

Научная статья
УДК 631.223.2:614.94
doi: 10.28983/asj.y2022i2pp69-72

Информационная модель влияния теплового стресса на молочную продуктивность коров

Валерий Федорович Вторый, Сергей Валерьевич Вторый

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

Аннотация. Проанализированы результаты исследований отечественных и зарубежных ученых влияния теплового стресса на молочную продуктивность коров. С использованием разработанной системы мониторинга параметров микроклимата получены экспериментальные данные и разработана информационная модель влияния температурно-влажностных режимов в коровнике на молочную продуктивность животных. Модель позволяет контролировать физиологическое состояние лактирующих коров и с учетом метеопрогноза заблаговременно выполнять организационно-технологические мероприятия для создания комфортных условий для животных.

Ключевые слова: корова; тепловой стресс; температурно-влажностный режим; информационная модель.

Для цитирования: Вторый В.Ф., Вторый С.В. Информационная модель влияния теплового стресса на молочную продуктивность коров // Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 69–72. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp69-72>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Information model of heat stress effect on lactation performance of cows

Valerii F. Vtoryi, Sergei V. Vtoryi

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

Abstract. The article considers the outcomes of national and foreign research on the heat stress effect on the milking ability of cows. The previously designed monitoring system of inside climate parameters was used to obtain the experimental data and to create an information model of the effect of temperature and humidity conditions in the barn on the milk productivity of animals. The model allows us to monitor the physiological state of lactating cows and following the weather forecast to take the advance organizational and technological measures to provide comfortable conditions for the animals.

Keywords: cow; heat stress; temperature and humidity conditions; information model.

For citation: Vtoryi V.F., Vtoryi S. V. Information model of heat stress effect on lactation performance of cows. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(2):69–72. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp69-72>.

Введение. Производство животноводческой продукции связано с большим потреблением энергии. Значительную долю энергозатрат составляют затраты на обеспечение комфортных условий содержания животных в том числе на микроклимат. Это обуславливается тем, что несоблюдение параметров микроклимата в животноводческом помещении приводит к снижению продуктивности животных, перерасходу кормов, рентабельности производства.

В связи с тенденциями потепления климата, в том числе и на территории Российской Федерации все острее встает проблема сохранения высокой молочной продуктивности коров в летний период. Тепловой стресс это отрицательный фактор, значительно снижающий удой коров до 35 % и вызывающий нарушение ряда функций в организме животного вплоть до его гибели [2].

Исследования зарубежных ученых показали, что количество дней с индексом температуры и влажности THI >72 ежегодно увеличивается на севере США, Канаде, Европе и это становится важнейшей проблемой молочного скотоводства [13].

Тепловой стресс оказывает не только прямое воздействие на лактирующих коров, но и снижает вероятность их успешного оплодотворения [15]. Сухостойные коровы, подвергающиеся постоянному тепловому стрессу испытывают трудности при наступлении лактации, снижение удоя, а телочки полученные от этих коров имеют снижение удоя в первую лактацию примерно на 5 кг/сутки. Отрицательные последствия теплового стресса коров могут проявиться с задержкой в зависимости от породных особенностей и воздействующих факторов [10, 16].

Для снижения рисков «теплового стресса» необходимо контролировать текущее состояние микроклиматических условий в зоне нахождения коровы и на основании прогноза изменения погодных условий необходимо управлять процессами обеспечения комфортных условий для животных. С этой целью проведены исследования и разработана информационная модель влияния теплового стресса на молочную продуктивность коров.





Методика исследований. Монографические исследования, изучение научных публикаций отечественных и зарубежных ученых, использование метода сравнительного анализа и оценки технологического совершенствования и технического совершенствования средств производства молока позволили обосновать разработку модели влияния теплового стресса на молочную продуктивность коров. В этом случае основными контролируруемыми параметрами микроклимата являются температура и относительная влажность воздуха для чего используются специальные измерительные системы, располагаемые непосредственно в животноводческом помещении.

Основой нашей модели являются экспериментальные данные круглогодичного мониторинга параметров микроклимата в коровнике с привязным содержанием коров в природно-климатических условиях Ленинградской области РФ. Разработанная нами система измерения параметров микроклимата коровника регистрирует температуру и относительную влажность воздуха девятью датчиками расположенными равномерно по длине и ширине коровника над стойлами животных. Сбор данных производится круглосуточно с интервалом опроса датчиков 10 минут [3].

Датчики температуры и влажности AM2320 позволяют измерять температуру в диапазоне от -40 до 80 °С с максимальной погрешностью $\pm 0,5$ °С и разрешением шкалы $0,1$ °С и относительную влажность $0-99,9$ % с максимальной погрешностью ± 3 % и разрешением шкалы $0,1$ %. Имеется регистратор-архиватор данные из которого периодически передаются в компьютер для дальнейшего анализа с использованием пакета программ Excel.

Данные о погодных условиях в районе фермы, с трехчасовым интервалом, получены с региональной государственной метеостанции через интернет.

Результаты исследований. По свидетельству ряда исследователей термонеутральная зона молочного скота находится от 5 до $20...25$ °С. Животные, находясь в ограниченном пространстве животноводческих помещений, не могут полностью проявлять все генетически сформированные поведенческие реакции, уровень их комфорта целиком зависит от условий, созданных человеком [12].

Для отечественных пород крупного рогатого скота зона нейтральности находится в диапазоне температур от 4 до 20 °С, для высокопродуктивных коров от 9 до 16 °С. Снижение удоев при температуре воздуха в помещении 25 °С достигает 17 %, 30 °С – около 33 %, при 35 °С – около 56 % [7].

Исследования специалистов АО «Делаваль» на фермах Ленинградской и Вологодской областей показали, что корова, дающая 20 л молока в сутки и на протяжении 60 дней, испытывает тепловой стресс, то в среднем ее надой снизится на $2,5$ л в день. Следует отметить, что высокопродуктивные коровы больше подвержены тепловому стрессу. Они при среднем суточном удое более 30 л могут снизить продуктивность на 30 % и более за счет резкого снижения потребления корма [5, 8].

Наши исследования показали, что снижение температуры воздуха внутри коровника с $16,6$ до $14,3$ °С сопровождалось ростом продуктивности животных на $11,9$ %, а рост температуры воздуха с $17,9$ до $24,9$ °С привел к падению надоев на $5,3$ % [3].

Изменения температурного режима содержания коров влияют и на качество молока, так как при этом изменяется содержание белка, жира, лактозы и минеральных веществ.

Температуру и относительную влажность воздуха следует рассматривать во взаимодействии их совокупного влияния на животное. С этой целью применяется температурно-влажностный индекс (ТНІ). Для молочного скота значения ТНІ определяющие состояние комфорта или дискомфорта, животного еще окончательно не определены. На основании ряда исследований можно принять следующие условия наличия теплового стресса: $\text{ТНІ} < 68$ – стресс отсутствует; $69 \leq \text{ТНІ} < 72$ – начало стрессового состояния; $73 \leq \text{ТНІ} < 78$ – стрессовое состояние; $79 \leq \text{ТНІ} < 84$ – сильный стресс; $\text{ТНІ} > 84$ – чрезвычайная ситуация, требующая принятия безотлагательных мер. Исследования проведенные [6] показали, что при $\text{ТНІ}=65-73$ наблюдалось снижение надоев на $2,2$ кг/сут.

В работе [9] рассмотрено влияние ТНІ на удой, максимальное значение которого равнялось 36 кг/сут. При значении $\text{ТНІ} \leq 68$ снижения молокоотдачи не наблюдается. При росте ТНІ от 69 до 81 снижение удоя составило 4 кг/сут., или около 11 %.

Развитие информационных технологий и программных средств компьютерного моделирования позволяют прогнозировать потери снижения удоев в зависимости от состояния природно-климатических и микроклиматических условий помещения для содержания скота. Это позволяет заблаговременно предусмотреть мероприятия по снижению отрицательного влияния теплового стресса на коров. В ряде стран ведутся исследования в этом направлении.

Уравнение расчета зависимости удоя в условиях стресса [14] позволяет рассчитать снижение удоя у голштинских коров с различной продуктивностью при повышении температуры окружающей среды.

Модель изменения влияния теплового стресса на состояние животных [11] разработанная с использованием методов численного моделирования связывает внешние погодные условия с изменением микроклимата в помещении. Она позволяет рассчитать финансовые потери фермеров от снижения удоев, которые могут составлять до $6,6$ % от месячного дохода.

Целью исследования [17] была разработка программы с использованием среды программирования Visual C# 2010 Express компании Microsoft для прогнозирования влияния теплового стресса на продуктивность молочных коров. Прогнозирование на основе смоделированных тепло-влажностных условий показало, что животные находятся в состоянии умеренного теплового стресса при $\text{ТНІ} = 82,8$. При этом значении будет снижение молочной продуктивности коров на 26 %, снижение потребления корма на 4 кг/сут.

Проведенные нами исследования позволили разработать информационно-прогностическую модель формирования температурно-влажностных режимов в коровнике. Использование системы мониторинга позволяет в режиме реального времени контролировать состояние температурно-влажностного режима коровника, формировать прогноз состояния параметров микроклимата в соответствии с метеопрогнозом на ближайшие несколько суток [4].

Анализ таблиц, представленных в работах [1, 6] позволил определить границы теплового стресса в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха (рис. 1) и описать уравнениями регрессии (1–4).

$$W_1 = -19,42T_1 + 485,4 \text{ при } R^2 = 0,995. \quad (1)$$

$$W_2 = -13,57T_2 + 397,3 \text{ при } R^2 = 0,993. \quad (2)$$

$$W_3 = -9,454T_3 + 336,3 \text{ при } R^2 = 0,986. \quad (3)$$

$$W_4 = -7,197T_4 + 301,1 \text{ при } R^2 = 0,977. \quad (4)$$

где W – относительная влажность воздуха, %; T – температура воздуха, °С.

На рис. 2 представлены графики изменения температуры и относительной влажности воздуха в исследуемом коровнике в летний период за сутки. Температура воздуха имела значения от 15 °С ночью до 29 °С в дневное время. Относительная влажность воздуха в ночное время была значительно выше около 72 %, а в дневное время она снижалась до 31 %. За счет этих колебаний происходило выравнивание температурно-влажностного режима, что положительно сказывалось на состоянии животных.

На рис. 3 представлены результаты мониторинга микроклимата коровника в течение суток в виде информационной графической модели температурно-влажностного режима и соответствия его потребностям животного. Из рис. 3 (график S) видно, что с 0 до 9 часов коровы находилась в зоне комфорта 1 и не испытывали стресс. С 9 до 11 часов животные находятся в зоне начала стресса 2 и начинают испытывать дискомфорт, что может сопровождаться потерей продуктивности до 5 %. С 11 до 21 часа коровы находятся в стрессовой зоне 3. При этом снижается потребление корма, они чаще пьют воду и в связи с этим может происходить снижение продуктивности на 5–15 % и изменение качественного состава молока. После 21 часа температурно-влажностный режим ставится более комфортным, коровы активнее потребляют корм, но молоко, недополученное в дневное время вряд ли возможно компенсировать.

С учетом метеопрогноза можно моделировать состояние температурно-влажностного режима в коровнике на ближайшие трое суток [4], если прогноз неблагоприятный, то принять необходимые организационно-технологические меры для снижения негативного воздействия на животных.

Точное математическое описание влияния температурно-влажностного режима коровника на продуктивность животных выполнить невозможно. Кроме теплового стресса существует множество факторов влияющих на процесс молокоотдачи. Это порода животного, его физиологическое состояние, уровень кормления, технология содержания и обслуживания, природно-климатические условия и др. В связи с этим в каждом конкретном случае необходим анализ причин вызывающих падение удоев и одной из этих причин может быть несоблюдение температурно-влажностных режимов приводящих к тепловому стрессу у животных.

Заключение. Анализ результатов опубликованных исследований отечественных и зарубежных ученых показал, что недостаточное внимание

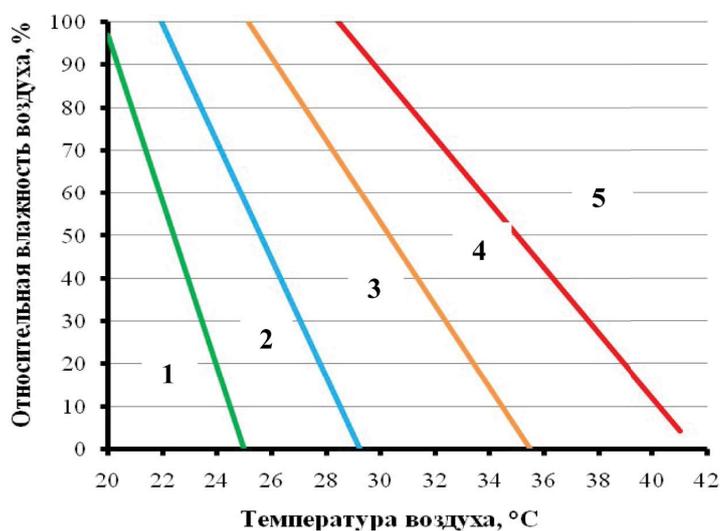


Рис. 1. Границы теплового стресса молочных коров: 1 – зона комфорта нет стресса, $TNI \leq 68$; 2 – зона начала стресса, $TNI \leq 69-72$; 3 – зона стресса, $TNI \leq 73-78$; 4 – зона сильного стресса, $TNI \leq 79-84$; 5 – зона критического состояния животного $TNI \geq 85$

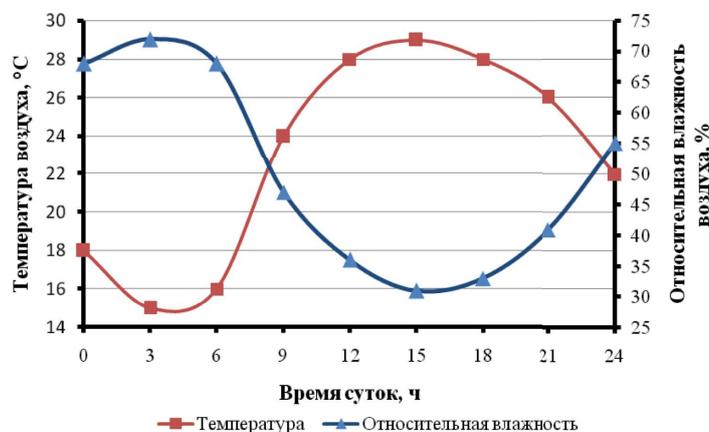


Рис. 2. Изменение температуры и относительной влажности воздуха в коровнике за сутки

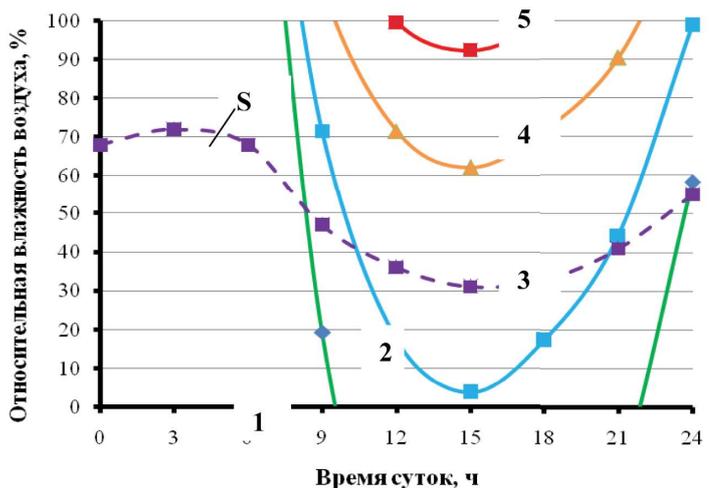


Рис. 3. Информационная графическая модель состояния температурно-влажностного комфорта содержания коров в течение суток: 1 – зона комфорта нет стресса, нет снижения продуктивности; 2 – зона начала стресса, снижение продуктивности до 5 %; 3 – зона стресса, снижение продуктивности на 5–15 %; 4 – зона сильного стресса, снижение продуктивности на 15–30 %; 5 – зона критического состояния животного, снижение продуктивности может достигать 50 % вплоть до летального исхода; S – график стрессового состояния животного





к условиям содержания животных связанное с нарушением температурно-влажностных режимов приводит к снижению продуктивности коров до 30 % и более, быть причиной преждевременной их выбраковки.

Постоянный мониторинг температурно-влажностного режима воздушной среды в местах содержания животных позволяет следить за их физиологическим состоянием, не допускать снижения продуктивности при выполнении соответствующих организационно-технологических мероприятий.

Информационное моделирование температурно-влажностных режимов с учетом метеопрогноза на ближайшие 3 суток позволяют заблаговременно, с большей эффективностью обеспечить животным более комфортные условия их содержания, уменьшить экономический ущерб от снижения объема производства молока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аннамария Бокзонати. Контроль состояния коров в условиях теплового стресса. https://piginfo.ru/uplock/inblok/171/MAG_SciSol_33_RU_0616.pdf (20.08.2021).
2. Буряков Н.П., Бурякова М.А., Алешин Д.Е. Особенности кормления молочного скота в период теплового стресса // *Агротайм*. 2019. № 3(65). С. 40–42, №4(66). С. 40–43.
3. 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.
4. Вторый В.Ф. Вторый С. В., Гордеев В. В. Информационно-прогнозная модель температурно-влажностного режима коровника // *Инженерные технологии и системы*. 2021. Т. 31. № 2. С. 241–256
5. Дядик В.В. Профилактика теплового стресса у коров. <https://proficorm.ru/lib/news/prevention-of-heat-stress-in-cows> (Дата обращения (28.08.2021).
6. Польховская Н. Тепловой стресс и его влияние на продуктивность дойных коров // *Комбикорма*. 2016. № 7. С. 52–55.
7. Юрков В.М. Микроклимат животноводческих ферм и комплексов. М., 1985. 223 с.
8. Ястребов Максим. Тепловой стресс у коров: как не потерять продуктивность в летнюю жару// *Вятская Губерния*. 2019. № 6. С. 18–20.
9. Bernabucci U., Lacetera N., Baumgard L.H., Rhoads R.P., Ronchi B., Nardone A. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domestic ruminants // *Animal*. 2010. 4:1167–1183.
10. Dahl G. E., Tao S., Monteiro A. P. A. Effects of Late-Gestation Heat Stress on Immunity and Performance of Calves // *Journal of Dairy Science*. 2016; 99(4): 3193–3198.
11. Hempel S., Menz C., Pinto S. et al. Heat Stress Risk in European Dairy Cattle Husbandry under Different Climate Change Scenarios // *Uncertainties and Potential Impacts. Earth Syst. Dynam. Discuss*. 2019.
12. Mylostyvyi R.V., Sejian V. Welfare of Dairy Cattle in Conditions of Global Climate Change // *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2019; 7(1):47–55.
13. Polsky L., Keyserlingk M. A. G. Invited Review: Effects of Heat Stress on Dairy Cattle Welfare // *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(11): 8645–8657.
14. Pejman Atrian, Habib Aghdam Shahryar. Heat Stress in Dairy Cows (A Review) // *Research in Zoology*. 2012; 2(4): 31-37.
15. 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): 2996–3002.
16. 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):5642–5654.
17. Teles Junior C.G.S., Gates R.S., Barbari M. et al. A software to Estimate Heat Stress Impact on Dairy Cattle Productive Performance // *Agronomy Research*. 2019; 17(3): 872–878.

REFERENCES

1. Annamaria Bokzonadi. Monitoring the condition of cows under conditions of heat stress. https://piginfo.ru/uplock/inblok/171/MAG_SciSol_33_RU_0616.pdf (20.08.2021).
2. Buryakov N.P., Buryakova M.A., Aleshin D.E. Peculiarities of feeding dairy cattle during heat stress. *Agrotime*. 2019; 3(65): 40–42; 4(66): 40–43.
3. Vtoryi S.V., Ilyin R.M. Influence of external weather conditions on the productivity of cows in tethered housing. *Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products*. 2019; 2 (99): 269–277.
4. Second 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.
5. Dyadik V.V. Prevention of heat stress in cows. <https://proficorm.ru/lib/news/prevention-of-heat-stress-in-cows> (Date of access (28.08.2021).
6. Polkhovskaya N. Thermal stress and its impact on the productivity of dairy cows. *Compound feed*. 2016; 7: 52–55.
7. Yurkov V.M. Microclimate of livestock farms and complexes. Moscow, 1985. 223 p.
8. Yastrebov Maxim. Heat stress in cows: how not to lose productivity in the summer heat. *Vyatka Province*. 2019; 6: 18–20.
9. Bernabucci U., Lacetera N., Baumgard L.H., Rhoads R.P., Ronchi B., Nardone A. Meta-bolic and hormonal acclimation to heat stress in domestic ruminants. *Animal*. 2010; 4: 1167–1183.
10. Dahl G. E., Tao S., Monteiro A. P. A. Effects of Late-Gestation Heat Stress on Immunity and Performance of Calves. *Journal of Dairy Science*. 2016; 99(4): 3193–3198.
11. Hempel S., Menz C., Pinto S. et al. Heat Stress Risk in European Dairy Cattle Husbandry under Different Climate Change Scenarios. *Uncertainties and Potential Impacts. Earth Syst. Dynam. Discuss*. 2019.
12. Mylostyvyi R.V., Sejian V. Welfare of Dairy Cattle in Conditions of Global Climate Change. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2019; 7(1): 47–55.
13. Polsky L., Keyserlingk M. A. G. Invited Review: Effects of Heat Stress on Dairy Cattle Welfare. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(11): 8645–8657.
14. Pejman Atrian, Habib Aghdam Shahryar. Heat Stress in Dairy Cows (A Review). *Re-search in Zoology*. 2012; 2(4): 31-37.
15. 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): 2996–3002.
16. 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): 5642–5654.
17. Teles Junior C.G.S., Gates R.S., Barbari M. et al. A software to Estimate Heat Stress Impact on Dairy Cattle Productive Performance. *Agronomy Research*. 2019; 17(3): 872–878.

Статья поступила в редакцию 07.09.2021; одобрена после рецензирования 22.09.2021; принята к публикации 30.09.2022.
The article was submitted 07.09.2021; approved after reviewing 22.09.2021; accepted for publication 30.09.2022.