

ИВАНОВ ЮРИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор¹

E-mail: iy.electro@mail.ru

ПОНИЗОВКИН ДМИТРИЙ АНДРЕЕВИЧ, канд. техн. наук¹

E-mail: ponizovkin.d@gmail.com

АКИМОВ АЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ, докт. техн. наук, профессор²

E-mail: akimov_mechfak@mail.ru

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, ул. Тимирязевская, 49, Москва, Российская Федерация

² Чувашская государственная сельскохозяйственная академия; 428003, ул. К. Маркса, 29, Чебоксары, Российская Федерация

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЖИВОТНЫХ НА ФЕРМАХ

Предложены технические решения по совершенствованию технологических процессов на молочных фермах на основе индивидуального контроля параметров животных. Разработан комплект технических средств и систем местной принудительной вентиляции, основанный на организации управляемого вектора потока воздуха на животных в зонах их нахождения с учетом их клинико-физиологических показателей при тепловых стрессах. При применении разработанного устройства клинико-физиологические показатели животных в жаркое время года приходят в норму в 2...4 раза быстрее; скорость испарения влаги с поверхности кожного покрова возрастает в 1,8...2,3 раза; производство молока увеличивается на 13...15%; снижается потребление энергии на вентиляцию в 2...3 раза. Разработан комплект технических средств для определения местонахождения животных в коровнике на основе измерения дальности их расположения с целью быстрого поиска, контроля их двигательной активности и технологического сортирования по группам. При проведении производственной проверки погрешность измерения текущих координат животных внутри коровника и на выгульной площадке составила не более 0,22 м. Изготовлен и прошел производственную проверку комплект технических средств для регистрации момента начала отела, частоты, продолжительности и времени дефекации и урикации, основанный на контроле мышечного напряжения корня хвоста животного. При применении технических средств прирост прибыли молочной фермы на 100 гол. составляет более 6%, срок окупаемости капиталовложений – 85 дней, что обусловлено невысокой стоимостью технических средств по отношению к стоимости материальных потерь.

Ключевые слова: технические средства контроля параметров коров, система местной вентиляции, система сортирования коров и определения местонахождения, система определения начала родов коров.

Введение. Важным резервом повышения эффективности технологических процессов производства молока на фермах является контроль индивидуальных параметров коров. Отклонение их от обычного состояния характеризуется изменением клинико-физиологических показателей (частоты дыхания, частоты сердечных сокращений, температуры тела и т.п.), поведенческих реакций, положением тела и других параметров, контроль за которыми позволяет оперативно принимать управленческие решения [1-5].

Цель исследования – совершенствование технологий и технических средств на фермах на основе контроля параметров коров.

Материал и методы. Исследования проводились на кафедре автоматизации и механизации животноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

1. Для исследования влияния параметров местной принудительной вентиляции на клинико-физиологи-

ческие показатели животного, целью которого являлось установление зависимости скорости воздушного потока вентилятора и продолжительности его воздействия на частоту дыхания, частоту сердечных сокращений коровы при различных значениях температуры и влажности воздуха в коровнике, была разработана экспериментальная установка, включающая в себя климатическую камеру, выполненную из жесткого каркаса, с теплоизоляционным материалом, теплогенератор, осевой вентилятор, устройство для увлажнения воздуха. Параметры воздуха определялись датчиками скорости, температуры, относительной влажности и атмосферного давления. Для дистанционного измерения температуры кожного покрова использовался пирометр с погрешностью измерения не более 0,1°C. Для термографического исследования теплообмена коровы с окружающей средой – тепловая камера высокого разрешения, позволяющая регистрировать темпе-

ратуру кожного покрова с точностью до 0,001°C. Концентрация газов (аммиака, сероводорода, углекислого газа и др.) регистрировалась газовым анализатором.

2. Методика определения местонахождения животных основана на применении разработанной радиоуправляемой модели, представляющей собой транспортную тележку, движущуюся по ферме. На тележке смонтирован приемопередатчик, аналогичный установленному на ошейнике животного. Тележка перемещается по ферме размером 72×12 м. Стационарные приемопередатчики устанавливаются внутри помещения в углах фермы. Экспериментально определяются геометрические расстояния от приемопередатчиков до радиоуправляемой тележки, перемещающейся со скоростью 0,2...0,5 м/с. Через каждые 0,2 м делается 10 замеров по каждой координате x, y, z . Во время испытаний проводится разметка расстояния с погрешностью до 0,01 м по ходу движения, в поперечном направлении и по высоте. Полученная радиотехнической системой информация о текущих координатах и среднеквадратических отклонениях рассчитывается центральным процессором и обрабатывается персональным компьютером.

3. Для мониторинга начала отела у коров был создан опытный образец электротехнических средств (ЭТС); три типа электротехнических измерительных преобразователей (ЭТИП) с различными чувствительными элементами; модель хвоста животного; стенд, состоящий из ПЭВМ, специализированного программного обеспечения (СПО), компрессора, цифрового осциллографа, цифрового мультиметра, манометра.

На модели хвоста животного определяется статическая характеристика тензочувствительного элемента (ТЧЭ) при радиальном воздействии силы растяжения и установлении рабочего диапазона ТЧЭ по полученной статической характеристике. Модель хвоста животного представляет собой резиновую камеру, на которой закреплен ЭТИП. Диаметр камеры соответствует усредненному диаметру хвоста взрослого животного. Имитация тонуса мышц корня хвоста производится изменением давления воздуха в камере из компрессора, что приводит к изменению диаметра камеры и реакции ТЧЭ.

При родах животного проводят проверку работоспособности ЭТИП и алгоритма детектирования явления родов у коровы. Автономно работающий ЭТИП закреплялся на готовящемся к родам животном с помощью специального приспособления за пять дней до предполагаемого отела. При проведении эксперимента осуществляется видеозапись и регистрация сигнала ТЧЭ с передачей данных на ПЭВМ с разработанным СПО.

Результаты и обсуждение.

1. Известно, что при температуре выше 25°C коровы снижают молочную продуктивность из-за теплового стресса [6-8]. В результате обобщения экспериментальных данных установлено, что воздействие местной принудительной вентиляции обеспечивает нормализацию клинико-физиологических показателей животных и снижение теплового стресса (рис. 1, 2).

Получены аналитические выражения, устанавливающие зависимость снижения частоты дыхания Δv_δ

и частоты сердечных сокращений Δv_n животного, испытывающего тепловой стресс, от скорости потока воздуха V_δ и продолжительности его воздействия τ :

$$\begin{cases} \Delta v_\delta = 60K_1 \frac{V_\delta \tau}{\varphi t_\delta} - 60K_2 \frac{V_\delta \tau^2}{\varphi t_\delta} + K_3, \\ \Delta v_n = 60K_4 \frac{V_\delta \tau}{\varphi t_\delta} - 60K_5 \frac{V_\delta \tau^2}{\varphi t_\delta} + K_6, \end{cases} \quad (1)$$

где Δv_δ – изменение частоты дыхания, мин⁻¹; Δv_n – изменение частоты сердечных сокращений, мин⁻¹; φ – относительная влажность воздуха, %; t_δ – температура воздуха, °C; $K_1...K_6$ – коэффициенты, учитывающие индивидуальные особенности животных ($K_1, °C/м$; $K_2, °C/м \cdot мин$; $K_3, °C/м$; $K_4, °C/м$; $K_5, °C/м \cdot мин$).

Граничные условия для аналитического выражения (1):

$$V_\delta = 0...2 \text{ м/с}; t_\delta = 15...35°C; v_\delta(0) = 0,25...0,5 \text{ с}^{-1}; v_n(0) = 0,83...1,33 \text{ с}^{-1}; \varphi = 0,50...0,80, \tau = 0...2100 \text{ с}.$$

Разработана математическая модель системы местной принудительной вентиляции коровника, обеспечивающая организацию рациональной структуры и количества поворачивающихся вентиляторов с учетом эффективной дальности воздушного потока, высоты размещения, угла наклона, угла поворота вентилятора и габаритов коровника с беспривязным содержанием животных.

$$\begin{cases} \Psi = f(G, F, K, \mu, t_n, t_\delta, \varphi_n, \varphi_\delta, P_{атм}, V_\delta), \\ N_\delta = f(a, b, \theta, \gamma, h, L, V_\delta), \\ V_\delta = f(\omega, D, \rho_\delta, p_{ст}, P_{атм}), \\ N_\delta = \frac{a}{k_1} \cdot \frac{b}{k_2}, \\ k_1 = (L - L \sin \theta) + 1, \\ k_2 = 1,5((L - L \sin \theta) - 2), \\ h = L \sin \theta, \end{cases} \quad (2)$$

где G – расход воздуха, кг/ч; F – площадь приточного и вытяжного каналов, м²; K – коэффициент ветрового напора наружных ограждений; μ – коэффициент расхода воздуха; t_n – температура приточного воздуха, °C; φ_δ – относительная влажность воздуха в помещении, %; φ_n – относительная влажность воздуха вне помещения, %; $P_{атм}$ – атмосферное давление, Па; a – длина коровника, м; b – ширина коровника, м; θ – угол наклона вентилятора от вертикали, рад; γ – угол поворота вентилятора, рад; h – высота размещения вентилятора, м; L – эффективная дальность воздушного потока, м; ω – частота вращения вентилятора, с⁻¹; D – диаметр вентилятора, м; ρ_δ – плотность воздуха, кг/м³; $p_{ст}$ – статическое давление, Па; член $\frac{a}{k_1}$ определяет количество вентиляторов в ряду, а $\frac{b}{k_2}$ – количество рядов вентиляторов.

Разработано, изготовлено и исследовано устройство местной принудительной вентиляции с управляемым вектором потока воздуха.

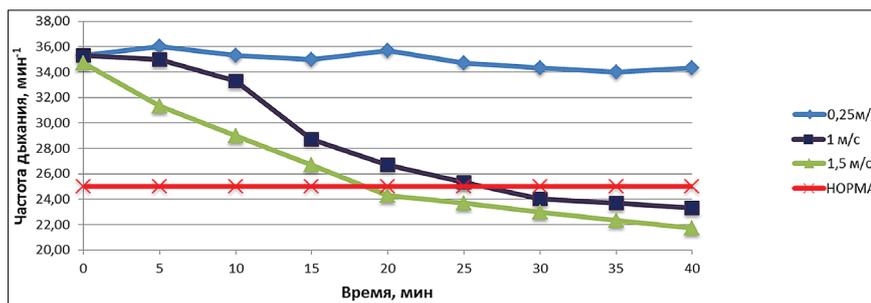


Рис. 1. Изменение частоты дыхания при обдуве животных вентилятором при относительной влажности $\varphi = 65\%$

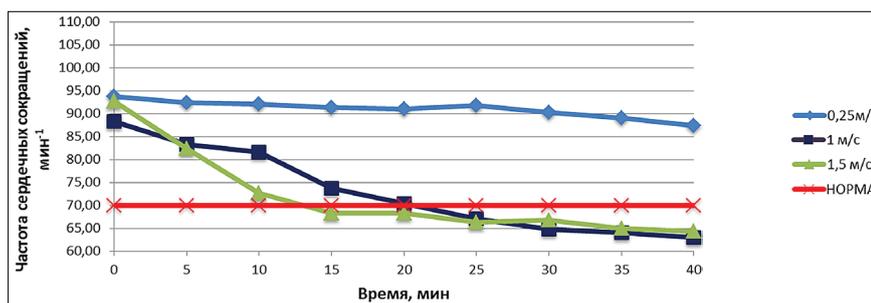


Рис. 2. Изменение частоты сердечных сокращений при обдуве животных вентилятором при относительной влажности $\varphi = 65\%$

При применении разработанного устройства в теплое и жаркое время года клинико-физиологические показатели животных приходят в норму в 2...4 раза быстрее, что составляет 10-15 мин; скорость испарения влаги с поверхности кожного покрова возрастает в 1,8...2,3 раза; производство молока увеличивается за счет снижения потерь на 13...15%; снижается потребление энергии на вентиляцию в 2...3 раза [8].

2. Определение местонахождения животного в коровнике необходимо для быстрого его поиска, измерения индивидуальной двигательной активности и обеспечения технологического сортирования животных по группам [9]. Для этих целей разработан комплект технических средств, основанный на измерениях и контроле во времени трехмерных координат животных с помощью трех радиолокационных приемопередатчиков P_1, P_2, P_3 , установленных в коровнике. В качестве информационного параметра дальности расположения животного используется фаза модулирующих колебаний, измеряемая фазовым дальномером по каждой дальности D_1, D_2, D_3 . Дальности до каждого животного по каждому радиоканалу (D), диапазон их однозначного отсчета ($D_{одн}$) при фазовом сдвиге $\Delta\varphi = 2\pi$ и относительная погрешность измерения (δD) вычисляются по формулам:

$$D \approx \frac{C}{4\pi f_m} \cdot \Delta\varphi_0, \quad (3)$$

$$D_{одн} \approx \frac{C}{4\pi f_m}, \quad (4)$$

$$\delta D \approx \frac{C}{4\pi f_m} \cdot \delta\varphi_\lambda, \quad (5)$$

Для повышения точности измерения дальностей используется многоканальный радиотехнический метод, заключающийся в точном измерении дальностей на масштабной частоте, а устранение неоднозначности отсчета с малой точностью (грубое измерение) – на более низкой масштабной частоте.

Для диапазона дальностей $\Delta D = 1000$ м при погрешности измерения фазового сдвига $\Delta\varphi = 2^\circ$ ошибки составят $\delta D_{\varphi} \approx 0,056$ м, $\delta D_f \approx 0,061$ м.

Суммарная погрешность δD_Σ измерения дальностей D_1, D_2, D_3 равна

$$\delta D_\Sigma \approx \sqrt{(\delta D_1)^2 + (\delta D_2)^2 + (\delta D_3)^2}. \quad (6)$$

При равенстве погрешностей дальностей используется формула

$$\delta D_\Sigma \approx \sqrt{3(\delta D)^2}. \quad (7)$$

Измерение дальностей и текущих пространственных координат нескольких животных производится с временным разделением сеансов «запрос-ответ». Так, для 200 животных организуется 600 независимых измерений дальностей D_1, D_2, D_3 с периодом 1 с, что достаточно для электромагнитной совместимости трех ретрансляторов.

Расчетные погрешности измерения пространственных координат составляют: $\Delta X = 0,143$ м, $\Delta Y = 0,154$ м, $\Delta Z = 0,124$ м.

Расчет текущих координат животных: для координаты X

$$x_i = \frac{\lambda^2}{(4\pi)^2} \cdot \frac{(\varphi_1^2 - \varphi_2^2)}{4B}, \quad (8)$$

для координаты Y

$$y_i = \sqrt{\frac{\varphi_1^2 \lambda^2}{(4\pi)^2} - \left[\frac{(\varphi_1^2 - \varphi_2^2) \lambda^2}{64\pi^2 B} + B \right]^2} - \left[\frac{1}{4h} \left(\frac{\varphi_1^2 \lambda^2}{(4\pi)^2} + \frac{\varphi_2^2 \lambda^2}{(4\pi)^2} - \frac{\varphi_3^2 \lambda^2}{8\pi^2} + 2h^2 - 2B^2 \right) \right]^2}; \quad (9)$$

для координаты Z

$$z_i = \frac{1}{4h} \left(\frac{\varphi_1^2 \lambda^2}{(4\pi)^2} + \frac{\varphi_2^2 \lambda^2}{(4\pi)^2} - \frac{\varphi_3^2 \lambda^2}{8\pi^2} + 2h^2 - 2B^2 \right), \quad (10)$$

где λ – длина волны высокочастотных колебаний, м; $\varphi_1 = \frac{4\pi D_1}{\lambda}$, $\varphi_2 = \frac{4\pi D_2}{\lambda}$, $\varphi_3 = \frac{4\pi D_3}{\lambda}$ – фазы радиосигналов, рад.

В результате исследований разработан комплект технических средств, при проведении производственной проверки которого погрешность измерения текущих координат животных внутри коровника и на выгульной площадке составила не более 0,22 м. Такие результаты достаточны для определения местонахождения животных в зонах отдыха, кормления, распределения по группам. Они позволяют установить, лежит животное или стоит, и выявить признаки половой охоты коров по их двигательной активности.

3. Контроль функциональной деятельности органов промежности животных необходим для оповещения фермера о моменте начала родов коров, проявлениях диспепсии новорожденных телят, вызываемой проблемами пищеварительной системы в адаптационный период, нарушениях дефекации и уринации, вызываемых переходом с одного типа кормления на другой или низким качеством кормов и стрессами, что позволяет оказывать своевременную помощь животным [10-14]. Разработан комплект технических средств, предназначенный для регистрации момента начала родов, частоты, продолжительности и времени дефекации и уринации, основанный на контроле мышечного напряжения корня хвоста животного, так как вышеуказанные проявления характеризуются его движением и положением в пространстве и времени.

Первоначально осуществлялась проверка работоспособности разработанных ЭТИП и математической модели детектирования явлений, происходящих с хвостом животного, и получение базового материала для построения математической модели (алгоритма) детектирования явления родов у коровы.

Напряжение мышц вызывает увеличение диаметра хвоста в плоскости крепления ТЧЭ. Сигнал с ТЧЭ, пропорциональный напряжению мышц корня хвоста животного, поступает на вход аналогово-цифрового преобразователя микроконтроллера (АЦП МК), преобразующий с заданной частотой аналоговый сигнал в цифровой поток данных, который через интерфейс и устройство сопряжения поступает в программу интерпретации показаний, установленную на ПЭВМ.

Программа интерпретирует поток данных и с учетом математических моделей физиологических явлений, заложенных в нее, сообщает обслуживающему персоналу о времени начала родов у коровы.

Критерии идентификации ЭТС сигналов коров формируются на основе контроля параметров: t_o – продолжительность рабочего сигнала (импульса) от ТЧЭ, возникающего при напряжении мышц корня хвоста, с; N – количество импульсов, шт.; t_n – временной интервал, характеризующий патологические роды; t_u – контролируемый временной интервал, мин.

Сигнал – начало родов. Критерии идентификации:

$$\begin{cases} t_o > 600 \text{ с,} \\ N = 1, \\ t_n > 180 \text{ мин.} \end{cases} \quad (11)$$

Сигнал – дефекация или уринация. Критерии идентификации:

$$\begin{cases} t_o > 5 \text{ с,} \\ N = 1. \end{cases} \quad (12)$$

Сигнал – стресс, возникающий, например, во время дойки, кормления, взвешивания или сортировки коров. Критерии идентификации:

$$\begin{cases} t_o > 5 \text{ с,} \\ t_u > 60 \text{ мин,} \\ N = 3. \end{cases} \quad (13)$$

Сигнал – угроза насекомых, возникающий, например, при отпугивании хвостом слепней или оводов. Критерии идентификации:

$$\begin{cases} t_o = 1...5 \text{ с,} \\ t_u > 10 \text{ мин,} \\ N = 3...10. \end{cases} \quad (14)$$

Указанные критерии могут корректироваться программными средствами с учетом индивидуальных особенностей животных, возраста, породных различий или предрасположенностью к дистоции.

Прирост прибыли молочной фермы на 100 гол. при применении технических средств составляет более 6% при сроке окупаемости капиталовложений 85 дней, что обусловлено невысокой стоимостью технических средств по отношению к стоимости материальных потерь [8].

Выводы

Технические системы дистанционного контроля сигналов коров имеют большие перспективы, поскольку предназначены для повышения уровня реализации генетического потенциала каждого животного. Применение «точечного» животноводства – одно из наиболее приоритетных направлений развития производства молока на фермах.

Библиографический список

1. Ерохин М.Н., Кирсанов В.В., Цой Ю.А., Казанцев С.П. [и др.]. Структурно-технологическое моделирование процессов и функциональных систем в молочном скотоводстве // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2007. Т. 17. № 1. С. 19-31.
2. Иванов Ю.А., Новиков Н.Н. Повышение качества среды обитания животных на основе совершенствования управления оборудованием систем микроклимата // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2013. № 3 (11). С. 44-51.
3. Иванов Ю.А., Новиков Н.Н. Автоматизация процессов как фактор повышения эффективности производства животноводческой продукции // Сборник научных докладов ВИМ. 2006. Т. 1. С. 104-109.
4. Самарин Г.Н. Контроль и управление основными параметрами микроклимата животноводческого помещения // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2008. № 3 (28). С. 19-21.
5. Иванов С.И., Самарин Г.Н., Ружьев В.А. Новое техническое решение для обеспечения оптимальной относительной влажности на ферме // Известия Санкт-Петербургского аграрного университета. 2013. № 31. С. 229-232.
6. Иванов Ю.Г., Понизовкин Д.А. Энергосберегающая система принудительной вентиляции коровника для летнего периода времени // Труды Международной науч.-техн. конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». 2014. Т. 3. С. 104-105.
7. Иванов Ю.Г., Понизовкин Д.А. Обоснование параметров принудительной вентиляции на молочной ферме для летнего периода времени // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2013. № 3 (11). С. 173-175.
8. Иванов Ю.Г., Борулько В.Г., Понизовкин Д.А. Влияние параметров принудительной вентиляции на физиологические показатели коров при высоких значениях температуры и относительной влажности в помещении // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2015. № 4 (20). С. 192-194.
9. Иванов Ю.Г., Викторов А.И. Радиотехнический метод определения местонахождения животных и половой охоты коров и телок // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 4. С. 9-11.
10. Лощинин С.О., Чучин В.Н., Авдеенко В.С., Кривенко Д.В. Интранатальная асфиксия новорожденных телят в период патологических родов // Известия Горского государственного аграрного университета. 2014. Т. 51. № 3. С. 150-156.
11. Maltz E., Antler A. A practical way to detect approaching calving of the dairy cow by a behaviour sensor // Proc. Precision livestock farming '07, Edited by: S. Cox, Academic Publishers. 2007. P. 141-146.
12. Katz G., Arazi A., Pinski N., Halachmi I., Schmilovitz Z., Aizinbud E., Maltz E. Current and Near Term Technologies for Automated Recording of Animal Data for Precision Dairy Farming // ADSA, San Antonio, TX, USA. 2007. J. Dairy Sci. Vol. 90, Suppl. 1. P. 377.
13. Livshin N., Antler A., Zion B., Stojanovski G., Bunevski G., E. Maltz. Lying behaviour of dairy cows under different housing systems and physiological conditions // Proc. 2nd ECPLF, 9-12 June 2005 in Uppsala, Sweden. P. 305-311.
14. Ян Гулсен. Сигналы коров: Практическое руководство по менеджменту в молочном животноводстве. Берген-на-Зоме: Vetvice, 2010. 98 с.

Статья поступила 11.08.2018

IMPROVING TECHNOLOGICAL PROCESSES AND TECHNICAL MEANS BASING ON INDIVIDUAL CONTROL OF ANIMAL PARAMETERS ON FARMS

YURIY G. IVANOV, DSc (Eng), Professor¹

E-mail: iy.electro@mail.ru

DMITRY A. PONIZOVKIN, PhD (Eng)¹

E-mail: ponizovkin.d@gmail.com

ALEKSANDR P. AKIMOV²

E-mail: akimov_mechfak@mail.ru

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127550, Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, Russian Federation

² Chuvash State Agricultural Academy; 428003, Karl Marx Str., 29, Cheboksary, Russian Federation

The authors propose technical solutions for improving technological processes on dairy farms based on individual control of animal parameters. A set of technical means and systems of local forced ventilation has been developed, basing on the organization of a controlled air flow vector directed at animals in their areas, taking into account their clinical and physiological parameters under thermal stresses. With the application

of the developed device, the clinical-and-physiological indices of animals, in the hot season, come back to normal values 2...4 times faster; the rate of moisture evaporation from skin the surface grows 1.8...2.3 times faster; milk production increases by 13...15%; energy consumption for ventilation is reduced in 2...3 times. A set of technical tools for locating animals in a barn has been developed on the basis of measuring the location of animals for their quick detection, controlling their motor activity and their sorting out into groups. During the production check, the measurement error of the current coordinates of animals inside the barn and on the walking platform was less than 0.22 m. The authors have developed a set of technical means for recording the time point of the onset of calving, frequency, duration and time of defecation and urination based on voltage monitoring muscle strain of the root of an animal's tail. With the use of technical means, an increase in the profit of a dairy farm by 100 animals is more than 6%, the payback period of investments is 85 days, which is due to the low cost of technical means relating to the cost of material losses.

Key words: technical means for controlling cows' parameters, local ventilation systems, cow screening and locating systems, systems for determining the beginning of calving.

References

1. Yerokhin M.N., Kirsanov V.V., Tsoy Yu.A., Kazantsev S.P. [et al.] Strukturno-tehnologicheskoye modelirovaniya protsessov i funktsional'nykh sistem v molochnom skotovodstve [Structural and technological modeling of processes and functional systems in dairy farming]. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*, 2007; 17(1): 19-31. (in Rus.).
2. Ivanov Yu.A., Novikov N.N. Povysheniye kachestva srede obitaniya zhivotnykh na osnove sovershenstvovaniya upravleniya oborudovaniyem sistem mikroklimate [Improving the quality of wildlife habitat by improving equipment of microclimate control systems]. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*, 2013; 3 (11): 44-51. (in Rus.).
3. Ivanov Yu.A., Novikov N.N. Avtomatizatsiya protsessov kak faktor povysheniya effektivnosti proizvodstva zhivotnovodcheskoy produktsii [Automation of processes as a factor of improving livestock production efficiency]. *Sbornik nauchnykh dokladov VIM*, 2006; 1: 104-109. (in Rus.).
4. Samarin G.N. Kontrol' i upravleniye osnovnymi parametrami mikroklimate zhivotnovodcheskogo pomeshcheniya [Checking and controlling the main microclimate parameters of a livestock building]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*, 2008; 3 (28): 19-21. (in Rus.).
5. Ivanov S.I., Samarin G.N., Ruzh'yev V.A. Novoye tekhnicheskoye resheniye dlya obespecheniya optimal'noy otnositel'noy vlazhnosti na ferme [New technical solution to provide the optimum relative humidity in a cowshed]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo agrarnogo universiteta*, 2013; 31: 229-232. (in Rus.).
6. Ivanov Yu.G., Ponizovkin D.A. Energoberegayushchaya sistema prinuditel'noy ventilyatsii korovnika dlya letnego perioda vremeni [Determination of the parameters of forced ventilation on a cowshed in the summer period]. *Trudy Mezhdunarodnoy nauch.-tekhn. konferentsii "Energoobespecheniye i energosberezheniye v sel'skom khozyaystve"*, 2014; 3: 104-105. (in Rus.).
7. Ivanov Yu.G., Ponizovkin D.A. Obosnovaniye parametrov prinuditel'noy ventilyatsii na molochnoy ferme dlya letnego perioda vremeni [Energy-saving system for forced ventilation of a cowshed in the summer period]. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*, 2013; 3 (11): 173-175. (in Rus.).
8. Ivanov Yu.G., Borul'ko V.G., Ponizovkin D.A. Vliyaniye parametrov prinuditel'noy ventilyatsii na fiziologicheskiye pokazateli korov pri vysokikh znacheniyakh temperatury i otnositel'noy vlazhnosti v pomeshchenii [Influence of forced ventilation parameters on the physiological parameters of cows at high temperatures and relative humidity indoors]. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*, 2015; 4 (20): 192-194. (in Rus.).
9. Ivanov Yu.G., Viktorov A.I. Radiotekhnicheskii metod opredeleniya mestonakhozhdeniya zhivotnykh i polovoy okhoty korov i telok [Radiotechnical method for locating animals and oestrus in cows and heifers]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*, 2005; 4: 9-11. (in Rus.).
10. Loshchinin S.O., Chuchin V.N., Avdeyenko V.S., Krivenko D.V. Intranatal'naya asfiksiya novorozhdennykh telyat v period patologicheskikh rodov [Intrapartum asphyxia of newborn calves in the period of pathologic labor]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014; 51(3): Pp. 150-156. (in Rus.).
11. Maltz E., Antler A. A practical way to detect approaching calving of the dairy cow by a behaviour sensor. *Proc. Precision livestock farming '07*, Edited by S. Cox, Academic Publishers, 2007: 141-146.
12. Katz G., Arazi A., Pinski N., Halachmi I., Schmilovitz Z., Aizinbud E., Maltz E. Current and Near Term Technologies for Automated Recording of Animal Data for Precision Dairy Farming. *ADSA*, San Antonio, TX, USA, 2007. *J. Dairy Sci*; 90, Suppl. 1: 377.
13. Livshin N., Antler A., Zion B., Stojanovski G., Bunevski G., E. Maltz. Lying behaviour of dairy cows under different housing systems and physiological conditions. *Proc. 2nd ECPLF, 9-12 June 2005 in Uppsala, Sweden*, Pp. 305-311.
14. Jan Hulsen. Signaly korov: Prakticheskoye rukovodstvo po menezhmentu v molochnom zhivotnovodstve [Cow signals – A practical guide for dairy farm management]. Bergen-na-Zome: Vetvice, 2010: 98. (in Rus.).

The paper was received on August 11, 2018