УДК 637.116:681.5

АДАПТИВНОЕ ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ МАШИННОГО ДОЕНИЯ

И.Н. Казаровец, канд. с.-х. наук, доцент,
Д.А. Григорьев, канд. техн. наук, доцент,
А.В. Король, старший преподаватель,
Т.Н. Матвейчук, зав. лабораторией
Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь
ktmg@bsatu.by

Аннотация. Обоснована перспективность адаптивного управления вакуумом и пульсацией по фактическому молочному потоку. Зарубежные исследования показывают возможность повышения интенсивности выдаивания и сокращения времени работы аппарата при снижении нежелательной нагрузки на ткани сосков. Предложено формирование индивидуального цифрового профиля доения и создание модульного отечественного контроллера для модернизации действующих установок.

Abstract. The paper substantiates adaptive vacuum and pulsation control according to actual milk flow. Flow-responsive systems can increase milking intensity and reduce unit-on time while limiting undesirable teat tissue loading. An individual digital milking profile and a modular domestic controller for upgrading existing parlors are proposed.

Ключевые слова: машинное доение, молокоотдача, вакуум, пульсация, цифровое управление, прецизионное животноводство.

Keywords: machine milking, milk flow, vacuum, pulsation, digital control, precision dairy farming.

Введение

Молокоотдача является динамическим физиологическим процессом и изменяется как между отдельными животными, так и в течение одного доения, тогда как большинство установок работает при фиксированных значениях вакуума и пульсации. Режим, эффективный при максимальном потоке, может быть избыточным в начале и конце процесса. Цель работы – обосновать адаптивное цифровое управление машинным доением с учетом текущего молочного потока и индивидуальных особенностей животного.

Основная часть

Постоянный вакуум представляет собой компромисс между пропускной способностью системы и физиологичностью воздействия. C. Stauffer [и др.] установили, что повышение вакуума до 48 кПа увели-

чивает средний молочный поток и сокращает продолжительность нахождения аппарата на вымени, а автоматическое снижение вакуума при слабой молокоотдаче уменьшает отрицательное воздействие на ткани сосков [1]. Практическую значимость такого подхода подтвердило исследование D.J. Reinemann [и др.] на молочной ферме с роторной доильной установкой. При использовании вакуума, регулируемого в зависимости от потока молока, пиковая интенсивность молокоотдачи увеличилась приблизительно на 12 %, средняя – на 4 %. По результатам моделирования пропускная способность роторного зала могла увеличиваться примерно на 4,2–6,8 % [2]. Следовательно, резерв эффективности связан не с постоянным повышением разрежения, а с его изменением по фазам процесса.

Адаптация возможна и по пульсационному режиму. В исследовании A. Singh [и др.] на поголовье свыше 5 тыс. голштинских коров совместное регулирование вакуума и пульсации сопровождалось увеличением пиковой скорости потока и снижением вероятности ряда кратковременных неблагоприятных изменений тканей сосков [3]. Это подтверждает принцип динамической системы, параметры которой изменяются вслед за физиологической реакцией животного.

Регулирование только по текущему потоку, не обеспечивает полной индивидуализации: одинаковая скорость молокоотдачи у разных коров может соответствовать различным стадиям процесса. Поэтому предлагается формировать индивидуальный цифровой профиль доения, включающий разовый удой, длительность доения, время достижения максимального потока, среднюю и максимальную интенсивность, продолжительность фаз высокого и низкого потока и характер вакуумного режима. После накопления серии доений система сможет определять нормальную для конкретной коровы кривую и выбирать режим в заранее установленных физиологически безопасных пределах.

Дополнительная практическая ценность профиля заключается в диагностике. Увеличение продолжительности доения или устойчивое снижение максимального потока при сопоставимых условиях может указывать на нарушение подготовки животного, изменение его состояния либо неисправность доильного поста. Следовательно, данные молочного счетчика и датчика вакуума используются одновременно для управления и технологического контроля.

Для Республики Беларусь целесообразна разработка модульного блока адаптивного управления для модернизации действующих доильных залов. Контроллер должен получать идентификатор животного, текущий молочный поток и вакуум, выбирать безопасный режим пульсации и сохранять результаты доения. Производственную проверку следует проводить на сопоставимых контрольной и опытной группах по продолжительности работы аппарата, среднему и максимальному потоку, длительности заключительной низкопоточной фазы, состоянию сосков, а при длительном опыте – также по соматическим клеткам и частоте маститов. Накопленная база данных может стать основой для алгоритмов машинного обучения, выполняющих оптимизацию только в заданных физиологических пределах.

Заключение

Регулирование вакуума и пульсации по молочному потоку является перспективным средством повышения технологической эффективности машинного доения [1–3]. Дальнейшее развитие связано с переходом от усредненного режима стада к индивидуальному цифровому профилю коровы. Практическая реализация возможна в форме отечественного модульного контроллера для существующих установок. Перспективой исследований является производственная апробация адаптивного режима на молочно-товарных комплексах Республики Беларусь и разработка алгоритма прецизионного доения, объединяющего текущий молочный поток с индивидуальной историей животного.

Список использованной литературы

1. Stauffer C., Feierabend M., Bruckmaier R. M. Different vacuum levels, vacuum reduction during low milk flow, and different cluster detachment levels affect milking performance and teat condition in dairy cows // J. Dairy Sci.. 2020. Vol. 103, No. 10. P. 9250–9260.

2. Reinemann D. J., van den Borne B. H. P., Hogeveen H. et al. Effects of flow-controlled vacuum on milking performance and teat condition in a rotary milking parlor // J. Dairy Sci.. 2021. Vol. 104, No. 6. P. 6820–6831.

3. Singh A., Spellman M. E., Somula H. et al. Effects of flow-responsive vacuum and pulsation with early attachment of the milking unit on teat tissue condition and milking performance in Holstein dairy cows // J. Dairy Sci.. 2024. Vol. 107, No. 12. P. 11744–11760.