>1</sup>

E-mail: Kirvv2014@mail.ru

**ВЛАДИМИРОВ ФЕДОР ЕВГЕНЬЕВИЧ**, научный сотрудник<sup>1</sup>

E-mail: Kirvv2014@mail.ru

**НИКИТИН ЕВГЕНИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**, младший научный сотрудник<sup>1</sup>

E-mail: evgeniy.nicks@yandex.ru

**ЮРОЧКА СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВИЧ**, младший научный сотрудник<sup>1</sup>

E-mail: yurochkasr@gmail.com

**ГЕЛЕТИЙ ДАРЬЯ ГРИГОРЬЕВНА**<sup>2</sup>

E-mail: yurochkasr@gmail.com

<sup>1</sup> Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5

<sup>2</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49

Современная молочная ферма представляет собой сложную биотехническую систему «Человек-Машина-Животное», в которой целенаправленная деятельность человека, придающая этой системе эргатический характер, концентрируется преимущественно на управлении подсистемами «Машина» и «Животное». Для повышения эффективности взаимодействия машинных подсистем с биологическими объектами (животными) необходимо углубленное изучение свойств и характеристик последних, их поведения, адаптационных и рефлекторных механизмов, обеспечивающих взаимоадаптацию машинных и биологических подсистем. Рассмотрен общий функционал подсистемы «Животное», включающий в себя перечни контролируемых показателей (функций) в молочный, долактационный и лактационный периоды. Аналогичным образом получены функционалы подсистем общего костно-мышечного развития тела животного, органов дыхания и пищеварения, комфорта среды обитания, развития и контроля репродуктивных органов лактирующих коров с определением перечня контролируемых функций и параметров. Для выполнения комплекса работ в данном направлении во ФНАЦ ВИМ предполагается выполнить комплексный проект, обеспечивающий повышение уровней автоматизации, цифровизации и интеллектуализации животноводства, комфорта состояния среды обитания, создание щадящих, оптимальных режимов обслуживания животных, продление их продуктивного долголетия, повышение качества молока и автономности функционирования отдельных локальных биотехнических подсистем.

**Ключевые слова:** биотехническая система, подсистемы «Животное» и «Биологическая машина», молочный, долактационный и лактационный периоды, функционалы подсистем костно-мышечного развития, органов дыхания и пищеварения, комфорта среды обитания, развития и контроля репродуктивных органов лактирующих коров, контролируемые функции и показатели.

**Формат цитирования:** Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Владимиров Ф.Е., Никитин Е.А., Юрочка С.С., Гелетий Д.Г. Контроль и управление подсистемой «Животное» в сложной биотехнической системе «Человек-Машина-Животное» молочной фермы // Агроинженерия. 2020. № 6 (100). С. 4-10. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-4-10.

# MONITORING AND CONTROL OF THE “ANIMAL” SUBSYSTEM IN THE COMPLEX BIOTECHNICAL SYSTEM “MAN-MACHINE-ANIMAL” OF A DAIRY FARM

**VLADIMIR V. KIRSANOV**, DSc (Eng), Chief Research Engineer<sup>1</sup>

E-mail: kirvv2014@mail.ru

**DMITRIY YU. PAVKIN**, PhD (Eng), Senior Researcher Engineer<sup>1</sup>

E-mail: dimqaqa@mail.ru

**FEDOR E. VLADIMIROV**, postgraduate student, researcher<sup>1</sup>

E-mail: Kirvv2014@mail.ru

**EVGENIY A. NIKITIN**, postgraduate student, Junior Research Engineer<sup>1</sup>

E-mail: evgeniy.nicks@yandex.ru

**SERGEY S. YUROCHKA**, postgraduate student, Junior Research Engineer<sup>1</sup>

E-mail: yurochkasr@gmail.com

**DARIA G. GELETIY**, postgraduate student<sup>2</sup>

E-mail: yurochkasr@gmail.com

<sup>1</sup> Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 109428, Russian Federation, Moscow, 1<sup>st</sup> Institutsky Proezd Str., Bld 5

<sup>2</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

A modern dairy farm is a complex biotechnical “man-machine-animal” system, where purposeful human activity concentrates mainly on the control of the “machine” and “animal” subsystems, thus making the whole system ergatic. Increasing the interaction efficiency of machine subsystems with biological objects (animals) requires an in-depth study of the properties and characteristics of the latter, their behavior, adaptive and reflex mechanisms that ensure the mutual adaptation of machine and biological subsystems. The paper considers general functionality of the “animal” subsystem, which includes lists of monitored parameters (functions) in pre-weaning, pre-lactation and lactation periods. In a similar way, functionals of the subsystems of the general musculoskeletal development of the animal’s body, respiratory and digestive organs, comfort of the habitat, development and control of the reproductive organs of lactating cows were obtained accompanied with a list of controlled functions and parameters. To carry out a set of research activities in this field, FSAC VIM is planning to carry out a complex project that will increase the levels of automation, digitalization and intellectualization of animal husbandry, provide for comfortable environment, optimal reduced-impact service modes for animals and their extended productive longevity, increased quality of milk and autonomous functioning of individual local biotechnical subsystems.

**Key words:** biotechnical system; “animal” subsystem; “biological machine”; pre-weaning, pre-lactation and lactation periods; functional capacity of subsystems of musculoskeletal development, respiratory and digestive organs, comfortable environment, development and control of reproductive organs of lactating cows; controlled functions and indicators.

**For citation:** Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu., Vladimirov F.E., Nikitin E.A., Yurochka S.S., Geletiy D.G. Monitoring and control of the “Animal” subsystem in the complex biotechnical system “Man-Machine-Animal” of a dairy farm // Agricultural Engineering, 2020; 6 (100): 4-10. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-4-10.

**Введение.** Современная молочная ферма представляет собой сложную биотехническую систему «Человек-Машина-Животное», в которой деятельность человека является целенаправленной [1]. Для эффективного управления взаимодействующих подсистем необходимо сформулировать единые требования к перечню контролируемых показателей, которые должны определиться в процессе данного взаимодействия. Часть этих показателей заложена в управляющие программы молочной фермой – такие, как Alpro, Delpro, Dairyplan и другие, где отслеживается продуктивная жизнедеятельность животного [2] на протяжении всего его жизненного цикла: от рождения до выбраковки. Применительно к молочным животным это молочный период, долактационный и лактационный периоды, в которых необходимо выделить соответствующий перечень контролируемых в автоматическом режиме показателей, что позволит организовать более эффективное взаимодействие подсистемы «Машина-Животное» [3, 4].

Наиболее целесообразно подойти к этой проблеме системно, если иметь ввиду целостное представление животного как биологической машины, имеющей системы питания, дыхания, движения, репродукции и др. Формирование указанного перечня контролируемых показателей позволит точнее оценить животное как биологическую подсистему для более эффективного её обслуживания со стороны машинных блоков. Биологические объекты в животноводстве отличаются от аналогичных объектов в растениеводстве своей мобильностью, возможностью самим выбрать оптимальные режимы самообслуживания. В этом смысле другие подсистемы (Человек-Машина) не должны препятствовать этой свободе выбора в пределах рекомендуемых ограничений.

Таким образом, важным фактором эффективного развития биологических объектов в животноводстве является самоорганизация в виде свободного самообслуживания в технических подсистемах (кормления, доения, поения

и др.), которые представляют собой локальные биотехнические подсистемы.

**Цель исследования:** изучение свойств и характеристик поведения животных, адаптационных и рефлекторных механизмов, обеспечивающих взаимоадаптацию и эффективное взаимодействие машинных и биологических подсистем.

**Материал и методы.** Общий функционал подсистемы «Животное» может быть выражен следующим образом:

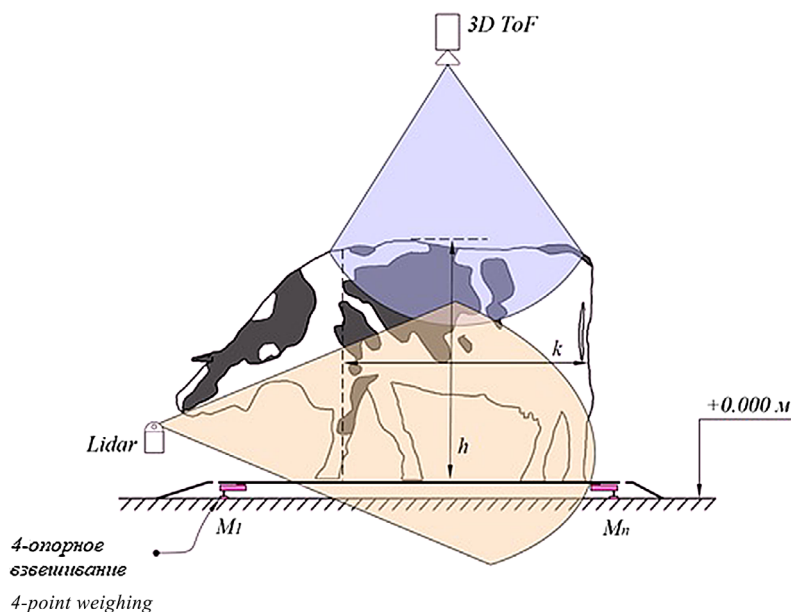
$$Z_{ж} = f[\mathcal{J}_{м.п.}; X_1 \dots X_n] + f[\mathcal{J}_{д.л.п.}; Y_{1к} \dots Y_n] + f[\mathcal{J}_{л.п.}; Z_1 \dots Z_n], \quad (1)$$

где  $\mathcal{J}_{м.п.}; X_1 \dots X_n$  – перечень контролируемых показателей (функций) в молочный период;  $\mathcal{J}_{д.л.п.}; Y_{1к} \dots Y_n$  – перечень

контролируемых показателей (функций) в долактационный период;  $\mathcal{J}_{л.п.}; Z_1 \dots Z_n$  – перечень контролируемых показателей (функций) в лактационный период.

Контроль развития в долактационный и лактационный периоды сводится к контролю рационов кормления, массы тела животного, развития костно-мышечного скелета (бонитировочных характеристик) и др.

К перспективным исследованиям в данной сфере следует отнести контроль соотношения костной, жировой и мышечной ткани на основе импедансного метода. Метод электронной бонитировки животных позволяет определить их экстерьерные характеристики с помощью лазерных дальнемеров и камеры 3D-ToF [9, 10].



**Рис. Контроль показателей массогабаритных и экстерьерных характеристик животных**  
**Fig. Control of indicators of mass-dimensional and exterior characteristics of animals**

Для оценки развития и возможных патологий конечностей и суставов животных («движителей») необходимо разработать систему 4-опорного взвешивания с развесовкой по отдельным конечностям. Это уже на ранних стадиях развития (молочный и долактационный периоды) позволит диагностировать соответствующие отклонения в развитии, а в совокупности с импедансной оценкой тела животного – скорректировать рационы кормления.

**Результаты и обсуждение.** Функционал подсистемы общего костно-мышечного развития тела можно записать как формулу:

$$Z_{ж}^{к.м} = f[(\mathcal{J}_{м.п.}; \mathcal{J}_{д.л.п.}; \mathcal{J}_{л.п.}); q_{1р} \dots q_{нр}; M_1 \dots M_n; H_1 \dots H_n, L_1 \dots L_n; M_{1ч} \dots M_{нч}; i_1 \dots i_n; D_1 \dots D_n], \quad (2)$$

где  $Z_{ж}^{к.м}$  – функционал подсистемы костно-мышечного развития тела животного;  $q_{1р} \dots q_{нр}$  – соответствующие рационы кормления в молочный, долактационный и лактационный периоды;  $M_1 \dots M_n$  – контролируемая масса тела животного в соответствующие периоды развития;  $H_1 \dots H_n, L_1 \dots L_n$  – соответствующие бонитировочные характеристики по высоте и длине тела животного по периодам развития;  $M_{1ч} \dots M_{нч}$  – почтвчетвертная масса тела, приходящаяся на одну конечность животного, по периодам развития;

$i_1 \dots i_n$  – полный электрический импеданс тела животного по периодам развития;  $D_1 \dots D_n$  – двигательная активность по показаниям шагомера в сутки.

Возможно, это далеко не полный перечень контролируемых параметров общего развития «Подсистемы животных», но с позиций цифровизации, интеллектуализации и автоматизации сложной биотехнической системы молочной фермы этого достаточно на первом этапе построения автоматизированной системы управления фермы. Эти показатели будут «отправляться» с соответствующих датчиков и систем обслуживания животных посредством базовых станций в автоматизированные рабочие места специалистов АРМ (зоотехнику, ветеринару, инженеру).

Следующим контролируемым функционалом является подсистема дыхания и пищеварения, иными словами – системы питания животного. Данная подсистема является ключевой, поскольку именно она обеспечивает развитие организма животного:

$$Z_{ж}^{л.п} = f[(\mathcal{J}_{м.п.}; \mathcal{J}_{д.л.п.}; \mathcal{J}_{л.п.}); q_{1р} \dots q_{нр}; q_{1в} \dots q_{нв}; \mathcal{E}_{к1} \dots \mathcal{E}_{кн}; \mathcal{C}D_1 \dots \mathcal{C}D_n; \mathcal{C}CC_1 \dots \mathcal{C}CC_n; M_1 \dots M_n; \mathcal{J}_{в1} \dots \mathcal{J}_{вн}; i_1 \dots i_n], \quad (3)$$

где  $q_{1р} \dots q_{нр}$  – рационы кормления животных по периодам развития, кг/гол.;  $q_{1в} \dots q_{нв}$  – водопотребление животных

по периодам развития, л/гол.;  $\Xi_{k1} \dots \Xi_{kn}$  – выход экскрементов животных по периодам развития, кг/гол.;  $\text{ЧД}_1 \dots \text{ЧД}_n$  – частота дыхания животных, мин<sup>-1</sup>;  $\text{ЧСС}_1 \dots \text{ЧСС}_n$  – частота сердечных сокращений животных;  $M_1 \dots M_n$  – контролируемая масса тела животного в соответствующие периоды развития, мин<sup>-1</sup>;  $\text{Ж}_{в1} \dots \text{Ж}_{вn}$  – частота пережевывания корма (жвачка), мин<sup>-1</sup>;  $M_1 \dots M_n$  – масса тела животного, кг;  $i_1 \dots i_n$  – импеданс тела животного.

Показатели кормления, водопотребления, пережевывания, частоту дыхания и сердцебиения можно контролировать с помощью электронных датчиков-болюсов, погружаемых в рубец животного. При этом датчик дополнительно снабжается рН-метром, который позволяет контролировать изменения кислотности рубца, соответствующие потреблению воды и корма [5-8]. Зная потребление воды и корма, выход экскрементов и массу тела, можно контролировать энергетический баланс организма и при определенных отклонениях вводить соответствующие корректирующие алгоритмы в системы обслуживания животных.

Важнейшим показателем, обеспечивающим продуктивное долголетие животных, является система комфорта, обеспечивающая соответствующий эффективный отдых организма. Известно, что лактирующие органы коров функционируют более эффективно, когда животное отдыхает 14-15 ч в сутки. Функционал подсистемы отдыха животного обеспечивается размерами и подстилкой бокса (логова), температурой окружающей среды ( $t_{oc}$ ); скоростью движения воздуха в зоне бокса ( $V_b$ , м/с), освещенностью стойла ( $Q_{cb}$ ), бокса, чистотой, твердостью и влажностью подстилки, концентрацией вредных газов в помещении, относительной влажностью воздуха и др.

Таким образом, функционал подсистемы комфорта среды обитания (отдыха) животного можно записать как

$$Z_{ж}^{c.o.} = f[(\text{Ж}_{м.п.}; \text{Ж}_{д.л.п.}; \text{Ж}_{л.п.}); H_{16} \dots H_{n6}; L_{16} \dots L_{n6}; t_{oc1} \dots t_{ocn}; T_{o1} \dots T_{on}; V_{b1} \dots V_{bn}; \omega_{b1} \dots \omega_{bn}; Q_{cb1} \dots Q_{cbn}; \omega_{п1} \dots \omega_{пn}], \quad (4)$$

где  $H_{16} \dots H_{n6}$ ,  $L_{16} \dots L_{n6}$  – геометрические размеры боксов для отдыха животных, м;  $t_{oc1} \dots t_{ocn}$  – температура окружающей среды в помещении, °C;  $T_{o1} \dots T_{on}$  – суммарная продолжительность отдыха животного в сутки, ч;  $V_{b1} \dots V_{bn}$  – скорость движения воздуха в зоне комфорта, м/с;  $\omega_{b1} \dots \omega_{bn}$  – относительная влажность воздуха, %;  $Q_{cb1} \dots Q_{cbn}$  – освещенность бокса (стойла), люкс/м<sup>2</sup>;  $\omega_{п1} \dots \omega_{пn}$  – влажность подстилки, %.

Критерием эффективности функционирования подсистемы комфорта является суммарная продолжительность отдыха животного не менее 14 ч в сутки.

Основные показатели этого функционала будут контролироваться подсистемой микроклимата, возможны также дополнение и расширение перечня контролируемых показателей.

В развитии животного в долактационный и лактационный периоды важным является функционал контроля за развитием вымени и репродуктивных органов [5].

Формированию вымени высокопродуктивных животных в долактационный период придается немалое значение. Разработано большое количество массажников вымени для нетелей (АПМ-Ф-1 и др.), которые эффективно применялись на молочных фермах в советский период для развития вымени и приучения нетелей к последующему машинному доению [11, 12].

В лактационный период осуществляется контроль за развитием вымени по индексу вымени ( $I_v$ ), показывающему соотношение долей передних и задних долей вымени, форме вымени (чашеобразная, ваннообразная и др.) ( $\Phi_v$ ), высоте расположения вымени ( $H_v$ ), расстоянию между сосками ( $L_c$ ) и др. К показателям функционирования относят суточный удой ( $Q_{сут.}$ ), скорость молокоотдачи ( $V_m$ , л/мин), продолжительность доения отдельных долей вымени ( $t_{d1} \dots t_{d4}$ ) и др.

Контроль и функционирование репродуктивной системы осуществляются датчиками определения начала родов у коров, устройствами родовспоможения, УЗИ-диагностикой развития плода и др. [7]. Это одна из главных подсистем, которая не может быть доверена исключительно машине – присутствие обслуживающего персонала и ветврача здесь является обязательным. Момент определения начала родов весьма важен, поскольку позволяет избежать возможных осложнений и негативных последствий при рождении теленка [11-16]. Показатели заболевания животных маститами контролируются датчиками электропроводности молока, осуществлением димастинных проб и др. В этом отношении важным является развитие безмедикаментозных методов с целью снижения потерь продукции при лечении животных.

Таким образом, функционал развития и контроля подсистемы репродуктивных органов у лактирующих коров можно записать как

$$Z_{ж}^p = f[(\text{Ж}_{д.л.п.}; \Phi_{v1} \dots \Phi_{vn}; H_{v1} \dots H_{vn}; L_{c1} \dots L_{cn}; l_{c1} \dots l_{cn}); (\text{Ж}_{л.п.}; Q_{сут1} \dots Q_{сутn}; I_{v1} \dots I_{vn}; V_{m1} \dots V_{mn}; t_{d1} \dots t_{d4n}); I_{d1} \dots I_{dn}; T_{нр1} \dots T_{нрn}], \quad (5)$$

где  $\Phi_{v1} \dots \Phi_{vn}$  – показатели формы вымени (ваннообразная, чашеобразная и др.);  $H_{v1} \dots H_{vn}$  – высота расположения сосков вымени, м;  $L_{c1} \dots L_{cn}$  – расстояние между сосками, м;  $l_{c1} \dots l_{cn}$  – размеры сосков, м;  $Q_{сут1} \dots Q_{сутn}$  – суточный надой, кг;  $V_{m1} \dots V_{mn}$  – скорость молокоотдачи, л/мин;  $t_{d1} \dots t_{d4n}$  – продолжительность выдаивания отдельных четвертей вымени, мин;  $I_{v1} \dots I_{vn}$  – индекс развития вымени коров;  $T_{нр1} \dots T_{нрn}$  – момент определения начала родов у коров, дн;  $I_{d1} \dots I_{dn}$  – индекс двигательной активности, характеризующий половую охоту и сроки осеменения животных, дн.

Важными являются дальнейшая механизация, автоматизация контроля и определение вышеперечисленных показателей, их системное представление для того, чтобы профильные специалисты (зоотехники, ветврачи) могли дистанционно получать эти показатели для облегчения и правильной организации своей работы.

Для выполнения комплекса работ в данном направлении во ФНАЦ ВИМ предполагается выполнить комплексный проект, задачами которого являются разработка методов, моделей, алгоритмов, позволяющих:

- усовершенствовать технологию лазерно-оптической стимуляции рефлекса молокоотдачи у коров при почетвертном машинном их доении с применением полупроводникового лазера, воздействующего на биологические активные точки сосков вымени коров с одновременным созданием ультрафиолетового барьера в постсосковой зоне для защиты соскового канала от проникновения патогенной микрофлоры;

- контролировать потоки молока в молокопроводящих путях доильных аппаратов с целью измерения их



расходных характеристик (удоя, скорости молокоотдачи), определять аномальные характеристики молока (примеси крови, обводненность и др.) и его компонентный состав (жир, белок, лактоза и др.);

– оценивать питательную ценность и компонентный состав корма для оперативного контроля и регулирования рационов кормления животных;

– осуществлять электронную бонитировку с.-х. животных с определением их экстерьерных характеристик с помощью лазерных дальномеров и сканеров 3D ToF;

– контролировать индивидуальное и групповое перемещение животных в местах их нахождения с оценкой уровня комфорта их содержания и контроля за функциональными подсистемами (доение, кормление, поение и др.);

– диагностировать воспалительные процессы конечностей и репродуктивных органов животных;

– контролировать физиологическое состояние животных с применением электронных датчиков-болюсов, расположенных в желудке животных;

– воздействовать электромагнитными полями, УЗИ на репродуктивные органы животных для стимуляции процессов лактогенеза и лечения мастита у коров.

Ожидаемые результаты проекта:

1. Повышение уровня автоматизации, цифровизации и интеллектуализации технологических процессов в животноводстве; обеспечение комфортной среды обитания; создание щадящих оптимальных режимов обслуживания животных; продление их продуктивного долголетия и повышение качества молока; повышение автономности функционирования отдельных локальных

биотехнических подсистем (кормления, доения и др.), их цифрового взаимодействия; предотвращение «аварийных» режимов работы поточно-технологических линий, срывов в обслуживании животных и др.

2. Повышение качества и точности управления технологическими процессами на основе расширенного комплекса контролируемых показателей в дистанционном режиме, снижение количества управленческих ошибок со стороны операторов.

3. Построение базы данных, моделей и алгоритмов контроля за состоянием и управлением биологическими объектами, гармонизация взаимодействия локальных биотехнических подсистем в сложной системе «Человек-Машина-Животное». Создание автоматизированных рабочих мест главных специалистов (зоотехников, ветврачей, инженеров), программного обеспечения, повышающего качество управления биотехнической системой животноводческой фермы в целом.

4. Обеспечение «прослеживаемости» качества и количества входящих и исходящих материальных потоков на ферме (корма, воздух, молоко, навоз и др.), повышение экологизации и биобезопасности производства.

## Выводы

Решение поставленных задач позволит осуществлять более точный контроль подсистемы «Животное» в сложной биотехнической системе «Человек-Машина-Животное» молочной фермы, повысить уровень цифровизации, интеллектуализации и автоматизации производства молока.

## Библиографический список

1. Бирман Е.В., Бирман В.Ф. Систематизация направлений НТП в молочном скотоводстве // Вестник аграрной науки Дона. 2011. Т. 3. № 15. С. 64-74.
2. Быковская Н.В. Инновации в молочном скотоводстве // Инновации и инвестиции. 2015. № 4. С. 215-217.
3. Кавардаков В.Я., Кайдалов А.Ф., Семенов И.А. Методологические аспекты управления инновационно-технологическим развитием животноводства на отраслевом уровне // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2017. № 2-1 (24). С. 37-47.
4. Карташов Л.П. Организация, техника и технология машинного доения коров / Л.П. Карташов, Ю.А. Цой, З.В. Макаровская и др.: учебное пособие по машинному доению коров. Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет, 2012. С. 245-247.
5. Кирсанов В.В., Владимиров Ф.Е., Павкин Д.Ю. и др. Сравнительный анализ и подбор систем мониторинга здоровья КРС // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019. № 1 (33). С. 27-31.
6. Дорохов А.С., Кирсанов В.В., Владимиров Ф.Е. и др. Температура и уровень pH рубца КРС как показатели вероятности репродуктивного успеха // Вестник НИИЭИ. 2019. № 6 (97). С. 117-126.
7. Владимиров Ф.Е., Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю. и др. Измерение pH и температуры рубца у коров в послеродовой период для диагностики ацидоза //

## References

1. Birman E.V., Birman V.F. Sistematizatsiya napravleniy NTP v molochnom skotovodstve [Systematization of directions of scientific and technological progress in dairy cattle breeding]. *Vestnik agrarnoy nauki Dona*. 2011; 3(15): 64-74. (In Rus.)
2. Bykovskaya N.V. Innovations in dairy farming [Innovatsii v molochnom skotovodstve]. *Innovatsii i investitsii*. 2015; 4: 215-217. (In Rus.)
3. Kavardakov V.Ya., Kaidalov A.F., Semenenko I.A. Metodologicheskie aspekty upravleniya innovatsionno-tekhnologicheskim razvitiem zhivotnovodstva na otraslevom urovne [Methodological aspects of the management of innovative and technological development of animal husbandry at the sectoral level]. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017; 2-1 (24): 37-47. (In Rus.)
4. Kartashov L.P., Tsoi Yu.A., Makarovskaya Z.V. et al. Organizatsiya, tekhnika i tekhnologiya mashinnogo doeniya korov [Organization, technique and technology of machine milking of cows]. Study manual on machine milking of cows. Orenburg: Izdatel'skiy tsentr OGAU, 2012: 255. (In Rus.)
5. Kirsanov V.V., Vladimirov F.E., Pavkin D.Yu. et al. [Srvnitel'nyy analiz i podbor sistem monitoringa zdorov'ya KRS] Comparative analysis and selection of cattle health monitoring systems. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2019; 1 (33): 27-31. (In Rus.)

Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 3 (32). С. 225-232.

8. Владимиров Ф.Е., Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю. Исследование рН и температуры рубца для диагностики ацидоза у дойных коров после отела // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019. № 4 (36). С. 196-199.

9. Кирсанов В.В., Юрочка С.С., Павкин Д.Ю. и др. Методика получения и обработки фото- и видеоматериала для автоматической бонитировки молочных коров // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019. № 1 (33). С. 142-146.

10. Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Юрочка С.С. и др. Подготовка изображения, получаемого с 3D ToF камеры для автоматического обнаружения сосков коровы // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 3 (32). С. 340-346.

11. Протасов Ф.В. Изменение морфологических и функциональных особенностей коров под воздействием массажа вымени и «доения» телок и нетелей: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Алма-Ата: Алма-Атинский зооветеринарный институт, 1963. С. 12-14.

12. Тренажер для обучения приемам преддоильного массажа вымени животного: патент на изобретение RU2084137 C1, 20.07.1997 / В.Д. Поздняков, Л.П. Карташов, Н.Н. Каскина и др.; заяв. № 95101693/13 от 03.02.1995.

13. Иванов Ю.Г., Дюльгер Г.П., Сидоренко М.С. Системы дистанционного контроля сигналов коров // Зоотехния. 2014. № 12. С. 6-7..

14. Иванов Ю.Г. Радиотехническая система управления адресным обслуживанием животных на молочной ферме // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2005. № 1. С. 151-155.

15. Иванов Ю.Г. Адресное обслуживание животных на молочной ферме // Зоотехния. 2005. С. 16-19.

16. Иванов Ю.Г., Сидоренко М.С., Голубятников В.А. Исследования микропроцессорной системы дистанционного мониторинга сигналов коров // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2015. № 2 (66). С. 7-13.

6. Dorokhov A.S., Kirsanov V.V., Vladimirov F.E. et al. Temperatura i uroven' pH rubtsa KRS kak pokazateli veroyatnosti reproduktivnogo uspekha [Bovine rumen temperature and pH as indicators of reproductive success probability]. *Vestnik NGIEI*. 2019; 6 (97): 117-126. (In Rus.)

7. Vladimirov F.E., Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu. et al. Izmerenie pH i temperatury rubtsa u korov v poslerodovoy period dlya diagnostiki atsidoza [Measuring pH and rumen temperature in cows during the postpartum period to diagnose acidosis]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2019; 3 (32): 225-232. (In Rus.)

8. Vladimirov F.E., Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu. Issledovanie pH i temperatury rubtsa dlya diagnostiki atsidoza u doynnykh korov posle otela [Study of pH and temperature of the rumen for the diagnosis of acidosis in dairy cows after calving]. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2019; 4 (36): 196-199. (In Rus.)

9. Kirsanov V.V., Yurochka S.S., Pavkin D.Yu. et al. Metodika polucheniya i obrabotki foto- i videomateriala dlya avtomaticheskoy bonitirovki molochnykh korov [Methods for obtaining and processing photo and video material for automatic valuation of dairy cows]. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2019; 1 (33): 142-146. (In Rus.)

10. Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu., Yurochka S.S. et al. Preparation of an image obtained from a 3D ToF camera for automatic detection of a cow's teats [Podgotovka izobrazheniya, poluchaemogo s 3d TOF kamery dlya avtomaticheskogo obnaruzheniya soskov korovy]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2019; 3 (32): 340-346. (In Rus.)

11. Protasov F.V. Izmenenie morfologicheskikh i funktsional'nykh osobennostey korov pod vozdeystviem massazha vymeni i "doeniya" telok i neteley [Changes in the morphological and functional characteristics of cows under the influence of massage of the udder and "milking" heifers and heifers]. Self-Review of PhD (Ag) thesis. Alma-Ata, Alma-Atinskiy zooveterinarniy institut, 1963. (In Rus.)

12. Pozdnyakov V.D., Kartashov L.P., Kaskinova N.N., Vostrikov V.A. Trenazher dlya obucheniya priemam preddoil'nogo massazha vymeni zhivotnogo [Simulator for teaching the techniques of pre-milking massage of an animal's udder]: Invention patent RU2084137 C1, 1997. (In Rus.)

13. Ivanov Yu.G., Dyulger G.P., Sidorenko M.S. Sistemy distantsionnogo kontrolya signalov korov [Systems for remote monitoring of cow signals]. *Zootekhnika*. 2014; 12: 6-7.

14. Ivanov Yu.G. Radiotekhnicheskaya sistema upravleniya adresnym obsluzhivaniem zhivotnykh na molochnoy ferme [Radio engineering control system for targeted service of animals on a dairy farm]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2005; 1: 151-155. (In Rus.)

15. Ivanov Yu.G. Adresnoe obsluzhivanie zhivotnykh na molochnoy ferme [Targeted service of animals on a dairy farm]. *Zootekhnika*. 2005; 5: 6-19. (In Rus.)

16. Ivanov Yu.G., Sidorenko M.S., Golubyatnikov V.A. Issledovaniya mikroprotsessornoy sistemy distantsionnogo monitoringa signalov korov [Research of a microprocessor system for remote monitoring of cow signals]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2015; 2 (66): 7-13. (In Rus.)

**Критерии авторства**

Кирсанов В.В. осуществлял научное руководство проекта, Владимиров Ф.Е. анализировал полученные результаты и написал текст, Павкин Д.Ю. осуществлял руководство проектом, Гелетий Д.Г. проанализировала литературные источники и провела расчеты, Юрочка С.С. провел практическую часть исследования, Никитин Е.А. формировал статью.

Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Владимиров Ф.Е., Никитин Е.А., Юрочка С.С., Гелетий Д.Г. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 07.07.2020

Опубликована 25.12.2020

**Contribution**

V.V. Kirsanov supervised the project, F.E. Vladimirov analyzed the results and wrote the text, D. Yu. Pavkin led the project, D.G. Geletiy analyzed literature references and made estimation analyses, Yurochka S.S. did the practical part of the research, E.A. Nikitin prepared the paper layout.

V.V. Kirsanov, D. Yu. Pavkin, F.E. Vladimirov, E.A. Nikitin, S.S. Yurochka, D.G. Geletiy have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

**Conflict of interests**

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on July 7, 2020

Published 25.12.2020

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 631.117

DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-10-16



## МОЛОЧНОЕ ЖИВОТНОВОДСТВО В РОССИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ

**МАМЕДОВА РОЗА АНВЯРОВНА**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

E-mail: femaks@bk.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5

В рамках ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» Минсельхозом России разработана национальная платформа цифрового государственного управления сельским хозяйством – «Цифровое сельское хозяйство». Для цифровизации животноводческих предприятий необходимо создать условия на федеральном и региональном уровнях и разработать нормативно-правовую и техническую поддержку предприятий. Разработана соответствующая структурно-функциональная модель, учитывающая различные уровни принятия решения, нормативно-правовые документы, системные продукты и программно-аппаратные средства. Разработаны блок-схема проекта и структура автоматизированных рабочих мест главных специалистов цифровой молочной фермы. Цифровизация животноводства с внедрением разрабатываемых технологий в ФНАЦ ВИМ обеспечит снижение уровня импортозависимости отрасли на 35...40%, повышение качества и количества производимой продукции на 25...30%, сохранение здоровья и повышение продуктивности животных на 15...20%, повышение производительности труда в основных подотраслях животноводства в 1,5...2 раза, сокращение издержек производства на 35...40%.

**Ключевые слова:** цифровизация, биомашинный комплекс, интеллектуальная система управления, автоматизированные технологии, программные продукты, комплекс датчиков контроля физиологического состояния животных.

**Формат цитирования:** Мамедова Р.А. Молочное животноводство в России: состояние и перспективы цифровизации // Агроинженерия. 2020. № 6 (100). С. 10-16. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-10-16.

## DAIRY FARMING IN RUSSIA: CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DIGITALIZATION

**ROZA A. MAMEDOVA**, PhD (Eng), Senior Research Engineer

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 109428, Russian Federation, Moscow, 1<sup>st</sup> Institutsky Proezd Str., bld 5

The Ministry of Agriculture of the Russian Federation has developed the national “Digital Agriculture” platform for digital state management of agriculture within the framework of the government-sponsored “Digital Agriculture” project. To digitalize livestock enterprises, it is necessary to provide conditions at the federal and regional levels, and develop regulatory and technical