

2. Ловкис В.Б. К вопросу энергетической оценки эффективности технологий производства продукции растениеводства / В.Б. Ловкис, В.А. Колос, В.А. Ружьев // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомственный тематический сборник. Том 55. – Минск: Республиканское унитарное предприятие "Издательский дом «Белорусская наука», 2022. – С. 292–296. – EDN LFJWBC.

3. Kalinin, A. Improvement of digging shares of root harvesting machines based on rheological model of soil state / A. Kalinin, I. Teplinsky, V. Ruzhev // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26–28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 1051–1057. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF230. – EDN BFLMBM.

УДК 631.171: [637.115:636.03+636.082]

## **АДАПТИВНОЕ ДОЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА**

**В.О. Китиков<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор,**

**Д.А. Григорьев<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент,**

**К.В. Король<sup>3</sup>, соискатель,**

**В.С. Журко<sup>3</sup>, ст. преподаватель**

<sup>1</sup>*«Институт жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси»,*

<sup>2</sup>*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>3</sup>*УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь*

*Аннотация:* В рамках концепции механико-информационного взаимодействия элементов триединой системы человек-машина-животное обоснована эффективность использования адаптивных алгоритмов управления процессом доения и лактацией у коров в поточно-цеховой системе производства молока на современных молочно-товарных комплексах.

*Abstract:* The effectiveness of using adaptive algorithms for controlling the milking process and lactation of cows in a flow-shop milk production system at modern dairy complexes is substantiated within the framework of the concept of mechanical-information interaction of elements of the triune human-machine-animal system

*Ключевые слова:* человек-машина-животное, механико-информационная технология, доение, измерение хозяйственно-биологических параметров, идентификация, мониторинг физиологического состояния коров.

*Keywords:* human-machine-animal, mechano-information technology, milking, measurement of economic-biological parameters, identification, monitoring of physiological condition of cows.

## **Введение**

В мировой практике, в условиях постоянно растущего рынка молока [1], молочное скотоводство преобразуется в сегмент прибыльного производства и бизнеса. В условиях интенсивного развития проходит процесс трансформации концептуальных подходов к реализации технологии производства молока. С одной стороны, сохраняются тенденции в рамках основной для стран с развитым молочным скотоводством концепции выровненного стада, отобранного по принципу пригодности к промышленной технологии. С другой стороны, в рамках концепции механико-информационного взаимодействия элементов триединой системы человек-машина-животное, формируются тенденции, направленные на адаптивность техники и технологий к фенотипическим, групповым и индивидуальным особенностям животных.

В связи с выше изложенным, целью представленного научного исследования является разработка адаптивных алгоритмов управления процессом доения и лактацией у коров в поточно-цеховой системе производства молока.

## **Основная часть**

Молочная отрасль Республики Беларусь находится в процессе интенсивного развития по причинам, связанным с интересами государства и бизнеса, активно инвестирующих в быстрорастущий молочный рынок [2]. В сложных условиях формирования новой структуры и культуры производства при строительстве новых и реконструкции существующих ферм и комплексов, приходится решать задачи по повышению продуктивности коров и показателей воспроизводства при одновременном сохранении и увеличении срока хозяйственного использования животных молочного стада.

Доильное оборудование на современных молочно-товарных фермах выполняет функцию информационного обеспечения всей

технологии производства молока, что позволяет принимать технологические решения, руководствуясь данными молочной продуктивности и другими хозяйственно-биологическими параметрами животных, при организации технологии машинного доения, управления стадом и лактацией коров [3].

Принцип адаптивности реализуется на нескольких уровнях управления процессами и технологией. На первичном уровне стоит задача оперативного изменения параметров работы аппарата в процессе доения. Теоретическое обоснование динамического доения опирается на зависимость потока молока через сфинктер в такте сосания, который линейно связан со средней скоростью молокоотдачи коровы:

$$Q_{сфср} = \frac{Q_{ср} 1000}{60n\rho\sigma_c},$$

где  $Q_{сфср}$  – среднее значение потока из сфинктера, мл/с;

$Q_{ср}$  – средняя скорость молокоотдачи за доение, кг/мин;

$n$  – количество доящихся долей вымени, шт.;

$\rho$  – плотность молока, г/мл;

$\sigma_c$  – относительная длительность такта сосания.

Изученный опыт ведущих компаний-производителей доильного оборудования по обеспечению адаптивности машинного доения показывает наибольшую эффективность управления процессом, путем изменения характера пульсации доильного чулка, когда система подстраивается под изменяющийся поток молока, увеличивая или уменьшая длительность, то есть изменяя соотношение и частоту тактов, в зависимости от измеренной скорости молокоотдачи [4]. Такой подход реализуется в рамках концепции динамического доения, которая приходит на смену утратившей актуальность концепции управления уровнем вакуумметрического давления в зависимости от потока молока.

Полученная в результате последовательных преобразований математическая модель позволяет рассчитать значения искомых параметров процесса молоковыведения [5]. На рисунке приведена теоретическая зависимость потока молока через сфинктер от длительности такта сосания и скорости молокоотдачи при минимально

необходимом для раскрытия соскового сфинктера значении вакуумметрического давления в подсосковой камере.

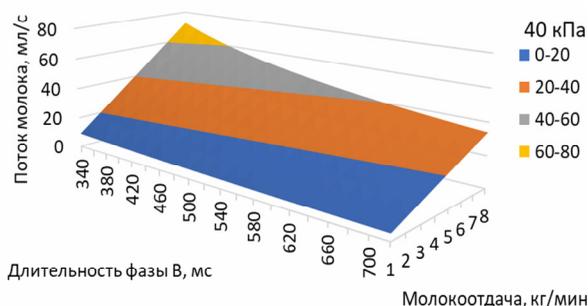


Рисунок – теоретическая зависимость потока молока от длительности фазы В такта сосания и скорости молокоотдачи

Полученные результаты позволили разработать алгоритм динамического доения, работающий в трех режимах: с низкой интенсивностью, в стандартных параметрах, с интенсивным доением при максимальном потоке молока. Результаты внедрения алгоритма на молочных фермах Минской области, использующих оборудование отечественного производителя ООО «Полиэфир АГРО», подтверждают возможность повышения скорости молокоотдачи и продуктивности, а также улучшения здоровья и увеличения срока хозяйственного использования коров [6].

Адаптивность на уровне управления лактацией обеспечивается возможностью использования результатов измерения хозяйственно-биологических параметров коров для принятия технологических решений. Так перевод коров из группы в группу и из цеха в цех осуществляется с учетом текущей продуктивности и характера лактационной кривой, который в свою очередь определяется длительностью сервис-периода. В таблице приведены данные о среднесуточном удое коров в различные периоды лактации.

Таблица. Среднесуточный удой и период лактации

Среднесуточный удой	День лактации			
	< 65 дня	65-120	120-300	> 300
Средний ( $M \pm m$ ), кг	26,03±0,62	28,98±0,41	22,66±0,24	17,68±0,36
Медианный ( $Me$ ), кг	26,90	29,35	22,90	18,00
Корреляция с днем лактации ( $r$ )	0,46	-0,17	-0,43	-0,18

Проведенные исследования подтвердили статистически достоверную зависимость лактационной деятельности коров от длительности сервис-периода. Исследования также показали, что использование современных систем измерения хозяйственно-биологических параметров коров позволяют не только рационально управлять трафиком коров в рамках поточно-цеховой системы, но и консолидировать сервис-период возле оптимального для конкретного хозяйства значения, что, в свою очередь, позволяет повысить надой и увеличить выход телят на ферме [7].

### **Заключение**

Таким образом, создание и использование адаптивных алгоритмов управления процессом доения и лактацией позволяют улучшить важные хозяйственно-биологические параметры при одновременном сохранении здоровья и увеличении срока хозяйственного использования коров стада. Увеличение скорости молокоотдачи при использовании динамического доения обеспечивает также повышение удоя. Рациональное управление лактацией позволяет повысить молочную продуктивность коров, включая удой за лактацию при одновременном увеличении показателей воспроизводства стада, сохранении здоровья и обеспечении продуктивного долголетия животных.

### **Список использованной литературы**

1. Dairy Market Review: Overview of global dairy market developments in 2020 / FAO. – Rome, April, 2021 – 13p.
2. Аналитическая записка о выполнении Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы за 2019 год [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://mshp.gov.by/programms/ca5bed93374821f3.html>. – Дата доступа: 14.12.2022.
3. Григорьев, Д.А. Технология машинного доения коров на основе конвергентных принципов управления автоматизированными процессами: монография / Д.А. Григорьев, К.В. Король. – Гродно: ГГАУ, 2017. – 216 с.
4. MC200 Модуль управления дойкой: [руководство по эксплуатации]; версия 4.5 / S.C.R Engineers Ltd, 2007. – 74 с.
5. Григорьев, Д.А. Уравнение равновесного потока жидкости в системе сосок–доильный стакан/ Д.А. Григорьев, А.М. Кравцов // Агропанорама № 4 (октябрь), Минск, БГАТУ, 2023. – С. 2–6.

6. Григорьев, Д.А. Дифференцированное динамическое доение как фактор ветеринарного благополучия и продуктивности коров/ Д.А. Григорьев, К.В. Король, В.С. Журко // Эколого-биологическое благополучие растительного и животного мира: материалы международной научно-практической конференции (Благовещенск, 23 сент. 2020 г.) – Благовещенск: Издательство Дальневосточного государственного аграрного университета, 2020. – С. 84–85.

7. Григорьев, Д.А. Измерение хозяйственно-биологических параметров в организации трафика коров / Д.А. Григорьев, К.В. Король, В.С. Журко // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов. – Гродно: Гродненский государственный аграрный университет, 2020. – С. 38–45.

УДК 378.146

## **ИННОВАЦИОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ**

**В.Б. Ловкис, канд. техн. наук, доцент,**

**Т.А. Непарко, канд. техн. наук, доцент**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь  
dekanat\_amf@bsatu.by*

*Аннотация:* Рассмотрены вопросы освоения аграриями новых технологий точного земледелия, которые меняют традиционные подходы к сельскохозяйственным работам, и подготовки специалистов с высшим образованием для современного аграрного производства.

*Abstract:* The issues of development by farmers of new technologies of precision farming, which change traditional approaches to agricultural work, and training of specialists with higher education for modern agricultural production are considered.

*Ключевые слова:* цифровизация аграрного сектора, система точного земледелия, высокопрофессиональные кадры, параллельное вождение, бортовой компьютер, дифференцированное внесение, картографирование.