

ОЦЕНКА ТЕПЛООВОГО СТРЕССА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ И МИКРОКЛИМАТА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Е.О. Крупин, кандидат ветеринарных наук

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Федерального исследовательского центра Казанский научный центр РАН,
420059, Казань, ул. Оренбургский тракт, 48
E-mail: evgeny.krupin@gmail.com

Исследования проводили с целью анализа уровня теплового стресса у крупного рогатого скота на территории Республики Татарстан путем расчета различных индексов для определения возможности их использования при оценке комфортности условий обитания животных. Анализ условий среды и микроклимата животноводческого помещения в летние месяцы (июнь, июль, август) проводили на основе результатов измерений, выполненных в 12 синоптический срок по Гринвичу, что соответствует 16:00 по местному времени. За изучаемый период (2016–2018 гг.) выявлена устойчивая тенденция к увеличению средней скорости ветра во внешней среде на 7,51 %. Чаще всего значения температурно-влажностного индекса (64,49 %) и скорректированного температурно-влажностного индекса (79,71 %), соответствующие тепловому стрессу, отмечали при расчете по Е.С. Том. При использовании скорректированного температурно-влажностного индекса независимо от применяемой методики отмечали большее (в среднем в 2,08 раза) число значений, соответствующих тепловому стрессу, чем при расчете обычного температурно-влажностного индекса. В случае использования эквивалентного температурного индекса тепловому стрессу соответствовало 25,00 % значений, при расчете предиктора частоты дыхания – 14,49 %. Внутри животноводческого помещения число значений, соответствующих тепловому стрессу, при расчете температурно-влажностного индекса методом Е.С. Том, было больше, чем при оценке условий внешней среды, на 21,33 %, методом W. Bianca – на 10,22 %, при использовании остальных методов оценки – в 2,72 раза меньше. На территории Республики Татарстан существует проблема теплового стресса для животных, выраженность которой зависит от применяемого индекса оценки или методики его расчета. Это необходимо учитывать при разработке соответствующего комплекса профилактических мероприятий.

HEAT STRESS EVALUATION BASED ON THE ANALYSIS OF EXTERNAL ENVIRONMENT PARAMETERS AND MICROCLIMATE OF LIVESTOCK BUILDINGS

Krupin E.O.

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture,
FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences,
420059, Kazan, ul. Orenburgskii trakt, 48
E-mail: evgeny.krupin@gmail.com

The studies were carried out to analyze heat stress on the territory of the Republic of Tatarstan on the basis of calculating various indices that allow assessing the comfort of environmental conditions for animals in the studied period of time. During the studied period of time, a stable tendency of an increase in the average wind speed in the external environment by 7.51% was revealed. The largest share of the values of the temperature-humidity index (64.49%) and the temperature-humidity index of the corrected (79.71%) calculated for the 12th synoptic period and corresponding to one degree or another of heat stress was obtained using the calculation method according to E.C. Thom. When calculating the temperature-humidity index, adjusted regardless of the method used, a greater (on average 2.08 times) number of values corresponding to heat stress was revealed than when calculating the temperature-humidity index. When calculating the equivalent temperature index, 25.00% of the values corresponding to heat stress are established. When calculating the respiratory rate predictor, the proportion of values corresponding to heat stress was 14.49%. When calculating the temperature and humidity index inside a livestock house using the E.C. Thom, the number of values corresponding to heat stress was higher than when assessing environmental conditions by 21.33%, by W. Bianca's method - by 10.22%, and when using other methods for assessing the value of the temperature-humidity index - by 2.72 times less often.

Ключевые слова: климат, тепловой стресс, животные, температурно-влажностный индекс, эквивалентный температурный индекс, предиктор частоты дыхания

Key words: climate, heat stress, animals, temperature-humidity index, equivalent temperature index, predictor respiratory rate

Согласно оценкам специалистов, к 2050 г. средняя температура воздуха на планете может повыситься на 2 °С. Тенденции глобального потепления вызывают озабоченность из-за возможных экономических потерь в животноводстве [1]. Обычно верхний предел температуры термонейтральной зоны для молочного скота ограничен 25...26 °С, однако значительное уменьшение продуктивности коров можно наблюдать и при более низких температурах [2, 3]. Влияние теплового стресса может вызывать множественные изменения поведения, физиологические и эндокринологические реакции у коров [4, 5]. Впоследствии это сопровождается снижением продуктивности, качества молока, ре-

продуктивной способности, увеличением численности патогенной микробиоты в различных системах органов и др. [6, 7]. В литературе описаны различные индексы, которые можно использовать для оценки уровня теплового стресса у крупного рогатого скота, связывающие условия окружающей среды с физиологическими реакциями животных [8]. Они важны с точки зрения прогнозирования и определения критических условий для благополучия жизнедеятельности и продуктивности животных [9]. На основе расчета индексов теплового стресса разрабатывают профилактические мероприятия, принимают организационные решения, направленные на создание условий, исключающих или

существенно снижающих развитие теплового стресса: затенение посредством навесов, деревьев, крыш и карнизов, вентиляция, увлажнение, перегруппировка животных, применение адаптогенов и др. [10, 11].

Цель исследования – анализ уровня теплового стресса у крупного рогатого скота на территории Республики Татарстан путем расчета различных индексов для определения возможности их использования при оценке комфортности условий обитания животных.

Методика. Работу выполняли в Татарском научно-исследовательском институте сельского хозяйства ФИЦ Казанский научный центр РАН в 2020 г. в рамках реализации Государственного задания АА-АА-А18-118031390148-1. В ходе исследований проводили анализ условий среды и микроклимата животноводческого помещения в летние месяцы (июнь, июль, август) 2016–2018 гг. путем расчета температурно-влажностного индекса (ТВИ) и температурно-влажностного индекса скорректированного (ТВИС) с учетом скорости ветра и солнечной радиации 7 методами (Е.С. Thom, 1959; W. Bianca, 1962; Н.Н. Kibler, 1964; NRC, 1971; М.К. Yousef, 1985; T.L. Mader et al., 2006; A. Berman et al., 2016), эквивалентного температурного индекса (ЭТИ по F.C. Baeta, 1987) и предиктора частоты дыхания (ПЧД по R.A. Eigenberg et al., 2005). В работе использовали данные трех метеостанций Республики Татарстан (№27595, №28506, №28704), находящихся в различных агроклиматических зонах (Булыгина О.Н., Веселов В.М., Разуваев В.Н. и др., свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620549). Анализировали измерения, выполненные в 12 синоптический срок по Гринвичу, что соответствует 16:00 по местному времени. Величины показателей микроклимата животноводческого помещения определяли с использованием температурно-влажностных регрессионных моделей по В.Ф. Второму с соавт. (Санкт-Петербург, 2018) на основании метеоданных о окружающей среде. Оценка комфортности среды и микроклимата животноводческого помещения осуществляли по шкалам значений ТВИ (G.L. Hahn et al., 2009), ЭТИ (F.C. Baeta, 1987) и ПЧД (R.A. Eigenberg et al., 2005). Расчет величин изучаемых индексов для внешней среды осуществляли на основе данных о средней скорости ветра (м/с), температуре воздуха по сухому и влажному термометру, температуре точки росы (°С), относительной влажности воздуха (%), интенсивности солнечной радиации (Вт/м²). При оценке комфортности условий в животноводческом помещении использовали сведения о температуре воздуха по сухому и влажному термометру внутри помещения (°С) и относительной влажности воздуха внутри помещения (%). Анализ данных и построение диаграмм выполняли в программах Microsoft Excel (Microsoft Corporation, USA) и SPSS 17.0 (IBM, USA).

Результаты и обсуждение. Тепловой стресс – результирующая воздействия на организм животного совокупности внешних сил, которое, как правило, обуславливают различные климатические факторы, в связи с чем их анализ необходим и важен [12]. В период исследований (2016–2018 гг.) наблюдали тенденцию к увеличению средней скорости ветра на 7,51 % (см. табл.). По некоторым показателям внешней среды (температура воздуха по сухому и влажному термометрам, интенсивность солнечной радиации) и микроклимата животноводческих помещений (температура воздуха по сухому и влажному термометрам) отмечено некоторое уменьшение средних значений в 2017 г.

Средние показатели климата и микроклимата за изучаемый период

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Внешняя среда			
Скорость ветра, м/с	2,93 ± 0,11	2,98 ± 0,10	3,15 ± 0,12
Температура воздуха, °С: по сухому термометру	26,17 ± 0,51	22,14 ± 0,47	23,70 ± 0,56
по смоченному термометру	17,25 ± 0,30	15,93 ± 0,31	16,20 ± 0,40
Относительная влажность воздуха, %	39,22 ± 1,39	51,57 ± 1,48	43,79 ± 1,31
Температура точки росы, °С	10,04 ± 0,42	10,85 ± 0,39	9,72 ± 0,51
Интенсивность солнечной радиации, Вт/м ²	685,75 ± 21,17	622,42 ± 22,36	705,71 ± 21,56
Микроклимат животноводческого помещения			
Температура воздуха, °С: по сухому термометру	25,93 ± 0,37	23,18 ± 0,33	24,10 ± 0,41
по смоченному термометру	20,50 ± 0,22	19,58 ± 0,21	19,63 ± 0,28
Относительная влажность воздуха, %	35,98 ± 1,94	53,29 ± 1,64	44,63 ± 1,68

с последующим ростом в 2018 г. Например, в 2017 г. снижение температуры воздуха по сухому и влажному термометрам во внешней среде, по сравнению с 2016 г., составило 15,4 % и 7,65 % соответственно, в животноводческом помещении – 10,61 и 4,49 %. Рост величин этих показателей в 2018 г., относительно 2017 г., во внешней среде был равен 7,05 и 1,69 % соответственно, в животноводческом помещении – 3,97 и 0,26 %. Интенсивность солнечной радиации в 2017 г. снизилась, по сравнению с 2016 г., на 9,24 %, а в 2018 г. была выше, чем в 2017 г., на 13,38 %. Относительная влажность воздуха во внешней среде и в животноводческом помещении, а также температура точки росы в 2017 г. возросли, по сравнению с 2016 г., на 31,48, 48,11 и 8,07 % соответственно. В 2018 г. влажность воздуха как во внешней среде, так и в животноводческом помещении была выше, чем в 2016 г., на 11,65 % и 24,04 % соответственно, а температура точки росы оставалась ниже, чем в 2016 г., на 3,19 %.

Наиболее часто используемый для оценки теплового стресса индекс ТВИ характеризует комбинированное воздействие на живой организм температуры воздуха и влажности. Преимущество его расчета заключается в том, что необходимые данные можно легко получить с фермы или ближайшей метеостанции, тогда как определить самостоятельно интенсивность солнечного излучения и скорость ветра сложнее, и, зачастую, такие данные недоступны для всеобщего пользования в виде массивов [13]. Наибольшая доля (64,49 %) значений индекса ТВИ, соответствующих той или иной степени теплового стресса, отмечена при расчете по Е.С. Thom (рис. 1 а). При использовании других методов количество измерений, результаты которых можно было интерпретировать как тепловой стресс, были в разы меньше. Величина этого показателя варьировала от 23,91 % при расчете по A. Berman, et al. до 11,59 % при использовании метода W. Bianca.

ИБПЖ (индекс безопасности погоды для живот-

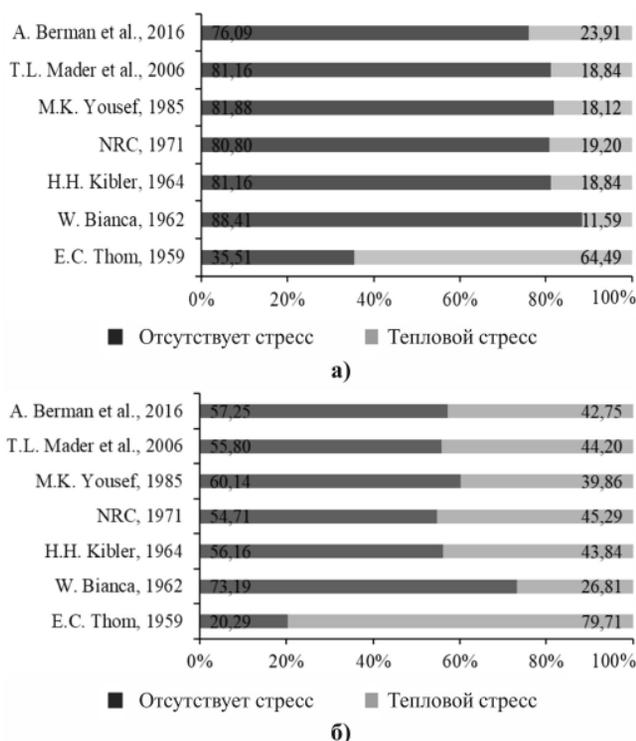


Рис. 1. Значения ТВИ (а) и ТВИс (б) внешней среды в 2016–2018 гг.

ных), учитывающий скорость движения воздуха и влияние солнечной радиации, был разработан еще в 1970 г. и с успехом использовался Национальной службой погоды США. Позднее заложенные в нем подходы переработали и положили в основу так называемого скорректированного температурно-влажностного индекса [14]. Результаты наших расчетов свидетельствуют, что наиболее высокая доля значений индекса ТВИс (79,71 %), соответствующих в той или иной степени тепловому стрессу, также получена при использовании метода Е.С. Thom (рис. 1 б). Далее по количеству выявленных случаев следуют методы NRC, T.L. Mader, et al. и H.H. Kibler (соответственно 45,29, 44,20 и 43,84 % измерений). Как и при расчете ТВИ наименьшее число случаев теплового стресса отмечено при использовании методов M.K. Yousef и W. Bianca – 39,86 и 26,81 % соответственно. Следует отметить, что независимо от применяемой методики при определении ТВИс оно было в среднем в 2,08 раза больше, чем при расчете ТВИ. Наименьшие различия были отмечены при расчете по Е.С. Thom – 1,24 раза, а наибольшие – при использовании метода NRC.

В связи с увеличением поголовья животных на фермах, их большей скученностью, преобладанием стойлового содержания над выгульным возникла необходимость в изменении подходов к оценке теплового стресса. В результате появился индекс ЭТИ, который выражается в единицах температуры и выводится на основе эквивалентной температуры воздуха, относительной влажности, скорости воздуха и солнечной радиации [8, 15]. Оценка с его использованием результатов измерений, проведенных в летние месяцы 2016–2018 гг., характеризовала ситуацию теплового стресса в 25,00 % случаев (рис. 2а), что в среднем ниже, чем при расчете ТВИс, в 1,84 раза и равно среднему значению ТВИ, установленному при использовании всех перечисленных ранее методов.

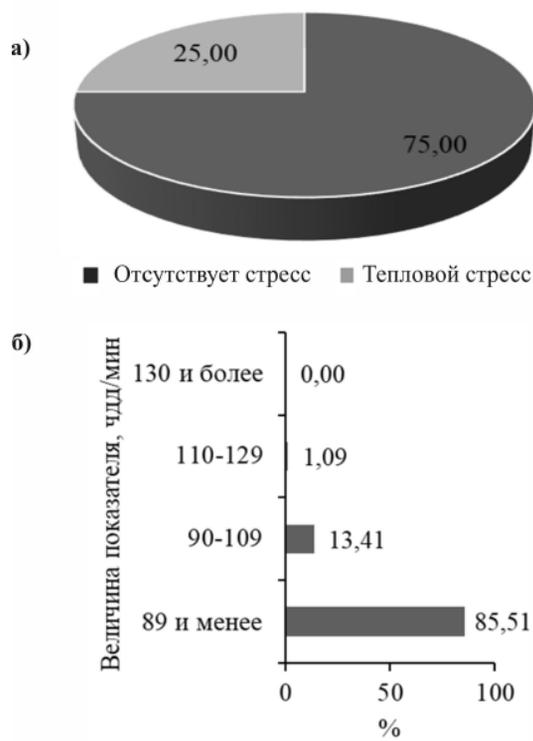


Рис. 2. Значения ЭТИ (а) и ПЧД (б) внешней среды в 2016–2018 гг.

Известно, что изменение ТВИ на 1 единицу может вызвать увеличение числа дыхательных движений на 2...4 раза за 1 минуту [16, 17]. На основании этого был разработан индекс ПЧД, который коррелирует с температурой тела животных, но наиболее эффективен в светлое время суток [18]. Расчет ПЧД показал (рис. 2б), что в 85,51 % случаев его величина не превышала 89 дыхательных движений. Соответственно, тепловой стресс был отмечен только в 14,49 % случаев. Это ниже средних величин, установленных при использовании ТВИ и ЭТИ в 1,73 раза, ТВИс – в 3,18 раза, но на 2,9 % выше, чем при расчете ТВИ по методу W. Bianca.

При определении ТВИ внутри животноводческого помещения методом Е.С. Thom число случаев, соответствующих тепловому стрессу, было больше, чем при оценке условий внешней среды, на 21,33 %, методом W. Bianca – на 10,22 % (рис. 3). При использовании остальных методов оценки величины ТВИ, соответствующие тепловому стрессу, выявлялись в среднем в 2,72 раза реже, чем во внешней среде. Минимальная

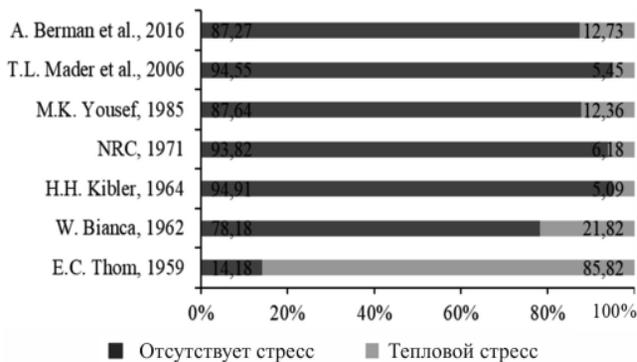


Рис. 3. Значения ТВИ в животноводческих помещениях в 2016–2018 гг.

величина этого показателя (5,09 %) отмечена при использовании метода Н.Н. Kibler.

Следует отметить, что величины показателей, полученных на основании анализа ТВИ внешней среды по данным 2016–2018 гг., были в среднем в 2,56 раза выше, чем в 1996–2015 гг. [19]. Эти различия могут быть связаны как с большим числом методов, использованных при более позднем исследовании, так и с выбором при оценке степени теплового стресса критериев G.L. Hahn et al. (2009), вместо применявшихся ранее критериев LPHSI.

Таким образом, при расчете ТВИ и ТВИс чаще всего (64,49 % и 79,71 % случаев соответственно) состояние теплового стресса фиксировали по методике E.C. Thom. При использовании ТВИс состояние теплового стресса отмечали в среднем в 2,08 раза чаще, чем при расчете ТВИ. При определении ЭТИ тепловой стресс наблюдали в 25,00 % случаев, ПЧД – в 14,49 %. В случае расчета ТВИ внутри животноводческого помещения методами E.C. Thom и W. Vianca число значений, соответствующих тепловому стрессу было в разы больше, чем при использовании остальных методов. На основании результатов исследований можно утверждать, что на территории Республики Татарстан (как во внешней среде, так и внутри животноводческих помещений) существует проблема теплового стресса для животных. Однако результаты расчетов, характеризующих его индексов, зависят от используемой методики, что необходимо учитывать при разработке комплекса профилактических мероприятий.

Литература.

1. *Agroclimatic conditions in Europe under climate change* / M. Trnka, J.E. Olesen, K.C. Kersebaums, et al. // *Glob. Change Biol.* 2011. Vol. 17. No. 7. P. 2298–2318.
2. *Quantifying the effect of heat stress on daily milk yield and monitoring dynamic changes using an adaptive dynamic model* / G. André, B. Engel, P.B.M. Berentsen, et al. // *J. Dairy Sci.* 2011. Vol. 94. No. 9. P. 4502–4513.
3. *Berman A. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows* // *J. Anim. Sci.* 2005. Vol. 83. No. 6. P. 1377–1384.
4. *Roth Z. Reproductive physiology and endocrinology responses of cows exposed to environmental heat stress - Experiences from the past and lessons for the present (Review)* // *Theriogen.* 2020. Vol. 155. P. 150–156.
5. *Heat stress and cow factors affect bacteria shedding pattern from naturally infected mammary gland quarters in dairy cattle* / J. Hamel, Y. Zhang, N. Wente, et al. // *J. Dairy Sci.* 2021. Vol. 104. No. 1. P. 786–794.
6. *Evaluating the impact of heat stress as measured by temperature-humidity index (THI) on test-day milk yield of small holder dairy cattle in a sub-Saharan African climate* / C.C. Ekine-Dzivenu, R. Mrode, E. Oyieng, et al. // *Livestock Sci.* 2020. Vol. 242. Article number 104314.
7. *A study on stress response and fertility parameters in phenotypically thermotolerant and thermosensitive dairy cows during summer heat stress* / I. Nanas, T.-M. Chouzouris, K. Dadouli, et al. // *Reprod. Domestic Anim.* 2020. Vol. 55. No. 12. P. 1774–1783.
8. *A predictive model of equivalent temperature index for dairy cattle (ETIC)* / X. Wang, H. Gao, K.G. Gebremedhin, et al. // *J. Therm. Biol.* 2018. Vol. 76. P. 165–170.
9. *Thermal stress indices in young nellore bulls raised in tropical environments* / A.A. Storti, M.R.B. De Mattos Nascimento, C.U. De Faria, et al. // *Acta Sci. Vet.* 2019. Vol. 47. No. 1. Article number 1670.
10. *Angrecka S., Herbut P. Impact of barn orientation on insolation and temperature of stalls surface* // *Ann. Anim. Sci.* 2016. Vol. 16. No. 3. P. 887–896.
11. *The impact of localization and barn type on insolation of sidewall stalls during summer* / S. Angrecka, P. Herbut, G. Nawalany, et al. // *J. Ecol. Eng.* 2017. Vol. 18. No. 4. P. 60–66.
12. *Dikmen S., Hansen P.J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment?* // *J. Dairy Sci.* 2009. Vol. 92. No. 1. P. 109–116.
13. *Nascimento F.G.O., Aguiar H.C.P., Rodrigues G.M. What is the best temperature-humidity index equation to indicate heat stress in crossbred dairy calves in a tropical environment?* // *Cienc. Rural.* 2019. Vol. 49. No. 1. Article number e20180132.
14. *Mader T.L., Davis M.S., Brown-Brandl T. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle* // *J. Dairy Sci.* 2006. Vol. 84. No. 3. P. 712–719.
15. *Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating dairy cows* / F.C. Baeta, N.F. Meador, M.D. Shanklin, et al. // *Amer. Soc. Agric. Engr.* 1987. Article number 874015.
16. *Collier R.J., Dahl G.E., Van Baale M.J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle* // *J. Dairy Sci.* 2006. Vol. 89. No. 4. P. 1244–1253.
17. *Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, part 2: predictive relationships* / R.A. Eigenberg, T.M. Brown-Brandl, J.A. Nienaber, et al. // *Biosyst. Eng.* 2005. Vol. 91. No. 1. P. 111–118.
18. *Relationship between thermal comfort indices and internal temperature of grazing lactating holstein × gyr cows in western Amazonia* / G.A. de Carvalho, A.K.D. Salman, P.G. da Cruz, et al. // *Acta Amazon.* 2018. Vol. 48. No. 3. P. 191–196.
19. *Krupin E.O. Assessing heat stress in cattle based on analysis of meteorological factors* // *Rus. Agr. Sci.* 2020. Vol. 46. No. 4. P. 390–394.

Поступила в редакцию 20.01.2021

После доработки 11.03.2021

Принята к публикации 20.04.2021