

Влияние объемно-планировочных решений на микроклимат в коровниках

Валерий Федорович Вторый, Сергей Валерьевич Вторый, Владислав Владимирович Гордеев

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Санкт-Петербург – Павловск, Россия
e-mail: 2vt_1981@list.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты оценки состояния комфорта животных по температурно-влажностному индексу и выявление зависимостей формирования микроклимата в коровниках при разных объемно-планировочных решениях. Для оценки влияния объемно-планировочных решений на параметры микроклимата в двух коровниках беспривязного содержания проведены замеры температуры, влажности воздуха, концентрации аммиака и углекислого газа в 9-ти точках. Результаты исследований свидетельствуют, что объемно-планировочные решения оказывают влияние на формирование микроклимата коровников в зависимости от внешних погодных условий. Получены уравнения регрессии зависимости параметров микроклимата коровников от параметров внешней среды, которые позволяют спрогнозировать их изменения, что будет способствовать снижению или предотвращению возможных негативных последствий, таких как возникновение теплового стресса у животных.

Ключевые слова: коровник; микроклимат; температурно-влажностный индекс (ТНІ); углекислый газ; аммиак.

Для цитирования: Вторый В. Ф., Вторый С. В., Гордеев В. В. Влияние объемно-планировочных решений на микроклимат в коровниках // Аграрный научный журнал. 2022. № 9. С.92–95. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i9pp92-95>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Effect of space and layout solutions on the barn microclimate

Valerii F. Vtoryi, Sergei V. Vtoryi, Vladislav V. Gordeev

Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Saint-Petersburg – Pavlovsk, Russia.
e-mail: 2vt_1981@list.ru.

Abstract. The article presents the results of assessing the animal comfort by the temperature-humidity index and identifies the dependences of barn indoor climate formation under different space and layout solutions. The air temperature, humidity, ammonia and carbon dioxide concentrations were measured at nine points in two barns with loose cow housing system to estimate the effect of space and layout solutions on the indoor climate. The study results proved this effect also to depend on external weather conditions. The obtained linear regression equations will contribute to forecasting the indoor climate changes and help to mitigate the possible negative consequences such as the heat stress in animals.

Keywords: cow barn; microclimate; temperature and humidity index (THI); carbon dioxide; ammonia.

For citation: Vtoryi V. F., Vtoryi S. V., Gordeev V. V. Effect of space and layout solutions on the barn microclimate // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(9):92–95. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i9pp92-95>.

Введение. Одна из задач коровника – это защита коров от неблагоприятных воздействий окружающей среды в течение всего года, для этого параметры микроклимата коровника должны поддерживаться в пределах зоотехнических норм. Микроклимат коровника формируется рядом внешних и внутренних факторов и их взаимодействием. К внешним факторам относятся природно-климатические, а в качестве внутренних выступают продукты жизнедеятельности коров: тепло, влага и ряд газов [3].

Наиболее важными параметрами микроклимата коровника являются температура и влажность воздуха. Низкие показатели температур воздуха помещения приводят к переохлаждению животных, в результате чего часть энергии, получаемой от корма, расходуется на нормализацию температуры тела. При повышении температуры воздуха у животных усиливается частота пульса и дыхания, растет температура тела, снижается потребление корма. Повышенная влажность влияет на обмен веществ и окислительно-восстановительные процессы в организме коров. Кроме того, важно учитывать такие параметры воздушной среды как газовый состав, на который оказывают влияние продукты обмена, образуемые животными – аммиак и углекислый газ. Увеличение концентрации углекислого газа может возникнуть по причине неудовлетворительной работы систем вентиляции, а аммиака – из-за скопления навоза и неудовлетворительной работы систем его удаления [15]. В конечном счете, нарушение оптимального микроклимата способствует возникновению теплового стресса, снижению иммунитета и развитию тяжелых заболеваний у коров [5, 11, 13, 18].

Тепловой стресс у коров это одна из важных проблем присутствующих в летнее жаркое время, которая приводит к снижению продуктивности животных. Уровень теплового стресса напрямую зависит от сочетания температуры и влажности воздушной среды, в определенный момент создается обстановка, не позволяющая отдавать коровам тепло во внешнюю среду, и происходит накопление тепла в организме, что приводит к перегреву. Диапазоном оптимальных температур в коровнике считаются значения от 5 до 20 °C [2], а для высокопродуктивных коров этот диапазон составляет от 9 до 16 °C [10].

Уровень теплового стресса определяется температурно-влажностным индексом (ТНІ). Дойные коровы испытывают тепловой стресс при значении ТНІ свыше 68 баллов (пороговый показатель). Превышение порогового показателя на одну единицу значения ТНІ влечет за собой снижение продуктивности коровы на 0,27 кг молока в день [7].

Создание оптимального микроклимата, уменьшение вероятности возникновения теплового стресса, улучшение здоровья коров напрямую зависят от объемно-планировочных решений [1, 8, 9, 14]. Они позволяют заложить условия комфорта для животных на этапе проектирования коровника. При этом важно соблюдать требования, обозначенные в работе [4] и способствующие максимальному комфорту коров, отклонение от которых приводит к потере эффективности производства. Отмечаются такие важные параметры как, размер технологических групп, размеры боксов, ширина навозных проходов и другие. Они формируют площадь и объем коровника.



Цель работы – оценка состояния комфорта животных и выявление зависимостей формирования микроклимата в коровниках с разными объемно-планировочными решениями.

Методика исследований. Для оценки состояния комфорта и влияния объемно-планировочных решений на параметры микроклимата в двух коровниках беспривязного содержания голштинских коров проведены замеры температуры, влажности воздуха, концентрации аммиака и углекислого газа в 9 точках.

В коровнике 1 (рис. 1) из металлического каркаса и сэндвич-панелей содержалось 304 дойные коровы при удельной площади 9,77 м²/гол. и удельном объеме помещений 66,78 м³/гол.

В коровнике 2 (рис. 2), стоечно-балочной конструкции из железобетона, содержалось 320 дойных коров при удельной площади 8,78 м²/гол. и удельном объеме помещений 41,25 м³/гол.

Удельная площадь коровников отличается на 10 %, удельный объем – на 38 %. Коровники эксплуатируются в разных хозяйствах и расположены друг от друга на расстоянии 25 км. Коровники оснащены комбинированной системой вентиляции. Обмен воздуха обеспечивается естественной приточно-вытяжной системой вентиляции через светоаэрационный конек и проемы ворот, а также по средствам регулируемого притока воздуха через окна, оборудованные шторами, и осевыми вентиляторами, расположенными в два ряда по длине коровников. Уборка навоза с помощью скреперной установки. Поение осуществляется из групповых поилок, по две на секцию. Режим кормления 2 раза в сутки кормосмесями.

Измерения параметров микроклимата в коровниках и во внешней среде проводились в интервале времени с 9:00 до 15:00 с помощью мобильного фиксирующего прибора, разработанного и собранного на базе нашего института. В него включены датчики: температуры и влажности ДВТ-02 (Рэлсиб, Россия), концентрации углекислого газа EE 820 (E+E Elektronik, Австрия) и аммиака Астра-Д (НПП Дельта, Россия). В качестве регистратора полученных показаний микроклимата выступает устройство МСД-200 («Производственное объединение ОВЕН», Россия) [6].

Все полученные данные обработаны в программах MS Excel и Statgraphics.

Результаты исследований. Измерения проводились в период положительных внешних температур от 2,7 до 36,0 °С. В ходе замеров параметров микроклимата были получены результаты, представленные в таблице.

Наибольшая разница температур внутри коровника и снаружи была в феврале для коровника 2, при среднем значении внешней среды 2,8 °С температура в коровнике +10,3 °С. Относительная влажность воздуха с наибольшим разбросом отмечена в коровнике 2 в июле месяце, и она составила внутри коровника 53,6 % при внешнем значении относительной влажности 35,7 %.

Исследования показали, что при температуре наружного воздуха 10° С, в коровнике 2, с меньшим объемом помещения, температура воздуха выше в среднем на 2 °С, чем в коровнике 1. При температуре наружного воздуха 30 °С температура воздуха в коровнике 2 ниже в среднем на 2 °С, чем в коровнике 1. Одновременно с изменением температурного режима происходило изменение относительной влажности воздуха. При температуре наружного воздуха 10 °С относительная влажность воздуха в коровнике 2 ниже в среднем на 5 %, чем в коровнике №1. При температуре наружного воздуха 30 °С относительная влажность воздуха в коровнике 2 выше в среднем на 13 %, чем в коровнике 1.

В период исследования воздушной среды в коровнике 1 не наблюдалось сильного разброса с параметрами внешней среды, что подчеркивает их значительное взаимное влияние друг на друга. Такой же вывод отмечен в работе [8].

Уравнения линейной регрессии (1, 2) для расчета температуры и относительной влажности воздуха в коровнике 1:

$$T_1 = 2,59133 + 0,85119T_{\text{н}}, \quad (1)$$

$$HR_1 + 15,1827 + 0,795311HR_{\text{н}}, \quad (2)$$

где T_1 – температура воздуха в коровнике 1, °С; HR_1 – относительная влажность в коровнике 1, %; $T_{\text{н}}$ – температура воздуха внешняя, °С; $HR_{\text{н}}$ – относительная влажность внешняя, %.

Коэффициент множественной корреляции для уравнений составил:

$R^2 = 0,997$ при $P < 0,05$ для температуры;

$R^2 = 0,926$ при $P < 0,05$ для относительной влажности.

Уравнения линейной регрессии (3, 4) для расчета температуры и относительной влажности воздуха в коровнике 2:

$$T_2 = 7,24158 + 0,659259T_{\text{н}}, \quad (3)$$

$$HR_2 = 36,4961 + 0,50698RH_{\text{н}}, \quad (4)$$

где T_2 – температура воздуха в коровнике 2, °С; HR_2 – относительная влажность в коровнике №2, %.

Коэффициент множественной корреляции для уравнений составил:

$R^2 = 0,991$ при $P < 0,05$ для температуры;

$R^2 = 0,926$ при $P < 0,05$ для относительной влажности.

Относительное изменение значения THI между коровниками, рассчитанное по формуле [7, 12], при высоких темпера-

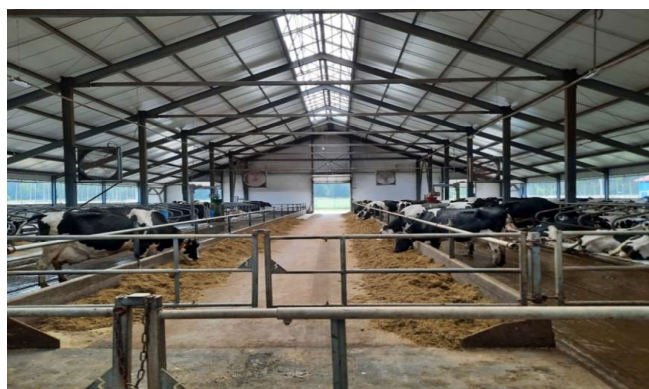


Рис. 1. Общий вид коровника 1



Рис. 2. Общий вид коровника 2



Параметры микроклимата	Коровник 1			Коровник 2		
	Июль	Сентябрь	Февраль	Июль	Сентябрь	Февраль
Температура воздуха, °C	30,0-36,0	8,5-8,7	4,0-5,6	32,2-35,5	8,4-9,0	2,7-3,0
Влажность воздуха, %	35,6-44,7	80,0-82,0	67,5-73,6	35,0-40,3	75,0-78,9	78,7-81,8
Концентрация аммиака, мг/м³	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Концентрация углекислого газа, ppm	373-567	445-463	493-552	598-777	428-489	468-544
	429-814	464-560	621-953	703-1264	588-1082	1141-1832

* В числителе показан диапазон изменения параметров при замерах внешней среды, в знаменателе – диапазон изменения при замерах параметров в коровнике.

турах 30...36 °C различалось на 1–2 ед. Общее значение *ТНІ* варьировало для коровников от 76 до 81 ед., что соответствует развивающемуся тепловому стрессу у коров [3]. Отметим, что применение осевых вентиляторов в исследуемых коровниках в режиме постоянной работы для нормализации параметров воздушной среды в условиях повышенных температур, является недостаточным.

При внешней температуре от 5 до 10 °C разница *ТНІ* между коровниками составила 2–3 ед., но общее значение *ТНІ* варьировало от 49 до 56 ед., что соответствует зоне комфорта.

Полученные результаты значений *ТНІ*, особенно при высоких температурах, говорят о слабом влиянии изменения удельного объема коровника на индекс комфортности животного *ТНІ*, но в то же время *ТНІ* не учитывает уровень концентрации газов в зоне содержания животных.

Результат замеров параметров микроклимата показал разницу в содержании концентрации газов в коровниках, при этом показатели не превышали нормативы [16, 17]. По результатам мониторинга за период наблюдений отмечается превышение уровня концентрации углекислого газа в среднем на 120–880 ppm и аммиака на 0,3–3,0 мг/м³ в коровнике 2 по сравнению с коровником 1.

Уравнения нелинейной регрессии (5, 6) для расчета концентрации углекислого газа и аммиака в коровнике 1:

$$CO_2 = 1514,76 + 1,30428T_1^2 - 1,52222T_1HR_1 \quad (5)$$

$$NH_3 = 2,76565 + 0,0046679T_1^2 - 0,0034788T_1HR_1 \quad (6)$$

где CO_2 – концентрация углекислого газа в коровнике 1, ppm; NH_3 – концентрация аммиака в коровнике 1, мг/м³.

Коэффициент множественной корреляции для уравнений составил:

$R^2 = 0,985$ при $P < 0,05$ для углекислого газа;

$R^2 = 0,916$ при $P < 0,05$ для аммиака.

Уравнения нелинейной регрессии (7, 8) для расчета концентрации углекислого газа и аммиака в коровнике 2:

$$CO_2 = 1511,8 + 1,39868T_2^2 + 0,422534HR_2^2 \quad (7)$$

$$NH_3 = -6,10669 + 0,00912836T_2^2 + 0,00118202HR_2^2 \quad (8)$$

где CO_2 – концентрация углекислого газа в коровнике 2, ppm; NH_3 – концентрация аммиака в коровнике 2, мг/м³.

Коэффициент множественной корреляции для уравнений составил:

$R^2 = 0,819$ при $P < 0,05$ для углекислого газа;

$R^2 = 0,990$ при $P < 0,05$ для аммиака.

В коровнике 1 с большим удельным объемом на одну голову создаются наиболее благоприятные условия по концентрациям углекислого газа и аммиака. При этом концентрация углекислого газа на расстоянии 12 м от ворот с севера и юга коровника 1 во все моменты измерений незначительно превышает естественный фон концентрации углекислого газа, зафиксированный на расстоянии 2 км от коровника, вне зоны жилых и промышленных объектов. Концентрация углекислого газа в коровнике 2 с меньшим удельным объемом на одну голову особенно в летний жаркий период превышает этот фон в среднем на 200-350 ppm.

Заключение. Результаты исследований свидетельствуют, что объемно-планировочные решения в разной степени оказывают влияние на формирование микроклимата коровников в зависимости от внешних погодных условий.

Исследование изменения температуры, относительной влажности и газового состава воздуха в коровниках и во внешней среде позволило уточнить особенности формирования в них микроклимата. Коровник 2 позволяет поддерживать воздушную среду в пределах зоотехнических норм по температуре и относительной влажности при достаточно низких температурах наружного воздуха, в то время, когда в коровнике 1 выражена четкая зависимость от состояния окружающей среды. Результаты исследования по концентрациям газов показывают, что в коровнике 1 с большим удельным объемом на одну голову создаются наиболее благоприятные условия для животных и персонала.

Полученные уравнения регрессии позволят спрогнозировать сценарии изменения состояния параметров микроклимата для исследованных коровников на 12 и более часов, что будет способствовать предотвращению возможных негативных последствий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаханова К.М. Оценка эффективности аэрации помещения для содержания дойных коров в теплый период года // Аграрный научный журнал. 2020. №12. С. 85-86.
2. Величко Л.Ф., Величко В.А., Давиденко Ю.Г. Влияние параметров микроклимата на молочную продуктивность коров // Научный журнал КубГАУ. 2021. №168(04). С. 79-85.
3. Вторый В.Ф., Вторый С.В., Гордеев В.В. Информационно-прогнозная модель температурно-влажностного режима коровника // Инженерные технологии и системы. 2021. Том 31, № 2. С. 241-256.
4. Гордеев В.В., Хазанов В.Е., Яковлева А.В. Анализ планировочных решений коровников для нового строительства // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2015. № 87. С. 185-195.



5. Иванов С.И., Шилин В.А., Овсепян П.С. Техническое решение для обеспечения оптимальной влажности воздуха в животноводческом помещении // Тенденции развития науки и образования. 2021. №70-2. С. 100-103.
6. Ильин Р.М., Вторый С.В. Распределение аммиака в коровниках с естественной системой вентиляции // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2020. № 2(103). С. 91-98.
7. Малинин И. Тепловой стресс: новые факты // Животноводство России. 2017. №6. С. 26-28.
8. Милостивый Р.В. Прогнозирование микроклимата в помещениях облегченной конструкции с использованием корреляционно-регрессионного моделирования // Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции «Инновации в животноводстве - сегодня и завтра», 19–20 декабря 2019 г. Жодино, Республика Беларусь. 2019. С. 474-478.
9. Музыка А.А., Москалев А.А., Шматко Н.Н., Муравьева М.И. Этологические реакции коров в зависимости от объемно-планировочных и конструктивных решений зданий // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2017. №20-2. С. 71-77.
10. Кузьминова Е.В., Семененко М.П., Абрамов А.А., Рудь Н.А., Рудь Е.Н. Проблема теплового стресса в молочном животноводстве // Ветеринария Кубани. 2020. №3. С. 10-11.
11. Файзрахманов Р.Н., Данилова Н.И., Кузнецова Е.Л., Белоглазова О.А., Зайцев А.В., Сидыганов Ю.Н. Изменение основных параметров микроклимата коровников в зависимости от вида применяемого подстилочного материала // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2021. Том 247, №3. С. 277-283.
12. Dimov D., Marinov I., Penev T., Miteva C., Gergovska Z. Animal hygienic assessment of air carbon dioxide concentration in semi-open freestall barns for dairy cows // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2019; 25 (No 2): 354–362.
13. Kic P. Effect of construction shape and materials on indoor microclimatic conditions inside the cowsheds in dairy farms // Agronomy Research. 2017; 15 (2): 426-434.
14. Mylostyvyi R., Vysokos M., Timoshenko V., Muzyka A. [et al.] Features of the formation and monitoring of the microclimate in non-insulated barns: unresolved issues // Theoretical and Applied Veterinary Medicine. 2020; 8(2): 73-85.
15. Priekulis J., Laurs A., Melece L. Ammonia emission reduction measures in dairy cattle farming // Proceedings of the 18th International Scientific Conference “Engineering for Rural Development” May 22-24, Jelgava, Latvia. 2019: 83-87.
16. Vtoryi V., Vtoryi S., Gordeev V., Lantsova E. Carbon dioxide emission from cattle manure removed by scrapers // Proceedings of the 16th International Scientific Conference “Engineering for Rural Development” May 24-26, Jelgava, Latvia. 2017: 328-332.
17. Vtoryi V., Vtoryi S., Ylyin R. Ammonia concentration in cow barn under limited air exchange // Proceedings of the 18th International Scientific Conference “Engineering for Rural Development” May 22-24, Jelgava, Latvia. 2019: 1593-1598.
18. Yan, G., Shi, Z., Li, H. Critical temperature-humidity index thresholds based on surface temperature for lactating dairy cows in a temperate climate // Agriculture. 2021; 11(10): 970.

REFERENCES

1. Agakhanova K.M. Estimation of the efficiency of cowshed aeration in the warm season. *The Agrarian Scientific Journal*. 2020; 12: 85-86. (In Russ.)
2. Velichko L.F., Velichko V.A., Davydenko Y.G. Influence of microclimate parameters on dairy productivity of cows. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2021; 168(04): 79-85. (In Russ.)
3. Vtoryi V.F., Vtoryi S.V., Gordeev V.V. Information and predictive model of the temperature and humidity regime of the cowshed. *Engineering technologies and systems*. 2021; 31; 2: 241-256.
4. Gordeev V.V., Khazanov V.E., Yakovleva A.V. Analysis of lay-out solutions for newly constructed cowbarns. *Technologies, machines and equipment for mechanised crop and livestock production*. 2015; 87: 185-195. (In Russ.)
5. Ivanov S.I., Shilin V.A., Ovsepyan P.S. Technical solution to ensure optimal humidity in the livestock house. *Trends in Science and Education Development*. 2021; 70-2: 100-103. (In Russ.)
6. Ilyin R.M., Vtoryi S.V. Ammonia distribution pattern in cow barns with a natural ventilation system. *Technologies, machines and equipment for mechanised crop and livestock production*. 2020; 2(103): 91-98. (In Russ.)
7. Malinin I. Thermal stress: new facts. *Animal Husbandry of Russia*. 2017; 6: 26-28.
8. Mylostyvyi R.V. Forecasting the microclimate in facilities with simplified structures using correlation and regression modelling. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Innovations in animal husbandry – today and tomorrow”*, December 19-20, Zhodino, Republic of Belarus, 2019. 474-478. (In Russ.)
9. Muzyka A.A., Moskaev A.A., Shmatko N.N., Muravyeva M.I. Ethological reactions of cows depending on the space, layout and design solutions of buildings. *Current Problems of Intensive Development of Animal Husbandry*. 2017; 20-2: 71-77. (In Russ.)
10. Kuzminova E.V., Semenenko M.P., Abramov A.A., Rud N.A., Rud E.N. Heat stress problem in dairy farming. *Veterinary Science of Kuban Region*. 2020; 3: 10-11. (In Russ.)
11. Fayzrakhmanov R.N., Danilova N.I., Kuznetsova E.L., Beloglazova O.A., Zajcev A.V., Sidiganov YU. N. Change in the basic parameters of the microclimate of the beds depending on the type of bedding material used. *Transactions of Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. 2021; 247; 3: 277-283. (In Russ.)
12. Dimov D., Marinov I., Penev T., Miteva C., Gergovska Z. Animal hygienic assessment of air carbon dioxide concentration in semi-open free stall barns for dairy cows. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2019; 25 (2): 354–362.
13. Kic P. Effect of construction shape and materials on indoor microclimatic conditions inside the cowsheds in dairy farms. *Agronomy Research*. 2017; 15 (2): 426-434.
14. Mylostyvyi R., Vysokos M., Timoshenko V., Muzyka A. [et al.] Features of the formation and monitoring of the microclimate in non-insulated barns: unresolved issues. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2020; 8(2): 73–85.
15. Priekulis J., Laurs A., Melece L. Ammonia emission reduction measures in dairy cattle farming. *Proceedings of the 18th International Scientific Conference “Engineering for Rural Development” May 22-24, Jelgava, Latvia*. 2019. 83-87.
16. Vtoryi V., Vtoryi S., Gordeev V., Lantsova E. Carbon dioxide emission from cattle manure removed by scrapers. *Proceedings of the 16th International Scientific Conference “Engineering for Rural Development” May 24-26, Jelgava, Latvia*. 2017. 328-332.
17. Vtoryi V., Vtoryi S., Ylyin R. Ammonia concentration in cow barn under limited air exchange. *Proceedings of the 18th International Scientific Conference “Engineering for Rural Development” May 22-24, Jelgava, Latvia*. 2019. 1593-1598.
18. Yan, G., Shi, Z., Li, H. Critical temperature-humidity index thresholds based on surface temperature for lactating dairy cows in a temperate climate. *Agriculture*. 2021; 11(10): 970.

Статья поступила в редакцию 01.04.2022; одобрена после рецензирования 12.05.2022; принята к публикации 25.05.2022.

The article was submitted 01.04.2022; approved after reviewing 12.05.2022; accepted for publication 25.05.2022.

