

6. Dubenok N. N., Mayer A. V. Development of combined irrigation systems for watering agricultural crops. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2018. No 1(49). Pp. 9-19.
7. Hashemy Shahdany S. M., Taghvaeian S., Maestre J. M., Firoozfar A. R. Developing a centralized automatic control system to increase flexibility of water delivery within predictable and unpredictable irrigation demands. Computers and Electronics in Agriculture. 2019. Vol. 163. 104862.
8. Zhigang Y., Zhongjing Wang, Jinlong L., Teng Zhang Canal Controllability Identification Based on Automation Theory to Improve Water Delivery Efficiency in Irrigation Canal Systems. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2023. 149 (8).
9. Cao X., Li Y., Wu M. Irrigation water use and efficiency assessment coupling crop cultivation, commutation and consumption processes. Agricultural Water Management. 2022. No 261. 107370.
10. Orloff C. R. Inka Hydraulic Engineering at the Tipon Royal Compound (Peru). Water (Switzerland). 2022. No 14 (1). P. 102
11. Hernández J. E., Merkley G. P. Channel structure automation rules using an accuracy-based learning classifier system, a genetic algorithm, and a hydraulic simulation model. I: Design. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2010. No 137 (1). Pp. 1-11.
12. Masseroni D., et al. Towards a smart automated surface irrigation management in rice-growing areas in Italy. Journal of Agricultural Engineering. 2017. Vol. 48 (1). Pp. 42-48.

Информация об авторах

Овчинников Алексей Семенович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: volgau@volgau.com

Киселев Андрей Анатольевич, аспирант кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kiseliov.andrey2012@yandex.ru

Мелихов Константин Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиорация земель и КИВР», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: melihovkon@yandex.ru

Козинская Ольга Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru

Author's Information

Ovchinnikov Aleksey Semenovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, head of the department "Applied geodesy, environmental management and water use", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: volgau@volgau.com

Kiselev Andrey Anatolyevich, Postgraduate student of the Department of Applied Geodesy, Environmental Management and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: kiseliov.andrey2012@yandex.ru

Melikhov Konstantin Mikhailovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Land Reclamation and Agricultural Development, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: melihovkon@yandex.ru

Kozinskaya Olga Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-28

REGULARITIES OF FORMING THE CONDITIONS OF TEMPERATURE AND HUMIDITY IN THE COW BARN AIR ENVIRONMENT

Vtoryi V. F., Vtoryi S. V.

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM"
Saint Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vvtoryj@yandex.ru

Received 18.10.2023

Submitted 12.12.2023

Summary

The article presents the study results of air temperature and humidity regimes in a cow barn with tie-stall housing conducted in January-June 2021. The monitoring outcomes and statistical data analysis resulted in the mathematical models, which could be the basis for the creation of modern microclimate control systems in cow barns.

Abstract

Introduction. Several factors, including the outside environment, govern the formation of optimal temperature and humidity conditions in a cow barn. The study aimed to monitor the air environment parameters in a cow barn and to establish the patterns, by which the temperature and humidity regimes in the cow barn were formed under different weather conditions. Research associated with identifying these patterns in live-

stock premises in the North-West Region of the Russian Federation will make it possible to create an array of mathematical models for different technologies of cattle housing essentially required in the development of modern microclimate control systems livestock housing facilities. **Object.** The study object was a barn for 200 dairy cows with tie-stall housing and a natural ventilation system. **Materials and methods.** The study monitored the temperature and relative air humidity in the cow barn in January-June of 2021 with a stationary system designed at IEEP – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM. The data analysis using MS Excel and Mathcad software packages resulted with the mathematical models. **Results and conclusions.** The variation amplitude of indoor parameters was smaller than that in external weather conditions. When the outside air temperature fluctuated from -5°C to $+20^{\circ}\text{C}$, the temperature in the cow barn varied from $+7^{\circ}\text{C}$ to $+22^{\circ}\text{C}$. The relative air humidity in the cow barn was within $69\pm 20\%$, and the outside air humidity was $58\pm 42\%$. Statistical data analysis for the period from January to March showed that the air temperature in the cow barn in winter with a probability of 0.955 would be in the range of $+12.6\pm 4.68^{\circ}\text{C}$ and depend on the outside air temperature only by 23 %. Statistical data analysis for the period from April to June showed that the air temperature in the cow barn with a probability of 0.955 would be in the range of $+18.23\pm 7.72^{\circ}\text{C}$ and depend on the outside temperature by 75 %. The relative humidity in the cow barn during this period with a probability of 0.955 will be in the range of $67.3\pm 26.2\%$ and depend on the relative humidity of the outside air by 65 %. The high dependence of these parameters on the outside environment in the period from April to June, compared with the period from January to March, is explained by a larger air exchange, as a rule, owing to completely open windows and gates.

Keywords: livestock buildings, ventilation systems, microclimate of premises, conditions for keeping cows.

Citation. Vtoryi V. F., Vtoryi S. V. Regularities of forming the conditions of temperature and humidity in the cow barn air environment. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 241-251 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-28.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.22:636.083

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ КОРОВНИКА

Второй В. Ф., доктор технических наук, главный научный сотрудник
Второй С. В., кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Актуальность. На формирование оптимальных температурно-влажностных показателей микроклимата коровника оказывает влияние целый ряд факторов, в том числе состояние внешней среды. Цель исследований – провести мониторинг параметров воздушной среды коровника и установить закономерности формирования его температурно-влажностных режимов при различных погодных условиях. Исследования, направленные на выявление этих закономерностей в животноводческих помещениях для Северо-Западного региона РФ, позволят сформировать массив математических моделей для разных технологий содержания крупного рогатого скота, непосредственно необходимых при разработке современных систем управления микроклиматом на фермах. **Объект исследования** – коровник с привязным содержанием на 200 голов дойного стада с естественной системой вентиляции. **Материал и методы.** Исследования проводились в январе-июне 2021 года. Для мониторинга применялась стационарная система измерения температуры и относительной влажности воздуха, разработанная в ИАЭП – филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Анализ данных с получением математических моделей проведен с использованием пакетов программ MS Excel и Mathcad. **Результат и выводы.** Амплитуда изменения температуры и относительной влажности воздуха в коровнике меньше, чем изменение внешних погодных условий. При колебании температуры наружного воздуха от -5°C до $+20^{\circ}\text{C}$, температура в коровнике изменялась в пределах от $+7^{\circ}\text{C}$ до $+22^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность воздуха в коровнике находилась в пределах $69\pm 20\%$, а наружного воздуха $58\pm 42\%$. Статистический анализ данных за период с января по март показал, что температура воздуха в коровнике в зимний период с вероятностью 0,955 будет находиться в пределах $+12,6\pm 4,68^{\circ}\text{C}$ и зависит от температуры наружного воздуха только на 23%. Статистический анализ данных за период с апреля по июнь показал, что температура воздуха в коровнике с вероятностью 0,955 будет находиться в пределах $+18,23\pm 7,72^{\circ}\text{C}$ и зависит от температуры наружного воздуха на 75%. Относительная влажность воздуха в коровнике в этот период с вероятностью 0,955 будет находиться в пределах

67,3±26,2% и зависит от относительной влажности наружного воздуха на 65%. Высокая зависимость этих параметров от окружающей среды в период с апреля по июнь, по сравнению с периодом январь-март, объясняется большим воздухообменом, обусловленным, как правило, полностью открытыми окнами и воротами.

Ключевые слова: животноводческие помещения, системы вентиляции, микроклимат помещений, условия содержания коров.

Цитирование. Вторый В. Ф., Вторый С. В. Закономерности формирования температурно-влажностного режима воздушной среды коровника. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 241-251. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-28.

Авторский вклад. Все авторы данной статьи принимали непосредственное участие в планировании, выполнении исследований или анализе данного исследования. Авторы ознакомились с представленным окончательным вариантом статьи и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Основой технологий содержания крупного рогатого скота в животноводческих помещениях является безусловное обеспечение комфортных условий и, в первую очередь, параметров микроклимата в соответствии с зоотехническими требованиями. Несоблюдение этих требований отрицательно влияет на максимальное использование генетического потенциала животных, снижая их продуктивность. Так, удой коров снижается на 10-30%, прирост массы на 20-30%, отход молодняка может составлять до 30% [1, 2].

Температура воздуха – это важнейший параметр микроклимата, непосредственно влияющий на физиологическое состояние животного. Так, по мнению зарубежных исследователей, комфортные температурные условия для молочных коров составляют от +5°C до +15°C. Так же важны нижние (от -15°C до -25°C) и верхние (от +23°C до +27°C) критические значения температуры и продолжительность их воздействия, в течение которых животные испытывают температурный стресс [3].

Российские ученые с учетом существующей практики установили, что температура, воздуха в животноводческом помещении значительно влияет на жизненные функции молочных коров, которые при температуре более +26°C теряют вес и снижают продуктивность на 20-30% [4, 5]. При снижении температуры воздуха в коровнике с +16,6°C до +14,3°C продуктивность коров выросла на 11,9%, а при повышении температуры воздуха от +17,9°C до +24,9°C удои снизились на 5,3 % [6]. Коровы, подвергшиеся тепловому стрессу в сухостойный период, при наступлении лактации могут снизить продуктивность, а полученные телочки от этих коров в первую лактацию теряют около 5 кг молока в суточном удое [7, 8].

Совместное взаимодействие температуры и относительной влажности воздуха животноводческого помещения отрицательно влияет на состояние животных. Так, при 0°C относительная влажность воздуха в помещении должна соответствовать 50-90%, а уже при +30°C влажность должна быть не ниже 40% и не выше 60% [9, 10].

В формировании температурно-влажностных режимов коровника участвуют животные, являясь источником тепла и водяных паров, процессы тепломассопереноса между коровником и внешней средой, отходы жизнедеятельности животных, находящиеся в помещении, машины и оборудование и некоторые другие факторы.

Цель исследований – провести мониторинг параметров воздушной среды коровника и установить закономерности формирования его температурно-влажностных режимов при различных погодных условиях.

Получение этих закономерностей позволит сформировать базу данных математических моделей для разных технологий содержания КРС, непосредственно необходимых в разработке современных систем управления микроклиматом на фермах.

Научная новизна состоит в выявлении закономерностей создания температурно-влажностных режимов микроклимата животноводческого помещения для содержания коров под воздействием климатических условий Северо-Западного региона РФ.

Материалы и методы. Условия содержания коров на молочных фермах с естественной системой вентиляции сильно варьируются из-за неоднородного распределения источников тепла и влажности, притока воздуха, обусловленного внешними метеоусловиями, что определяет стратегию измерений и анализа результатов.

В исследованиях отечественных и зарубежных ученых отмечается высокая зависимость между параметрами внешней среды и параметрами микроклимата коровников. В задачи исследования [11] входило сравнение параметров микроклимата семи коровников с параметрами воздуха, зарегистрированными ближайшей метеостанцией. Отмечается, что температура воздуха в коровниках была выше в среднем на $6,4^{\circ}\text{C}$ температуры внешней среды, а относительная влажность воздуха внешней среды была выше в среднем на $0,2\%$, чем в помещениях. Результаты исследований подтверждают, что степень влияния температуры внешней среды на температуру воздуха внутри коровника значительно выше, чем степень влияния относительной влажности воздуха внешней среды на относительную влажность воздуха животноводческого помещения.

Особое значение имеет точность измерений и, соответственно, подбор средств измерений. Авторами [12] при проведении исследований на молочных фермах КРС применялись датчики, у которых точность измерения температуры составляла $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ и относительная влажность $\pm 3\%$ с временными интервалами записи 5-10 мин в течение года. Стандартное отклонение результатов измерений соответствовало нормальному закону распределения с 95% доверительным интервалом.

Мониторинг параметров микроклимата нами проводился в коровнике с привязным содержанием и поголовьем 200 лактирующих коров с естественной системой вентиляции через световой конек в крыше. В теплое время года помещение дополнительно вентилируется за счет открытых окон и ворот. Измерение параметров микроклимата производилось в режиме реального времени круглосуточно.

Для мониторинга применялась стационарная система измерения температуры и относительной влажности воздуха на ферме (ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), которая содержит датчики температуры и относительной влажности с пределами измерения температуры $-40...+80^{\circ}\text{C}$ с погрешностью $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, относительной влажности $0...100\%$ с погрешностью $\pm 3\%$, с записью полученных данных на регистратор-архиватор при временных интервалах 10 мин. Для контроля параметров наружного воздуха использовали данные с ближайшей государственной метеостанции, публикуемые в открытом доступе с интервалом 3 часа [13]. Проведены компьютерный анализ и обработка результатов исследований с использованием пакетов программ MS Excel, Mathcad [14].

Результаты и обсуждение. Результат обработки и анализа свидетельствует о тесной взаимосвязи между параметрами микроклимата коровника и внешней среды (рисунки 1, 2). Температура и относительная влажность внутреннего воздуха значительно медленнее реагируют на изменения внешних условий и меньшей амплитудой. Так, температура наружного воздуха за период измерений менялась от -5°C до $+20^{\circ}\text{C}$, а температура в коровнике изменялась в пределах от $+7^{\circ}\text{C}$ до $+22^{\circ}\text{C}$. Интервалы изменения относительной влажности в коровнике находились в пределах $69\pm 20\%$, а вне помещения $58\pm 42\%$.

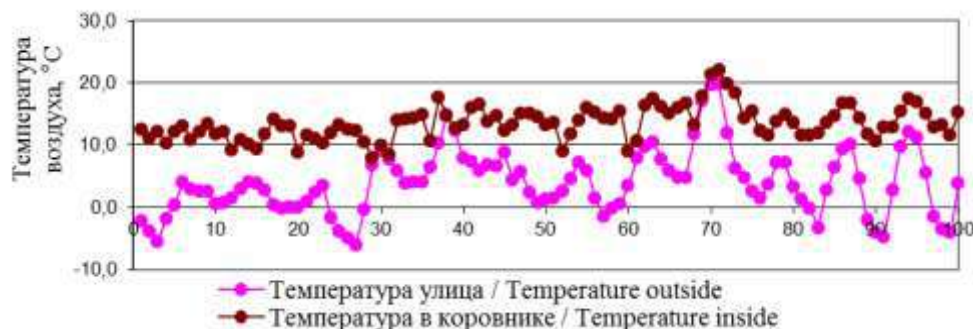


Рисунок 1 – Зависимость внутренней температуры воздуха животноводческого помещения от температуры внешней среды

Figure 1 – Dependence between the temperature in the cow barn and the outside temperature

Регрессионный анализ данных «Январь – Март». В зимних условиях «Январь – Март» наибольшее влияние на температуру в коровнике $T_{\text{вн}}$, оказывает температура наружного воздуха $T_{\text{н}}$ (при коэффициенте корреляции $R = 0,484$), а относительная влажность наружного воздуха $W_{\text{н}}$ (при $R = 0,217$) и скорость ветра $V_{\text{в}}$ (при $R = 0,119$) оказывают меньшее влияние.

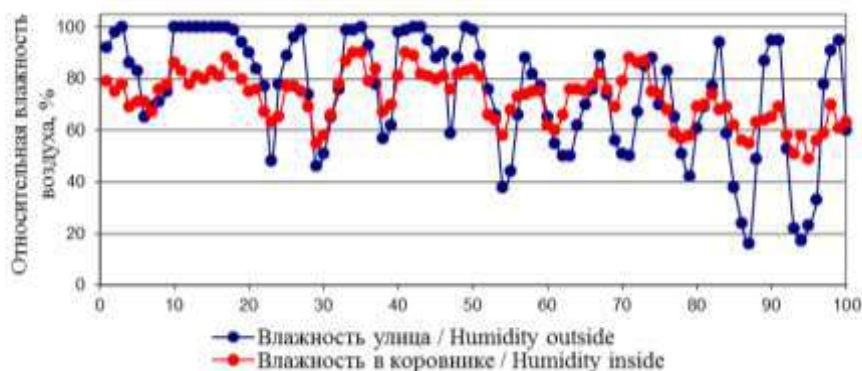


Рисунок 2 – Зависимость внутренней относительной влажности воздуха животноводческого помещения от влажности внешней среды

Figure 2 – Dependence between the relative air humidity inside the cow barn and the air humidity outside

Проведенный регрессионный анализ влияния температуры, относительной влажности и скорости движения наружного воздуха их влияние на параметры внутреннего воздуха позволил установить взаимосвязь в виде математической модели (1):

$$T_{\text{вн}} = 17,0295 + 0,4667 \times T_{\text{н}} - 0,0804 \times W_{\text{н}} - 0,6092 \times V_{\text{н}} - 0,01 \times T_{\text{н}}^2 + 0,0006 \times W_{\text{н}}^2 - 0,0043 \times T_{\text{н}} \times W_{\text{н}} + 0,0309 \times T_{\text{н}} \times V_{\text{н}},$$

$$R^2 = 0,426 \quad (1)$$

При невысоком коэффициенте детерминации ($R^2 = 0,426$), коэффициенты уравнения регрессии являются значимыми, поэтому направления влияния факторов на зависимую переменную можно считать правильными. Проведём исследование уравнения регрессии 1, путём построения поверхностей откликов и их сечений (рисунок 3).

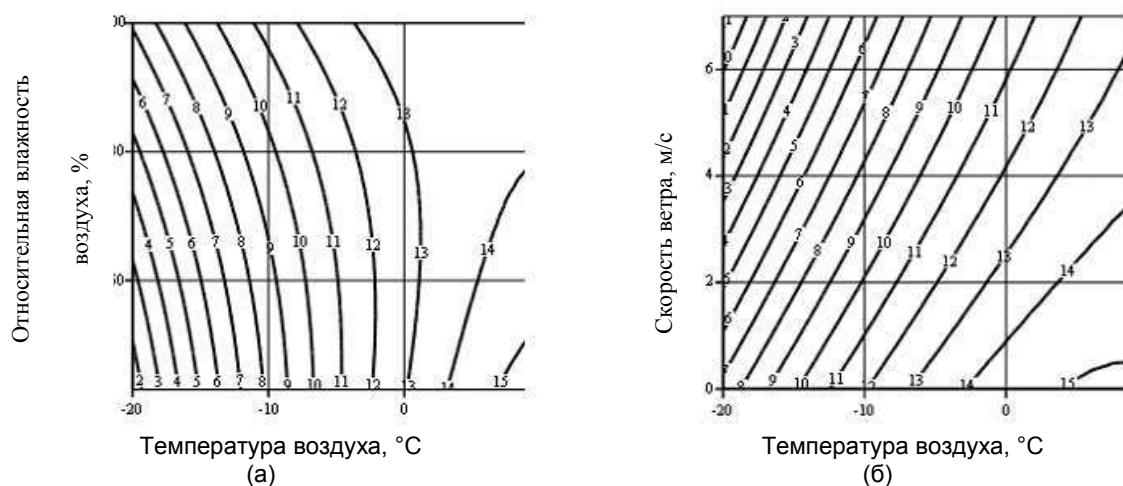


Рисунок 3 – Сечения поверхности отклика: (а) взаимосвязь температуры воздуха в помещении от температуры и относительной влажности уличного воздуха; (б) взаимосвязь температуры воздуха на ферме от температуры и скорости движения уличного воздуха

Figure 3 – Response surface cross-sections: (a) dependence of the air temperature in the cow barn on the temperature and relative humidity of the outside air; (b) dependence of the air temperature in the cow barn on the outside air temperature and wind speed

Из рисунка 3а видно, что основное влияние на температуру в коровнике оказывают температура наружного воздуха и скорость ветра 3 м/с.

Влияние температуры наружного воздуха и скорости ветра на температуру в коровнике при влажности наружного воздуха 70% (рисунок 3б). Здесь основное влияние на температуру в коровнике оказывает температура наружного воздуха при существенном влия-

нии скорости ветра. Так, если при -12°C и скорости ветра 0 м/с температура в коровнике будет $+10^{\circ}\text{C}$, то при -12°C рост скорости ветра до 6 м/с вызовет снижение температуры воздуха в помещении до $+5^{\circ}\text{C}$.

На рисунке 4 показано взаимовлияние относительной влажности наружного воздуха и температуры воздуха в коровнике. Влажность наружного воздуха и скорость ветра оказывают основное влияние на температуру воздуха в коровнике, с увеличением скорости ветра температура воздуха в коровнике снижается. Рост влажности наружного воздуха вызывает рост температуры воздуха в коровнике.



Рисунок 4 – Сечение поверхности отклика: зависимость температуры воздуха в помещении от влажности и скорости движения наружного воздуха при его температуре -5°C

Figure 4 – Response surface cross-sections: the influence of the outside air humidity and wind speed on the temperature inside the cow barn under the outside air temperature -5°C

Анализ экспериментальных данных за апрель – июнь показал, что влияние на внутреннюю температуру воздуха $T_{\text{вн}}$, оказывают температура наружного воздуха $T_{\text{н}}$ (при $R = 0,864$) и относительная влажность наружного воздуха $W_{\text{н}}$ (при $R = 0,507$). Коэффициент корреляции $R = 0,108$, говорит о том, что скорость ветра $V_{\text{в}}$ не оказывает существенного влияния.

Представлена математическая зависимость (2) влияния температуры ($T_{\text{н}}$) и относительной влажности наружного воздуха ($W_{\text{н}}$) на температуру в помещении ($T_{\text{вн}}$):

$$T_{\text{вн}} = 11,3542 + 0,3985 \times T_{\text{н}} - 0,0234 \times W_{\text{н}} + 0,0067 \times T_{\text{н}}^2 + 0,0005 \times W_{\text{н}}^2, \\ R^2 = 0,790 \quad (2)$$

Влияние факторов на зависимую переменную составляет 79 %. Все коэффициенты значимы. Наибольшее влияние оказывает фактор – температура наружного воздуха. Второй по значимости влияния фактор – относительная влажность наружного воздуха. Представлена регрессионная модель (3) влияния температуры и относительной влажности наружного воздуха на влажность воздуха в коровнике ($W_{\text{вн}}$).

$$W_{\text{вн}} = 41,0426 - 0,1315 \times T_{\text{н}} + 0,3828 \times W_{\text{н}} - 0,0028 \times T_{\text{н}}^2 + 0,0033 \times T_{\text{н}} \times W_{\text{н}}, \\ R^2 = 0,649 \quad (3)$$

Влияние факторов на зависимую переменную составляет 65%. Все коэффициенты значимы. Дисперсии влияния факторов, температуры и влажности наружного воздуха на влажность воздуха в коровнике одинаковы. Влажность воздуха в коровнике в большей степени зависит от влажности наружного воздуха при воздействии ряда неучтенных факторов. По уравнениям регрессии 2 и 3 построены поверхности отклика и их сечения показаны на рисунке 5.

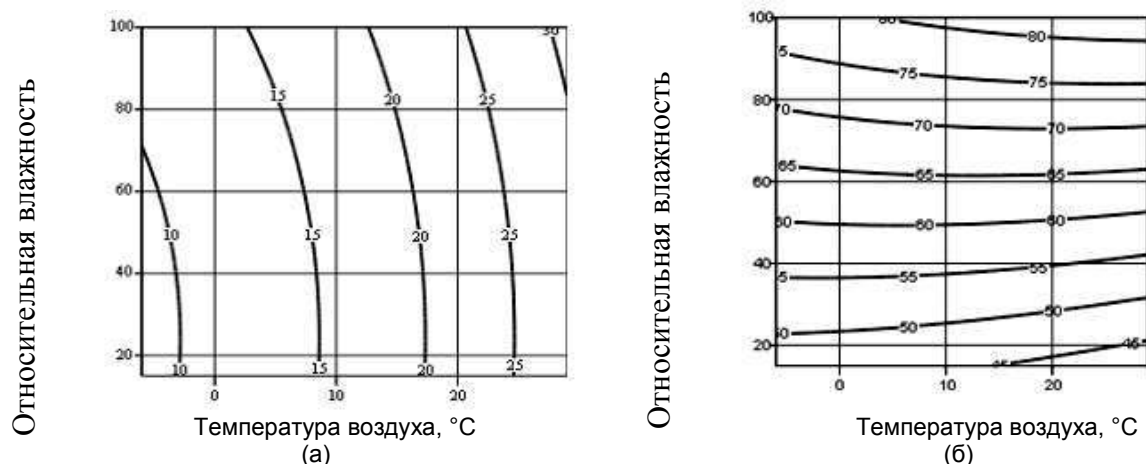


Рисунок 5 – Сечения поверхности отклика: (а) состояние температуры воздуха в помещении от температуры и относительной влажности уличного воздуха; (б) состояние относительной влажности воздуха в помещении от температуры и относительной влажности уличного воздуха
Figure 5 – Response surface cross-sections: (a) dependence of the air temperature in the cow barn on the temperature and relative humidity of the outside air; (b) dependence of the air relative humidity in the cow barn on the outside air temperature and relative humidity

Статистический анализ данных в 617 точках в зимний период показал, что температура воздуха в коровнике варьировалась от $+3,3^{\circ}\text{C}$ до $+17,5^{\circ}\text{C}$ при среднем значении $+12,57^{\circ}\text{C}$, среднеквадратичном отклонении $\sigma = 2,34^{\circ}\text{C}$.

Данные не подчиняются полностью закону нормального распределения, но интегральная кривая приближается к нему (рисунок 6). В связи с этим можно допустить, что температура воздуха в коровнике в зимний период с вероятностью 0,683 будет в пределах $+12,6 \pm 2,34^{\circ}\text{C}$, а с вероятностью 0,955 в пределах $+12,6 \pm 4,68^{\circ}\text{C}$.

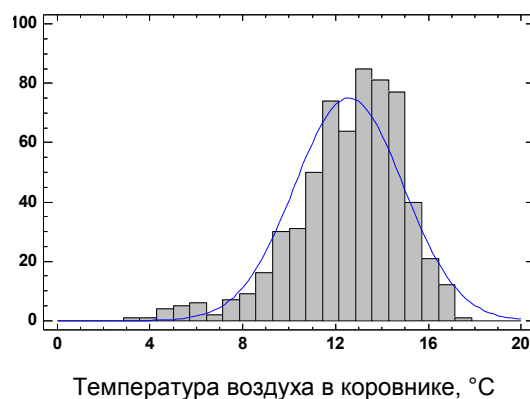


Рисунок 6 – Гистограмма изменения температуры воздуха внутри помещения в зимний период
Figure 6 – Histogram of air temperature variation in the cow barn in winter

Влияние температуры наружного воздуха на температурный режим коровника составляет только 23% (рисунок 7) из-за слабого естественного воздухообмена с окружающей средой.

В зимнее время ввиду очень ограниченного воздухообмена исследуемого коровника с внешней средой относительная влажность воздуха в помещении постоянно была очень высокой (до 100 %) и влияние внешней среды достоверно выявить не удалось.

Апрель – июнь. Статистический анализ данных в 633 точках показал, что при изменении температуры воздуха в коровнике от $+7,9^{\circ}\text{C}$ до $+28,5^{\circ}\text{C}$ среднее значение равно $+18,23^{\circ}\text{C}$, среднеквадратичное отклонении $\sigma = 3,86^{\circ}\text{C}$. Данные хорошо подчиняются закону нормального распределения (рисунок 8). В связи с этим температура воздуха в коровнике в этот период с вероятностью 0,683 будет в пределах $+18,23 \pm 3,86^{\circ}\text{C}$, а с вероятностью 0,955 в пределах $+18,23 \pm 7,72^{\circ}\text{C}$.

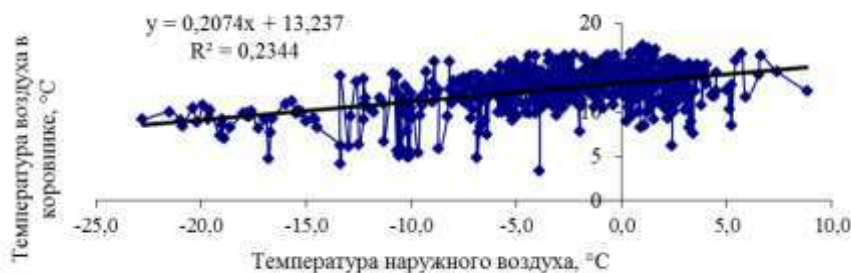


Рисунок 7 – Влияние температуры внешней среды на температурный режим коровника в зимний период

Figure 7 – Dependence between the air temperature inside the cow barn and the outside air temperature from January to March

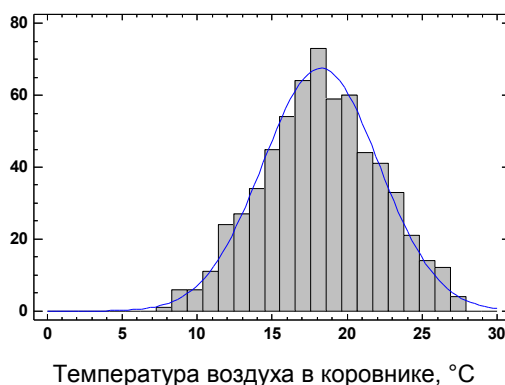


Рисунок 8 – Гистограмма изменения температуры воздуха в коровнике в период с апреля по июнь

Figure 8 – Histogram of air temperature variation in the cow barn from April to June

Температура воздуха в помещении на 75% зависит от температуры внешней среды (рисунок 9), это объясняется существенным воздухообменом, который обеспечивается постоянно открытыми въездными воротами и оконными проемами.

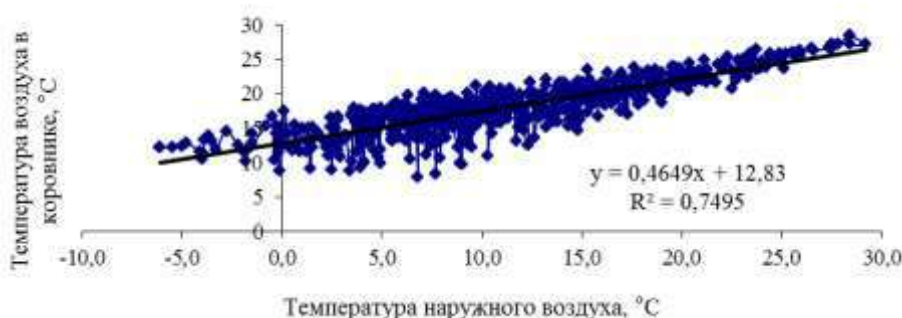


Рисунок 9 – Влияние температуры внешней среды на температурный режим коровника в весенне-летний период

Figure 9 – Dependence between the air temperature inside the cow barn and the outside air temperature from April to June

Также статистический анализ данных в 633 точках показал, что при изменении относительной влажности воздуха в коровнике от 34,0 % до 96,0 % среднее значение равно 67,3 %, среднеквадратичное отклонении $\sigma = 13,1$ %. Данные относительно хорошо подчиняются закону нормального распределения (рисунок 10). В связи с этим относительная влажность воздуха в коровнике в этот период с вероятностью 0,683 будет в пределах $67,3 \pm 13,1$ %, а с вероятностью 0,955 – в пределах $67,3 \pm 26,2$ %.

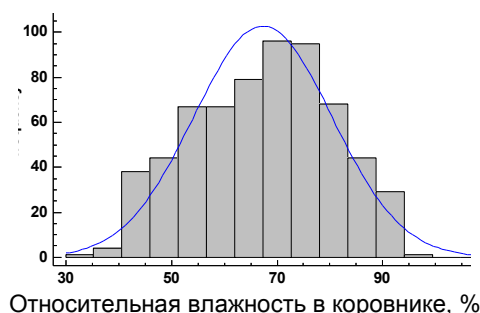


Рисунок 10 – Гистограмма изменения относительной влажности воздуха в коровнике в период с апреля по июнь

Figure 10 – Histogram of air relative humidity variation in the cow barn from April to June

Относительная влажность воздуха в помещении на 65% зависит от относительной влажности воздуха внешней среды (рисунок 11), на что влияет значительный воздухообмен между коровником и внешней средой.

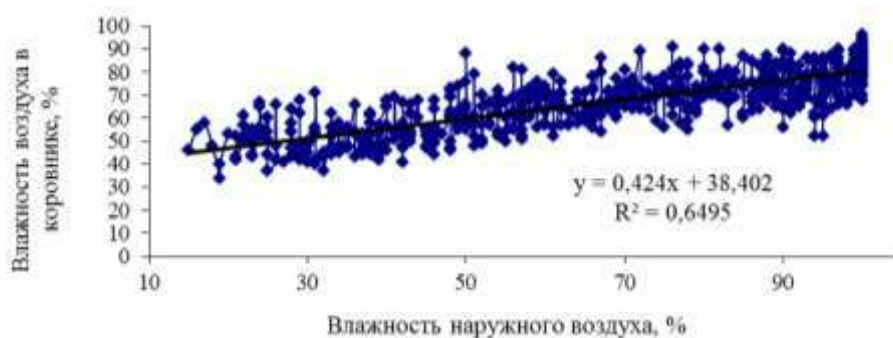


Рисунок 11 – Влияние относительной влажности воздуха внешней среды на влажностный режим коровника в весенне-летний период

Figure 11 – Dependence of the relative air humidity inside the cow barn on the relative outside air humidity from April to June

Исследования температурно-влажностных режимов коровника и влияние на них параметров внешней среды свидетельствуют о высокой их взаимосвязи. Полученные в результате исследований математические зависимости позволяют моделировать температурно-влажностные режимы в коровнике, использовать модели в системах управления параметрами микроклимата с целью обеспечения комфортных условий содержания КРС.

Заключение. На формирование оптимальных температурно-влажностных параметров микроклимата оказывает влияние целый ряд факторов, и в т.ч. условия внешней среды.

Совокупный мониторинг параметров микроклимата коровника и внешней среды с января по июнь показал, что амплитуда колебаний температуры и влажности в коровнике меньше, чем окружающей среды. Так изменение температуры и относительной влажности наружного воздуха на 25°C и $\pm 40\%$ соответственно сопровождается колебаниями температуры воздуха в коровнике $\pm 7^\circ\text{C}$ при изменении относительной влажности воздуха $\pm 20\%$.

Регрессионный анализ изменения температуры и относительной влажности наружного воздуха показал, что их влияние на температуру воздуха в коровнике составляет 79%, на относительную влажность воздуха 65%.

Статистический анализ данных за период с января по март показал, что температура воздуха в коровнике в зимний период с вероятностью 0,955 будет находиться в пределах $12,6 \pm 4,68^\circ\text{C}$ (при диапазоне внешней температуры от $-22,8^\circ\text{C}$ до $+8,8^\circ\text{C}$) и зависит от температуры наружного воздуха только на 23%, что связано с ограниченным воздухообменом исследуемого коровника с внешней средой. Относительная влажность воздуха в помещении постоянно была очень высокой до 100%, влияние внешней среды на этот параметр достоверно выявить не удалось.

Статистический анализ данных за период с апреля по июнь показал, что температура воздуха в коровнике с вероятностью 0,955 будет находиться в пределах $18,23 \pm 7,72^\circ\text{C}$ (при диапазоне внешней температуры от $-6,1^\circ\text{C}$ до $+29,2^\circ\text{C}$) и зависит от температуры наружного воздуха на 75%. Относительная влажность воздуха в коровнике в этот период с вероятностью 0,955 будет находит-

ся в пределах $67,3 \pm 26,2\%$ (при диапазоне внешней относительной влажности от 15 до 100%) и зависит от относительной влажности наружного воздуха на 65%. Высокая зависимость этих параметров микроклимата коровника от окружающей среды в этот период объясняется большим воздухообменом, обусловленным постоянно полностью открытыми окнами и воротами.

Conclusions. The formation of optimal temperature and humidity parameters of the microclimate is influenced by a number of factors and the conditions of the external environment.

Cumulative monitoring of farm microclimate parameters and the external environment from January to June showed that the amplitude of fluctuations in temperature and humidity in the barn is less than the environment. So, when the temperature and relative humidity of the outside air change by 25°C and $\pm 40\%$, respectively, it is accompanied by fluctuations in the air temperature in the barn $\pm 7^{\circ}\text{C}$ with a change in the relative humidity of the air $\pm 20\%$.

Regression analysis of changes in temperature and relative humidity of outdoor air showed, that their influence on the temperature of the air in the cow barn is 79%, relative air humidity 65%.

Statistical analysis of data for the period from January to March showed, what is the temperature in the cow barn in winter with probability 0,955 will be within $12,6 \pm 4,68^{\circ}\text{C}$ (with an external temperature range of $-22,8^{\circ}\text{C}$ to $+8,8^{\circ}\text{C}$) and depends on the outside air temperature only by 23%, what is connected with the limited air exchange of the studied cowshed with the external environment. The relative humidity of the air in the room was constantly very high to 100%. The influence of the external environment on this parameter could not be reliably identified.

Statistical analysis of data for the period from April to June showed, The temperature in the cowshed is 0,955 will be within $18,23 \pm 7,72^{\circ}\text{C}$ (with an external temperature range of $-6,1^{\circ}\text{C}$ to $+29,2^{\circ}\text{C}$) and depends on outdoor air temperature by 75%. Relative humidity in the cowshed during this period with probability 0,955 will be within $67,3 \pm 26,2\%$ (with an external relative humidity range of 15 to 100%) and depends on the relative humidity of the external air by 65%. The high dependence of these parameters of the microclimate of the barn on the environment during this period is due to the large air exchange caused by air pollution with permanently open windows and doors.

Библиографический список

1. Мартынова Е. Н., Ястребова Е. А. Особенности микроклимата коровников с естественной системой вентиляции. Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2015. № 6. С. 52-56.
2. Сидорова В. Ю., Петров Е. Б. К вопросу о методах выявления стресса у мясного крупного рогатого скота. Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 3 (47). С. 5-10.
3. Kic P. Influence of external thermal conditions on temperature-humidity parameters of indoor air in a Czech dairy farm during the summer. Animals. 2022. № 12 (15).
4. Ivanov Y., Novikov N. Digital intelligent microclimate control of livestock farms. E3S Web of Conferences. 2020. № 175 (5). P. 11012.
5. Новиков Н. Н. Технические решения для обеспечения комфортных условий содержания животных в жаркое время. Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 3 (47). С. 28-35.
6. Вторый С. В., Ильин Р. М. Влияние внешних погодных условий на продуктивность коров при привязном содержании. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 2 (99). С. 269-277.
7. Schüller L.-K., Burfeind O., Heuwieser W. Effect of short- and long-term heat stress on the conception risk of dairy cows under natural service and artificial insemination breeding programs. Journal of Dairy Science. 2016. № 99 (4). Pp. 2996-3002.
8. Tao S., Orellana R. M., Weng X., et al. Symposium Review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function. Journal of Dairy Science. 2018. № 101 (6). Pp. 5642-5654.
9. Kaasik A., Maasikmets M. Microclimate and air quality in uninsulated loose-housing cowsheds in temperate climate conditions. Air quality and livestock farming. UK: CRC Press, 2017. Pp. 153-159.
10. Растимешин С. А., Трунов С. С. Формирование тепловлажностного режима коровника. Вестник НГИЭИ. 2016. № 4 (59). С. 124-129.
11. Schüller L.-K., Burfeind O., Heuwieser W. Short communication: Comparison of ambient temperature, relative humidity, and temperature-humidity index between on-farm measurements and official meteorological data. Journal of Dairy Science. 2013. 96 (12). Pp. 7731-7738.
12. Hempel S., Keonig M., Menz C., et al. Uncertainty in the measurement of indoor temperature and humidity in naturally ventilated dairy buildings as influenced by measurement technique and data variability. Biosystems Engineering. 2018. 166. Pp. 58-75.
13. Вторый В. Ф., Вторый С. В. Информационная модель влияния теплового стресса на молочную продуктивность коров. Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 69-72.
14. Валге А. М. Использование систем Excel и Mathcad при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства: методическое пособие. СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2013. 200 с.

References

1. Martynova E. N., Yasrebova E. A. Features of the microclimate of cowsheds with a natural ventilation system. Veterinary, Biotechnology and Biotechnology. 2015. № 6. Pp. 52-56.
2. Sidorova B. Yu., Petrov E. B. On methods of stress detection in beef cattle. Techniques and Technology in Livestock. 2022. № 3 (47). Pp. 5-10.

3. Kic P. Influence of external thermal conditions on temperature–humidity parameters of indoor air in a Czech dairy farm during the summer. *Animals*. 2022. № 12 (15).
4. Ivanov Y., Novikov N. Digital intelligent microclimate control of livestock farms. *E3S Web of Conferences*. 2020. № 175 (5). P. 11012.
5. Novikov N. N. Technical solutions to ensure comfortable conditions for keeping animals in hot weather. *Techniques and technologies in animal husbandry*. 2022. № 3 (47). Pp. 28-35.
6. Vtoryi S. V., Ilyin R. M. The effect of external weather conditions on the productivity of cows with tethered content. *Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products*. 2019. № 2 (99). Pp. 269-277.
7. Schüller L.-K., Burfeind O., Heuwieser W. Effect of short- and long-term heat stress on the conception risk of dairy cows under natural service and artificial insemination breeding programs. *Journal of Dairy Science*. 2016. № 99 (4). Pp. 2996–3002.
8. Tao S., Orellana R. M., Weng X., et al. Symposium Review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function. *Journal of Dairy Science*. 2018. № 101 (6). Pp. 5642-5654.
9. Kaasik A., Maasikmets M. Microclimate and air quality in uninsulated loose-housing cowsheds in temperate climate conditions. *Air quality and livestock farming*. UK: CRC Press, 2017. Pp. 153-159.
10. Rastimeshin S. A., Trunoff S. S. Formation of heat-humidity regime of the cowshed. *The Herald NIEI*. 2016. № 4 (59). Pp. 124-129.
11. Schüller L.-K., Burfeind O., Heuwieser W. Short communication: Comparison of ambient temperature, relative humidity, and temperature-humidity index between on-farm measurements and official meteorological data. *Journal of Dairy Science*. 2013. No 96 (12). Pp. 7731-7738.
12. Hempel S., Keonig M., Menz C., et al. Uncertainty in the measurement of indoor temperature and humidity in naturally ventilated dairy buildings as influenced by measurement technique and data variability. *Biosystems Engineering*. 2018. No 166. Pp. 58-75.
13. Vtoryi V. F., Vtoryi S. V. Information model of the influence of heat stress on dairy productivity of cows. *Agrarian scientific journal*. 2022. № 2. Pp. 69-72.
14. Valge A. M. Use of Excel and Mathcad systems in research on mechanization of agricultural production: a methodological guide. SPb.: Russian Academy of Agriculture, 2013. 200 p.

Информация об авторах

Вторый Валерий Федорович, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0026-6979>, e-mail: vtoryj@yandex.ru

Вторый Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7169-1625>, e-mail: 2vt_1981@list.ru

Author's Information

Vtoryi Valery Fedorovich, Doctor of Engineering Sciences, chief researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Shosse, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0026-6979>, e-mail: vtoryj@yandex.ru

Vtoryi Sergei Valerievich, Candidat of Engineering Sciences, senior researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Shosse, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7169-1625>, e-mail: 2vt_1981@list.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-29

COMPARATIVE ENERGY-ECOLOGICAL ASSESSMENT OF SOIL TILLAGE MACHINES

¹Dzhabborov N. I., ²Kosulnikov R. A., ¹Dobrinov A. V., ¹Komoedov A. D.

¹*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM*

St. Petersburg, Russian Federation

²*Volgograd State Agrarian University*

Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: komoedov.alexej@yandex.ru

Received 19.10.2023

Submitted 17.12.2023

The work was carried out on the topic of State assignment FGUN-2022-0010 “Develop environmentally friendly technologies, machine complexes and control equipment agricultural ecosystems in intensive and organic production agricultural products”

Summary

The article presents the results of a study of comparative energy and environmental assessment of soil-cultivating machines. The results showed that the developed combined tillage machine KPM-2.7 in combination with a tractor of class 1.4 is superior in productivity, fuel consumption, energy intensity of the tillage process and emissions of toxic components to its mass-produced analogue – the KN-2.8 cultivator and can be recommended for use in the production of crop products on intensive technologies.