

2. Berdyshev V. Ye., Lomakin S.G., Shevtsov A.V. Vliyaniye tipa dek na kachestvo raboty aksial'no-rotornoy molotil'no-separiruyushchey sistemy [Influence of the deck type on the quality of an axial-flow threshing-and-separating system]. *Vestnik MGAU imeni V.P. Goryachkina*. 2015. No. 1. Pp. 20-24. (in Rus.)

3. Aldoshin N. Methods of harvesting mixed crops. Proceeding of 6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2016. Part 1. Czech University of Life Sciences Prague – Faculty of Engineering. Pp. 26-32.

4. Aldoshin N.V. Analiz tekhnologicheskikh protsessov v rasteniyevodstve [Analysis of technological processes in crop production]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2008. No. 1. Pp. 34-36. (in Rus.)

5. Aldoshin N.V., Gorbachev I.V., Zolotov A.A., Lomakin S.G., Manokhina A.A., Panov A.I., Plya-

ka V.I., Shchigolev S.V. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny [Agricultural Machinery]. Moscow, Izd-vo RGAU-MSKhA, 2014. 149 p. (in Rus.)

6. Aldoshin N.V., Zolotov A.A., Panov A.I., Manokhina A.A., Voronov A.M., Lylin N.A., Pylayev B.V. Ochistka zernouborochnogo kombayna [Cleaning process in a combine harvester]: RF Patent No. 172994, MPK A01F 12/44, MPK A01D41/12. Publ. on 03.08.2017. Bul. No. 22. (in Rus.)

7. Lukomets V.M., Aldoshin N.V., Zolotov A.A., Tsygutkin A.S., Voronov A.M., Lylin N.A., Mosyakov M.A. Ochistka zernouborochnogo kombayna [Cleaning process in a combine harvester]: RF Patent No. 162756. Published on 27.06.2016. Bul. No. 18. (in Rus.)

The paper was received on October 31, 2017

УДК 631.22.013

DOI 10.26897/1728-7936-2017-6-47-52

ИВАНОВ ЮРИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ, докт. техн. наук, доцент

E-mail: iy.electro@mail.ru

ВОРОБЬЕВ ВИКТОР АНДРЕЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор

E-mail: tatiana49@mail.ru

ПОНИЗОВКИН ДМИТРИЙ АНДРЕЕВИЧ, канд. техн. наук

E-mail: ponizovkin.d@gmail.com

БОРУЛЬКО ВЯЧЕСЛАВ ГРИГОРЬЕВИЧ, канд. техн. наук

E-mail: v.borulko@mail.ru

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

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА КОРОВ В ТЕПЛОЕ ВРЕМЯ ГОДА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОЧИСТКИ КОЖНОГО ПОКРОВА

Представлены результаты исследований, направленных на снижение тепловых стрессов у коров, возникающих при температурах выше 25 градуса Цельсия, путем повышения интенсивности теплообмена животного с окружающей средой в теплый период года за счет уменьшения загрязнения кожного покрова при различных способах очистки. Методика исследования основана на бесконтактном измерении температуры кожного покрова коров на выбранных участках тела после различных способов очистки. У животных выбираются по три участка кожного покрова (15 на 15 кв. см) на боковой поверхности туловища: участок 1 – контрольная зона (не очищается); участок 2 – зона сухой очистки; участок 3 – зона влажной очистки. Участки кожи имеют одинаковую площадь. На всех трех участках кожного покрова перед очисткой проводятся замеры температуры с использованием пирометра. Исследование проводилось в помещении при температуре воздуха окружающей среды 25,4 градуса Цельсия, атмосферном давлении 746 мм рт. ст., относительной влажности воздуха 59,6%, скорости воздуха 0,2 м/с, воздействие прямых солнечных лучей на кожный покров отсутствовало. Установлено, что в результате влажной очистки участок кожного покрова имеет температуру в среднем на 4,17 градуса Цельсия ниже, чем неочищенный участок, тогда как после сухой очистки разница между очищенным и контрольным

участками составила 0,87 градуса. Экспериментально подтвердили, что влажная очистка кожного покрова коров в теплый период года более эффективна, чем сухая очистка.

Ключевые слова: коровы, тепловые стрессы, кожный покров, сухая очистка, влажная очистка.

Введение. Поддержание комфортных условий содержания животных является важным фактором повышения эффективности производства молока на фермах. Современные научные достижения позволяют более эффективно использовать технологическое оборудование и поддерживать комфортные условия на животноводческих предприятиях [1-6]. Опираясь на клинико-физиологические показатели животных, можно оценить реакцию организма животного на воздействие внешней среды, в том числе и в помещении [7, 8].

Особое внимание следует уделить состоянию кожного покрова коров, который постоянно взаимодействует с окружающей средой, в частности, участвует в теплообмене. В результате такого взаимодействия, в большинстве случаев, возникает загрязнение кожного покрова. Характер загрязнения может изменяться и зависит от способа содержания животных, а также условий внешней среды. Загрязнение кожного покрова может спровоцировать появление патогенных микроорганизмов и кожных паразитов. Недостаточный уход за кожей приводит

к загрязнению и закупорке потовых желез животного, раздражению кожного покрова и ухудшению терморегуляционной функции кожи [9].

Таким образом, исследование различных способов очистки кожного покрова является актуальной задачей. Решение этой проблемы особенно важно в теплый и жаркий период года, когда условия внешней среды для отдачи тепла путем теплопроводности, конвекции или путем излучения менее благоприятные, чем в более холодный период. При этом особое внимание необходимо уделить теплоотдаче за счет испарения [10].

При подробном рассмотрении кожного покрова коров можно выделить следующие характеристики, влияющие на теплоотдачу в целом и на отдельные ее виды в частности: длина и диаметр волос; расстояние между волосами (рис. 1). Дополнительно на теплоотдачу будет влиять загрязнение кожного покрова, которое можно разделить на естественное (секреция сальных желез, отшелушившиеся роговые клетки) и внешнее (пыль, грязь, продукты жизнедеятельности животного).

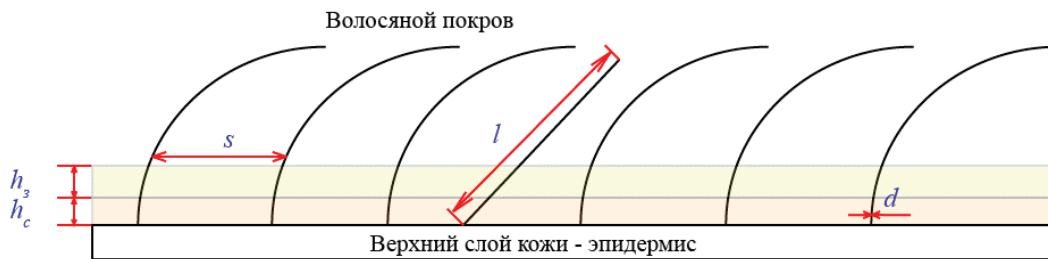


Рис. 1. Характеристики кожного покрова: s – расстояние между волосами; l – длина волоса; d – диаметр волоса; h_c – толщина естественного слоя загрязнения; h_3 – толщина внешнего слоя загрязнения

Учитывая перечисленные характеристики кожного покрова, можно выразить функцию Ω , которая определяет степень загрязнения кожного покрова:

$$\Omega = \{h_3, h_c, s, l, d, K_c, K_3\}, \quad (1)$$

где h_3 – толщина внешнего слоя загрязнения, м; h_c – толщина естественного слоя загрязнения, м; s – расстояние между волосами, м; l – длина волоса, м; d – диаметр волоса, м; K_c – коэффициент естественного загрязнения; K_3 – коэффициент внешнего загрязнения.

Коэффициенты загрязнения K_c и K_3 – интегральные характеристики, описывающие физические и химические свойства соответствующего слоя загрязнения кожного покрова.

Учитывая полученные ранее уравнения [11], аналитические выражения, устанавливающие зависимость влияния параметров окружающей среды

на теплообмен животного, могут быть представлены в виде

$$\begin{cases} F_T = \{V_d, V_n, t_m, t_{к.п.}, t_a, \phi, V_a, Q_K, Q_L, Q_H, K_{CO}, K_{ВП}, K_c, K_3, \tau\}, \\ Q_K = K_c K_3 K_{CO} K_{ВП} \beta \beta_1^4 \sqrt{t_{к.п.} - t_a + 60 \frac{V_a^2}{l}} (t_{к.п.} - t_a) F_{об}, \\ Q_L = K_c K_3 K_{CO} K_{ВП} \varepsilon_{ар} C_0 [0,81 + 0,005(t_{к.п.} + t_a)] (t_{к.п.} - t_a) F_{об}, \\ Q_H = K_c K_3 K_{CO} K_{ВП} \beta \beta_1^4 \sqrt{t_{к.п.} - t_a + 60 \frac{V_a^2}{l}} (c_1 - c_2) \frac{101,3 \cdot 10^3}{\rho c_p P_a} F_{об}, \\ \Omega = \{h_3, h_c, s, l, d, K_c, K_3\}, \end{cases} \quad (2)$$

где F_T – функция теплоощущения животного; v_d – частота дыхания, мин⁻¹; v_n – частота сердечных сокращений, мин⁻¹; t_m – температура тела коровы, °С; $t_{к.п.}$ – температура кожного покрова, °С; t_a – температуры воздуха в помещении, °С; ϕ – относительная влажность воздуха, %; V_a – скорость воздуха, м/с; Q_K – теплопередача конвекцией, Вт; Q_L – те-

плотность теплопередачи излучением, Вт; $Q_{и}$ – теплопередача испарением, Вт; K_{CO} – коэффициент, учитывающий способ очистки кожного покрова; $K_{ВЛ}$ – коэффициент, учитывающий волосяной покров; τ – время воздействия, с; $F_{об}$ – общая площадь поверхности кожного покрова животного, м²; β , β_1 – коэффициенты теплоотдачи поверхности, Вт/м²°C; l_n – характерный размер поверхности, м; $\epsilon_{пр}$ – приведенная степень черноты поверхности кожи и внутренних поверхностей ограждений; C_0 – коэффициент излучения абсолютно черной поверхности, Вт/м²К⁴; c_1 – концентрация водяного пара на поверхности при 100%-м насыщении и температуре поверхности жидкости, кг/м³; c_2 – концентрация водяного пара в окружающем воздухе, кг/м³; c_p – удельная теплоемкость вещества, Дж/кг·°C; $p_о$ – барометрическое давление влажного воздуха, Па; ρ – плотность жидкости, кг/м³.

Цель исследования – оценка интенсивности теплообмена животного с окружающей средой в теплый период времени года за счет снижения загрязнения кожного покрова при различных способах очистки.

Материал и методы. Гипотеза исследования состоит в том, что после очистки кожного покрова животного (в теплый и жаркий период года) от загрязнения повысится интенсивность теплообмена животного с окружающей средой.

Методика исследования основана на определении температуры кожного покрова бесконтактным способом на различных участках тела животного.

Данные получены на молочной ферме зоостанции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. В исследовании участвует группа из пяти животных, выбранных по одинаковым критериям (возраст, масса, количество отелов, состояние здоровья животного). Выбирается по три участка кожного покрова на боковой поверхности туловища каждой коровы (рис. 2): участок 1 – контрольная зона; участок 2 – зона сухой очистки; участок 3 – зона влажной очистки. Размеры участков имеют одинаковую площадь и составляют 15×15 см². На всех трех участках кожного покрова перед очисткой проводятся замеры температуры бесконтактным способом с использованием пирометра.

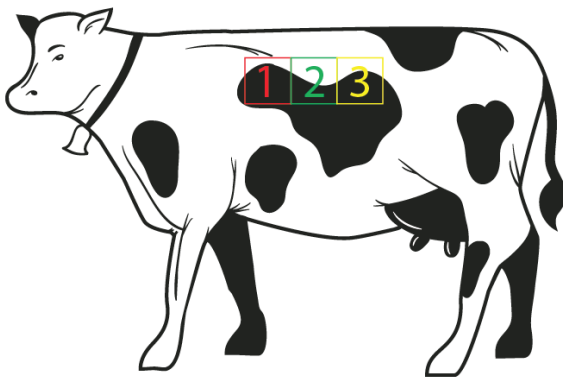


Рис. 2. Зоны измерения температуры кожного покрова

Участок кожного покрова № 2 очищается сухим способом с использованием щетки (скребка), участок № 3 – влажным способом с использованием щетки (скребка) и моющего средства на основе мыльного раствора. Регистрируются данные средней температуры кожного покрова по каждому участку кожного покрова. Критерием выбора участков кожного покрова является отсутствие значительных колебаний температуры кожного покрова (не более 2% – 0,7°С) и одинаковый цвет (светлый или темный). Время очистки участков кожного покрова составило 1 мин. После очистки измерения температуры кожного покрова начинаются через 5-10 мин, чтобы избежать погрешности измерения температуры за счет трения. Замеры температуры кожного покрова проводились в течение 30 мин, с интервалом в 5 мин.

Результаты исследования. Выбранные участки кожного покрова были подготовлены и очищены. Исследование проводилось в помещении при температуре воздуха окружающей среды 25,4°С, атмосферном давлении 746 мм рт. ст., относительной влажности воздуха 59,6%, скорости воздуха 0,2 м/с, воздействие прямых солнечных лучей на кожный покров отсутствовало.

Температура каждого участка кожного покрова определяется бесконтактным способом с использованием пирометра (рис. 3).

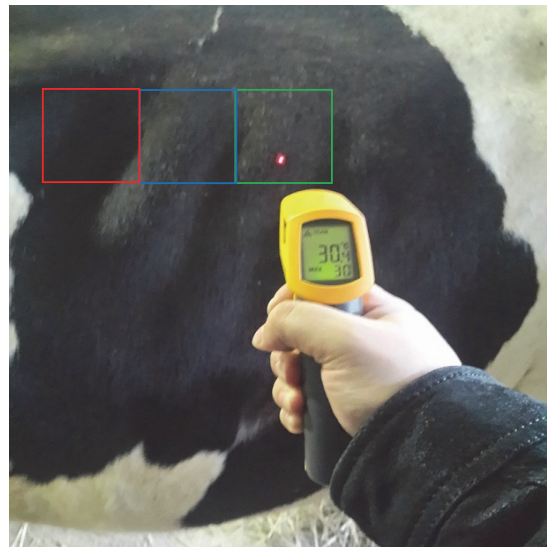


Рис. 3. Измерение температуры кожного покрова коровы при различных способах очистки: красный квадрат – без очистки; синий – сухая очистка; зеленый – влажная очистка

Температура каждого участка наблюдалась в течение 30 мин. Результаты представлены на рисунке 4.

В результате влажной очистки участок кожного покрова имеет температуру в среднем на 4,17°С ниже, чем неочищенный участок кожного покрова.

ва, тогда как после сухой очистки разница составила 0,87°C. При этом колебания температуры участков кожного покрова, которые не подвергались очистке, были не выше 0,7°C, а в среднем

изменялись на 0,3...0,4°C. Диапазон измерения пирометра от -32 до +535°C. Точность измерения пирометра составляет 1%, что соответствует 0,30...0,35°C.

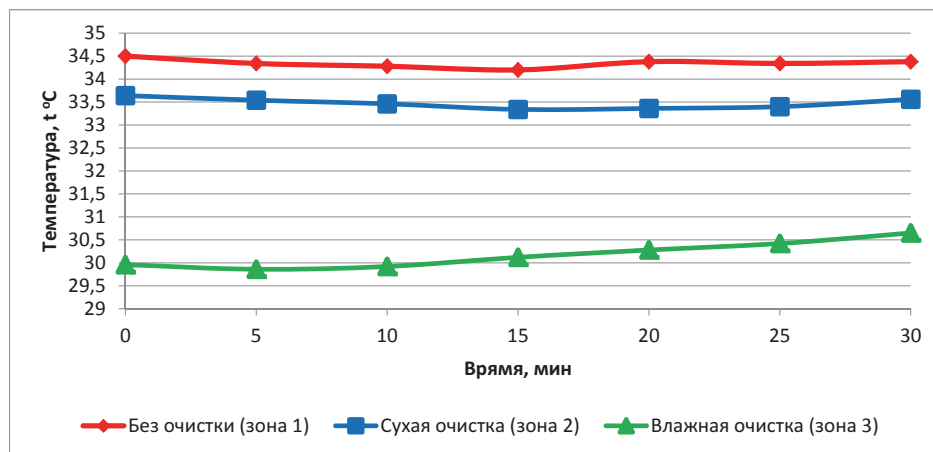


Рис. 4. Зависимость температуры кожного покрова от способа очистки

Выводы

На основании полученных данных можно заключить, что повышения интенсивности теплообмена животного с окружающей средой можно добиться за счет снижения загрязнения кожного покрова. При этом влажная очистка более эффективна.

По результатам исследований можно утверждать, что влажная очистка кожного покрова способствует увеличению теплоотдачи с поверхности кожи как за счет уменьшения загрязнения, которое создает дополнительный теплоизоляционный слой между поверхностью кожи и окружающим воздухом, так и за счет испарения влаги с поверхности кожи, возникающего после влажной очистки.

Проведенные исследования и полученные результаты позволяют сделать вывод об актуальности разработки и применения механического устройства очистки кожного покрова, обладающего возможностью проводить влажную очистку с моющим средством.

Библиографический список

1. Андреев С.А., Судник Ю.А., Белоусова И.В. Энергосберегающее управление влажностью воздуха на объектах АПК // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2010. № 2. С. 7-12.
2. 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.
3. Кирсанов В.В., Игнаткин И.Ю. Математическая модель водоиспарительного охлаждения в си-

стемах вентиляции // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2017. № 1 (77). С. 14-20.

4. Кирсанов В.В. Механизация и технология животноводства: Учебник / В.В. Кирсанов [и др.]. М.: ИНФРА-М, 2016. 585 с.

5. Мурусидзе Ю.Г., Иванов Р.Ф., Филонов Д.Н. Механизация и технология животноводства: Лабораторный практикум: Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2016. 208 с.

6. Мурусидзе Д.Н. Механизация животноводства: Дипломное и курсовое проектирование по механизации животноводства: Учебное пособие / Д.Н. Мурусидзе, В.В. Кирсанов, Ю.А. Мирзоянц. М.: ИНФРА-М, 2016. 427 с.

7. Иванов Ю.Г., Понизовкин Д.А. Влияние параметров воздушной среды коровника на физиологические показатели животных // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 4. С. 18-21.

8. Иванов Ю.Г., Понизовкин Д.А. Система принудительной вентиляции коровника для теплого времени года // Сельский механизатор. 2015. № 8. С. 26-27.

9. Хлопко Ю.А., Нигматов Л.Г. Обоснование механической обработки кожного покрова крупного рогатого скота // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (41). С. 99-103.

10. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных. Приспособление и среда. Книга 1; Пер. с англ. / Перевод М.Д. Гроздовой, Г.И. Рожковой; Под ред. и с предисл. Е.М. Крепса. М.: Мир, 1982. 416 с.

11. Понизовкин Д.А. Обоснование параметров устройства местной вентиляции коровника для теплого времени года: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01: защищена 18.02.16: утв. 06.06.16. М., 2016. 238 с.

Статья поступила 05.07.2017

EVALUATION OF HEAT EXCHANGE INTENSITIVITY OF COWS IN WARM SEASONS USING DIFFERENT METHODS OF EPIDERMIS CLEANING

YURI.G. IVANOV, DSc (Eng), Associate Professor

E-mail: iy.electro@mail.ru

VIKTOR.A. VOROBYOV, PhD (Eng)

E-mail: tatiana49@mail.ru

DMITRI A. PONIZOVKIN, PhD (Eng)

E-mail: ponizovkin.d@gmail.com

VYACHESLAV G. BORULKO, PhD (Eng)

E-mail: v.borulko@mail.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; 127550, Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, Russian Federation

The results of studies aimed at reducing thermal stresses in cows occurring at temperatures above 25°C are presented by increasing the intensity of heat exchange between the animal and the environment during the warm periods due to a reduction in skin contamination using various methods of cleaning. The research method based on contactless measurement of skin temperature of cows in selected body areas after applying various methods of cleaning. In animals, three skin sections have been selected on the lateral body surface. Section 1 – control zone (not cleaned); Section 2 – dry cleaning zone; Section 3 – wet cleaning zone. All skin areas are equal in size. In all three skin areas, temperature measurements have been carried out with a pyrometer before cleaning. The study was conducted indoors at an ambient air temperature of 25.4°C, atmospheric pressure of 746 mm Hg, air humidity of 59.6%, air velocity of 0.2 m/s, without direct sunlight exposure on the skin. As a result of wet cleaning, the skin area has demonstrated an average temperature that has been lower by 4.17°C than the untreated area, whereas after dry cleaning the difference between the cleaned and control area as accounted for 0.87°C only. The data obtained make it possible to assert that the use of wet cleaning of the cow skin during the warm periods is more effective than dry cleaning.

Key words: cows, heat stresses, cattle epidermis, dry cleaning, wet cleaning.

References

1. Andreyev S.A., Sudnik Yu.A., Belousova I.V. Energoberegayushcheye upravleniye vlazhnost'yu vozdukh na ob'yektakh APK [Energy-saving humidity control at agricultural facilities]. *Vestnik MGAU imeni V.P. Goryachkina*. 2010. No. 2. Pp. 7-12. (in Rus.)
2. Erokhin M.N., Kirsanov V.V., Tsoi Yu.A., Kazantsev S.P. et al. Strukturno-tekhnologicheskoye modelirovaniye protsessov i funktsional'nykh sistem v molochnom skotovodstve [Structural and technological modeling of processes and functional systems in dairy farming]. *Vestnik of VNIIMZh*. 2007. Vol. 17. No. 1. Pp. 19-31. (in Rus.)
3. Kirsanov V.V., Ignatkin I.Yu. Matematicheskaya model' vodoisparitel'nogo okhlazhdeniya v sistemakh ventilyatsii [Mathematical model of water-evaporating cooling in ventilation systems]. *Vestnik MGAU imeni V.P. Goryachkina*. 2017. No. 1 (77). Pp. 14-20. (in Rus.)
4. Kirsanov V.V. *Mekhanizatsiya i tekhnologiya zhivotnovodstva: Uchebnik* [Livestock Breeding Mechanization and Technology: Textbook]. Moscow, INFRA-M, 2016. 585 p. (in Rus.)
5. Murusidze D.N., Ivanov R.F., Filonov R.F. *Mekhanizatsiya i tekhnologiya zhivotnovodstva: Laboratornyy praktikum: Uchebnoye posobiye* [Livestock Breeding Mechanization and Technology: Laboratory study guide]. Moscow, INFRA-M, 2016. 427 p. (in Rus.)
6. Murusidze D.N., Kirsanov V.V., Mirzoyants Yu.A. *Mekhanizatsiya zhivotnovodstva: Diplomnoye i kursovoye proyektirovaniye po mekhanizatsii zhivotnovodstva: Uchebnoye posobiye* [Livestock Breeding Mechanization and Technology: Diploma and course paper writing guide]. Moscow, INFRA-M, 2016. 208 p. (in Rus.)
7. Ivanov Yu.G., Ponizovkin D.A. Vliyaniye parametrov vozdushnoy sredy korovnika na fiziologicheskiye pokazateli zhivotnykh [Influence of the parameters of cowshed air environment on physiological indicators of animals]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2015. No. 4. Pp. 18-21. (in Rus.)
8. Ivanov Yu.G., Ponizovkin D.A. Sistema prinuditel'noy ventilyatsii korovnika dlya teplogo vremeni goda [Mechanical ventilation system of cowsheds in warm seasons]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2015. No. 8. Pp. 26-27. (in Rus.)

9. Khlopko Y.A., Nigmatov L.G. Obosnovaniye mekhanicheskoy obrabotki kozhnogo pokrova krupnogo rogatogo skota [Substantiation of mechanical treatment of cattle epidermis]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2013. No. 3 (41). Pp. 99-103. (in Rus.)

10. Schmidt-Nielsen K. Fiziologiya zhivotnykh. Prispособleniye i sreda [Animal Physiology. Adaptation and Environment]. Book 1. Translated from English. Translated by M.D. Grozdova, G.I. Rozhkova.

Edited and prefaced by E.M. Kreps. Moscow, Mir, 1982. 416 p.

11. Ponzovkin D.A. Obosnovaniye parametrov ustroystva mestnoy ventilyatsii korovnika dlya teplogo vremeni goda [Determining parameters of a device for local cowshed ventilation in warm seasons]. PhD (Eng) thesis. 05.20.01: defended 18.02.16: approved 06.06.16, Moscow, 2016. 238 p. (in Rus.)

The paper was received on July 5, 2017

УДК 631.171

БАЛАБАНОВ ВИКТОР ИВАНОВИЧ, докт. техн. наук, профессор

E-mail: vbalabanov@rgau-msha.ru

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

РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Представлена концепция разработки и описание агротехнологического мобильного роботизированного комплекса – GreenBot, состоящего из механической платформы и зондо-сенсорной системы. Механическая платформа обеспечивает универсальные функции: общий бортовой контроль; перемещение по RFID меткам или GPS/ГЛОНАСС-координатам; электропитание всех подсистем с возможностью подзарядки на фиксированных зарядных станциях; считывание, обработку и хранение информации с сенсоров; управление универсальным манипулятором; поддержку информационно-коммуникационных каналов; обеспечение автодиагностики и аварийной сигнализации. Главным достоинством роботизированного комплекса является модульное исполнение электроники (технология «система в корпусе»), обеспечивающее системную миниатюризацию всех узлов и систем, высокую повторяемость их характеристик, дешевую модификацию, производство и воспроизводство. GreenBot предназначен для применения в системах закрытого грунта: теплицах, оранжереях, зимних садах, а также в гринкипинге. Указано, что применение GreenBot гарантирует качество выполнения работ при прополке и уборке урожая более 95%. Подчеркивается, что разработка являлась победителем конкурса инновационных проектов «AgRoBot-2016» и выставлялась на Международной выставке сельскохозяйственной техники АГРОСАЛОН-2016.

Ключевые слова: агротехнологический роботизированный комплекс, GreenBot, навигационные технологии, системы закрытого грунта.

Введение. основоположник земледельческой механики В.П. Горячкин первостепенное внимание уделял вопросам механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства. Не случайно он являлся организатором Всесоюзного института сельскохозяйственной механики (впоследствии сельскохозяйственного машиностроения) и Всесоюзного научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства (ныне ФНИЦ механизации – ВИМ) [1].

Почетный академик АН СССР В.П. Горячкин является автором более чем 30 оригинальных измерительных приборов и приспособлений, в том числе: тягового и вращательного динамометров, микроано-

метра, профилографа, вибрографа, станка для динамической калибровки измерительных пружин, приборов для записи колебаний рам и определения центра тяжести плугов, приспособлений для определения коэффициента трения различных материалов, степени прессования сена и ряда других [1].

На современном этапе развития сельскохозяйственной техники необходимый качественный скачок в развитии сельскохозяйственного производства может быть обеспечен за счет дальнейшей автоматизации и роботизации, а также внедрения высокотехнологичных методов ведения сельского хозяйства на основе навигационных технологий, так называемого точного сельского хозяйства [1].