

DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-13

УДК 631.223.2:628.8

О. О. БОРЩ^{1,2}, кандидат сільськогосподарських наук

С. Ю. РУБАН², доктор сільськогосподарських наук

О. В. БОРЩ¹, кандидат сільськогосподарських наук

¹Білоцерківський національний аграрний університет

площа Соборна, 8/1, м. Біла Церква Київської обл., 09117,

e-mail: borshcha@outlook.com

²Національний університет біоресурсів і природокористування України

вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, e-mail: rubansy@gmail.com

ВПЛИВ УТЕПЛЕННЯ КОРІВНИКІВ НА ПОКАЗНИКИ МІКРОКЛІМАТУ У ЗИМОВИЙ ПЕРІОД

Метою цієї роботи було вивчити вплив елементів утеплення легкозбірних корівників на показники руху повітря, його температури та значення вітро-холодового індексу упродовж зимового періоду. Одним із основних факторів підвищення показників комфортності умов утримання корів у приміщеннях різних типів є створення таких показників мікроклімату, які якнайкраще б відповідали біологічним потребам молочних корів, залежно від пори року і продуктивності. Важливе значення й вплив на організм тварин і людей має швидкість руху повітря у тваринницькому приміщенні. За низької температури в зимовий період значна швидкість руху повітря викликає переохолодження тварин. Висока швидкість руху повітря у приміщеннях може вказувати на прогріхи у виборі місця розташування ферми. Дослідження проводили в Центральному Лісостепу України (Білоцерківський район, Київська область) у трьох господарствах з безприв'язним утриманням корів: I варіант – утримання у легкозбірному приміщенні без елементів утеплення; II варіант – у легкозбірному приміщенні на глибокій солом'яній підстилці; III варіант – у легкозбірному приміщенні з елементами утепленням штор (полікарбонатним склом) у період з 1.12.2020 до 28.02.2021 років. Територія Центральної України перебуває в помірному кліматичному поясі. Клімат помірно-континентальний з чотирма чітко вираженими порами року. Середня річна температура повітря за останні 30 років становила +8,9 °С. Результатами досліджень встановлено, що використання елементів утеплення боксових штор здатне продовжити на 13 дб допустимі норми швидкості руху повітря у приміщеннях та більш ефективно захистити тварин від впливу навколишнього середовища протягом різних періодів швидкості вітру, а також знизити швидкість руху повітря у приміщеннях на 11,68–21,74 % порівняно з легкозбірним боксовим приміщенням та на глибокій підстилці без елементів утеплення. До того ж у період найнижчих температур (-9,1 °С) навколишнього середовища середня добова температура у приміщенні без елементів утеплення опускалася до позначки -4,5 °С, що на 1,2 та 2,4 °С нижче, ніж у

приміщеннях на глибокій підстилці та з елементами утеплення відповідно. За всіх категорій швидкості руху вітру навколишнього середовища найвищі значення вітро-холодового індексу спостерігали у легкозбірному приміщенні з елементами утеплення.

Ключові слова: молочні корови, холодна погода, швидкість вітру, температура повітря, легкозбірні приміщення.

Oleksandr O. Borshch^{1,2}, Serhii Ruban², Oleksandr V. Borshch¹

¹Bila Tserkva National Agrarian University

²National University of Life and Environmental Science of Ukraine

Influence of cowsheds insulation on indicators of microclimate in the winter period

The aim of our research was to study the influence of warming elements of easily assembled cowsheds on environmental wind speed, air movement, temperature and wind-chill temperature index in prefabricated rooms of different configurations and insulation systems in winter. One of the main factors in improving the comfort of cows in different types of premises is the creation of such microclimate indicators that would best meet the biological needs of dairy cows, depending on the season and productivity. The speed of air movement in the livestock room is also important and affects the body of animals and humans. At low temperatures in winter, a significant speed of air movement causes hypothermia of animals. High indoor wind speeds can indicate miscalculations when choosing a farm location. The research was conducted in the central Forest-Steppe of Ukraine (Bila Tserkva district, Kyiv region) in three farms with loose housing of cows: option I – keeping in a prefabricated room without insulation elements; option II – in an easy-to-assemble room on a deep straw litter; option III – in easy-to-assemble room with elements of curtain insulation (polycarbonate glass) in the period from 1.12.2020 to 28.02.2021. The territory of central Ukraine is in the temperate zone. The climate is temperate continental with four distinct seasons. The average annual air temperature (for the last 30 years) is +8.9 °C. The results of research show that the use of insulation elements for side curtains can extend for 13 days the permissible norms of wind speed indoors and more effectively protect from the environment during different periods of wind speed. It can also reduce wind speed indoors by 11.68–21.74 % compared to the prefabricated boxing room and deep litter without warming elements. In addition, during the period of the lowest temperatures of the environment (-9.1 °C), the average daily temperature in the room without insulation elements dropped to -4.5 °C, which is 1.2 and 2.4 °C lower than in rooms with deep bedding and with insulation elements, respectively. For all categories of environmental wind speed, the highest values of the wind-chill temperature index were observed in an easy-to-assemble room with insulation elements.

Key words: dairy cows, cold weather, wind speed, air temperature, prefabricated premises.

Вступ. В останні десятиліття продовжується тенденція до глобального потепління, яке вже суттєво відчувається на регіональних та місцевих рівнях [14, 20, 31]. Головні прямі наслідки кліматичних змін, що мають негативний вплив на фізіологію тварин, добробут, здоров'я та їхнє розмноження, є підвищення температури повітря [2, 7, 10]. Кількість діб з тепловим стресом, викликаним підвищенням показника температурно-вологісного індексу (ТВІ), зросла на 4,1 % у період з 1973 до 2008 років у країнах Центральної Європи [5, 13, 28]. Дані за останні роки свідчать, що в цьому регіоні налічують вже більше 90 спекотних днів у році [3, 6, 23]. Це вплинуло на додану вартість виробництва молока на етапах від кормовиробництва до відтворення.

Разом з підвищенням середньорічної температури змінюються показники відносної вологості повітря, кількості атмосферних опадів, а також напрям і сила вітру [8, 9, 18]. Сезонні зрушення та зміни частоти й інтенсивності погодних показників впливають на більшість економічних явищ галузі сільського господарства [11, 16, 24]. Особливості природних процесів зумовлюють досить часто повторення несприятливих для сільського господарства явищ погоди, таких як зливи, град, сильні вітри, пилові бурі, суховії, засухи, заморозки, ожеледиці тощо [25, 26, 29]. За даними Food and Agriculture Organization (FAO), приблизно 26 % усіх збитків та втрат, пов'язаних із кліматом та погодними катастрофами, припадають на такі сектори сільського господарства, як рослинництво, тваринництво, рибальство, аквакультура та лісове господарство [19].

Параметри мікроклімату тваринницьких приміщень, такі як температура повітря, відносна вологість та швидкість руху повітря є складовими комфортності умов утримання та мають відповідати біологічним особливостям молочних корів й обґрунтованим для них, залежно від способів утримання, сезонів року і рівня продуктивності, чинним нормам [5, 10, 24].

Серед погодних факторів, що впливають на функціонування молочної худоби, найбільший вплив має температура навколишнього середовища. Відповідно до даних американських та європейських науковців термонейтральною для організму молочної худоби є температура в діапазоні від -5 до 25 °C [11, 18, 22, 30]. Тривале перебування тварин поза межами цього температурного діапазону викликає стрес (холодовий або тепловий), що супроводжується метаболічними, поведінковими та продуктивними змінами.

Спроможність тварин адаптуватися до теплових і холодних подразників залежить від вологості повітря і швидкості його руху в приміщенні [12, 27]. У рекомендаціях щодо комфорту молочних корів вказано, що швидкість руху повітря у корівниках протягом року не повинна перевищувати 0,7 м/с [21].

Метою цієї роботи було вивчити вплив елементів утеплення легкозбірних корівників на показники руху повітря, його температури та значення вітро-холодового індексу упродовж зимового періоду.

Матеріали і методи. Для проведення досліджень було вибрано три господарства у Білоцерківському районі Київської області з безприв'язним утриманням корів та різними планувальними рішеннями: I варіант – утримання у легкозбірному приміщенні без елементів утеплення (49°48'45" пн. ш. 30°18'56" сх. д.); II варіант – у легкозбірному приміщенні на глибокій солом'яній підстилці (49°34'56" пн. ш. 30°38'10" сх. д.); III варіант – у легкозбірному приміщенні з елементами утепленням штор (полікарбонатним склом) (49°51'27" пн. ш. 30°06'36" сх. д.). Дослідження проводили у період з 1.12.2020 до 28.02.2021 років. Одна секція полікарбонатного скла Carboglass (Україна) має параметри: 5x1,85x0,01 м. Секції полікарбонату монтуються до внутрішніх сторін вертикальних металевих конструкцій на період низьких температур (листопад – березень) у площині бокових штор. Прозорість полікарбонатного скла становить 86 %. Матеріал має високі теплоізоляційні, звукоізоляційні (17 дБ) та ударостійкі (900 кДж/м²) властивості. Показники швидкості руху повітря та його напрямку, а також температури навколишнього середовища визначали за даними Українського гідрометеорологічного центру. Швидкість руху вітру навколишнього середовища розділили на 7 категорій (1-ша – 4,9 і < м/с; 2-га – 5–9,9 м/с; 3-тя – 10–14,9 м/с; 4-та – 15–19,9 м/с; 5-та – 20–24,9 м/с; 6-та – 25–29,9 м/с; 7-ма – 30 і > м/с).

У досліджуваних господарствах утримують корів української чорно- та червоно-рябої молочних порід. Середньорічне поголів'я дійних корів у кожному із господарств становить 400 голів.

Конструкційні особливості дослідних приміщень наведено в табл. 1.

Швидкість руху повітря у приміщеннях визначали за допомогою датчиків TFA WeatherHub (Китай). Температуру повітря вимірювали датчиками VOLTCRAFT DL-141 (Німеччина) з діапазоном вимірювань для температур від -40 до +70 °С. Датчики

були розміщені в центральній зоні приміщень на висоті 0,5 м над підлогою.

1. Конструкційні особливості приміщень, які характеризують комфорт утримання

Тип приміщення і варіант утримання	Параметри приміщення, ДхШхВ, м	Висота повздожніх стін, м	Ширина світло-аераційного гребеня, м
Легкозбірні:			
боксове без елементів утеплення	150x34x10,5	0,9	2,1
на глибокій підстилиці	100x60x10	0,8	0,7x2 [#]
боксове з елементами утеплення	150x34x10,5	0,9	2,1

Примітка: # – у цьому приміщенні 2 світло-аераційні гребені.

Вітро-холодовий індекс визначали за формулою [15] (°C):

$$VXI=13,12+0,6215 \cdot T-13,17V^{0,16}+0,3965 \cdot T \cdot V^{0,16},$$

де VXI – вітро-холодовий індекс, °C; T – температура повітря, °C; V – швидкість руху вітру (повітря), км/год. Індекс використовують для оцінки впливу швидкості вітру у поєднанні із низькими температурами впродовж холодного періоду року на комфорт умов утримання у приміщеннях, вигулах чи пасовищах.

Матеріали досліджень обробляли методом варіаційної статистики на основі розрахунку середнього арифметичного (M), середньоквадратичної похибки (m) та достовірності різниці між порівнюваними показниками (P) [1]. Вірогідність отриманих результатів і різницю між показниками розраховували за *t*-критерієм Стьюдента. Для показу вірогідності в таблицях прийнято умовні позначення P>0,95; P>0,99; P>0,999, які у статті відповідно позначені зірочками (*(*); **(**); ***(***)).

Результати та обговорення. Встановлено, що за всіх досліджуваних варіантів утримання корів у легкозбірних приміщеннях допустиме значення швидкості руху повітря (0,7 м) відзначено за швидкості руху вітру навколишнього середовища 20 м/с (табл. 2). За швидкості вітру до 25 м/с у приміщеннях з утепленням штор швидкість руху повітря відповідає вимогам, а в приміщеннях без елементів утеплення штор ці значення становлять відповідно 0,82 та 0,81 м/с. За боксового утримання з елементами утеплення критична

швидкість руху повітря у приміщенні була за швидкості вітру 25 м/с і становила 0,83 м/с. В цілому використання систем утеплення бокових штор здатне продовжити на 13 діб допустимі норми швидкості руху повітря у приміщеннях та більш ефективно захищає від впливу навколишнього середовища протягом всіх категорій швидкості вітру, а також знижує швидкість руху повітря у приміщеннях на 11,68–21,74 % порівняно з легкозбірними боксовими та на глибокій підстилці.

2. Швидкість руху повітря у приміщеннях за різних варіантів конструкції бокових штор у зимовий період, м/с

Категорії швидкості руху вітру навколишнього середовища, м/с	Середня температура навколишнього середовища, °C	Кількість дат	Швидкість руху повітря у легкозбірних приміщеннях, м/с		
			без елементів утеплення	на глибокій підстилці	з елементами утеплення
30 і >	-2,5±0,07***	3	1,03±0,07	1,01±0,05	0,92±0,05
25–29,9	-3,4±0,07***	10	0,94±0,08	0,93±0,06	0,83±0,06
20–24,9	-4,8±0,08***	12	0,82±0,07	0,81±0,05	0,70±0,04
15–19,9	-9,1±0,12***	14	0,70±0,04‡	0,69±0,04‡	0,61±0,05
10–14,9	2,2±0,09***	20	0,60±0,05‡	0,60±0,03‡‡	0,48±0,04
5–9,9	1,3±0,06***	12	0,50±0,03‡‡	0,51±0,03‡‡	0,39±0,02
4,9 і <	-1,4±0,06	19	0,46±0,04‡	0,44±0,02‡‡‡	0,36±0,02

Примітка: ***P<0,001 порівняно з наступною вищою категорією швидкості руху вітру; †P<0,05; ‡P<0,01; ‡‡P<0,001 порівняно з легкозбірним приміщенням з елементами утеплення.

Значення температури навколишнього середовища має вагомий вплив на продуктивність та здоров'я молочної худоби [16, 30]. В усіх досліджуваних приміщеннях середня температура повітря впродовж зимового періоду не перевищувала термонейтральне значення (табл. 3). У період найнижчих температур (-9,1 °C) навколишнього середовища середня добова температура у боксовому приміщенні без елементів утеплення опускалася до позначки -4,5 °C, що на 1,2 та 2,4 °C нижче, ніж у приміщеннях на глибокій підстилці та з елементами утеплення відповідно.

Результати наших досліджень частково збігаються з даними, отриманими у дослідженнях, проведених на території Польщі, в яких вказано про суттєві зниження температури у приміщеннях

легкозбірного типу протягом тривалих від'ємних температур зимового періоду [4]. Подібні до наших результатів досліджень отримала і група дослідників із Китаю, які вказують на зниження температури повітря у приміщеннях легкозбірного типу (від -0,97 до -8,10 °C) у період, коли температура зовнішнього середовища становила -20 °C і нижче [17].

3. Температура повітря у приміщеннях за різних варіантів конструкції бокових штор у зимовий період, м/с

Категорії швидкості руху вітру навколишнього середовища, м/с	Середня температура навколишнього середовища, °C	Кількість дат	Температура повітря у легкозбірних приміщеннях, °C		
			без елементів утеплення	на глибокій підстилці	з елементами утеплення
30 і >	-2,5±0,07***	3	3,8±0,3	3,4±0,2‡	4,1±0,3
25–29,9	-3,4±0,07***	10	3,1±0,1**	2,6±0,2***	3,7±0,2
20–24,9	-4,8±0,08***	12	2,2±0,1***	1,7±0,1***	3,1±0,2
15–19,9	-9,1±0,12***	14	-4,5±0,3***	-3,3±0,4‡	-2,1±0,3
10–14,9	2,2±0,09***	20	6,8±0,5‡	6,7±0,3**	7,8±0,2
5–9,9	1,3±0,06***	12	5,4±0,3	5,0±0,3‡	6,3±0,4
4,9 і <	-1,4±0,06	19	4,1±0,2**	3,4±0,1***	4,8±0,2

Примітка: ***P<0,001 порівняно з наступною вищою категорією швидкості руху вітру; †P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001 порівняно з легкозбірним приміщенням з елементами утеплення.

Для більш повноцінної оцінки впливу швидкості руху повітря на показники комфорту утримання корів у легкозбірних приміщеннях різних типів було застосовано показник вітро-холодового індексу (табл. 4), який допомагає оцінити вплив низької температури повітря у поєднанні зі швидкістю вітру на холодоровий стрес у тварин. Встановлено, що за всіх категорій швидкості руху вітру навколишнього середовища найвищі значення вітро-холодового індексу спостерігали у легкозбірному приміщенні з елементами утеплення.

4. Вітро-холодовий індекс у приміщеннях за різних варіантів конструкції бокових штор у зимовий період, °C

Категорії швидкості руху вітру навколишнього середовища, м/с	Вітро-холодовий індекс навколишнього середовища, °C	Кількість дат	Вітро-холодовий індекс у легкозбірних приміщеннях, °C		
			боксове без елементів утеплення	на глибокій підстилиці	боксове з елементами утеплення
30 і >	-18,14±2,09	3	1,13±0,17	0,81±0,04 [‡]	1,69±0,25
25–29,9	-18,74±3,58	10	0,28±0,06 ^{‡‡}	-0,73±0,13 ^{‡‡‡}	1,48±0,29
20–24,9	-19,69±4,22 ***	12	-0,04±0,01 ^{‡‡‡}	-0,64±0,09 ^{‡‡‡}	1,31±0,20
15–19,9	-24,23±4,16 ***	14	-6,84±0,55 ^{‡‡‡}	-5,57±0,38 ^{‡‡‡}	-4,00±0,32
10–14,9	-7,29±1,67 [*]	20	5,50±0,68 [‡]	5,42±0,35 ^{‡‡}	6,98±0,29
5–9,9	-6,07±1,15 [*]	12	4,45±0,36 [‡]	3,92±0,33 ^{‡‡}	5,81±0,57
4,9 і <	-7,50±1,74	19	3,19±0,51	2,58±0,37 ^{‡‡}	4,38±0,48

Примітка: *P<0,05; ***P<0,001 порівняно з наступною вищою категорією швидкості руху вітру; ‡P<0,05; ‡‡P<0,01; ‡‡‡P<0,001 порівняно з легкозбірним приміщенням з елементами утеплення.

Висновки. Встановлено, що використання систем утеплення бокових штор у приміщенні легкозбірного типу дозволило продовжити на 13 діб допустимі норми швидкості руху повітря для утримання корів та більш ефективно захистити їх від впливу навколишнього середовища за різних категорій швидкості вітру. При цьому швидкість руху повітря у такому приміщенні була на 11,68–21,74 % нижчою порівняно з корівниками без утеплення. У період низьких температур навколишнього середовища середня добова температура у приміщеннях без елементів утеплення (з боксовим утриманням та на глибокій підстилиці) була відповідно на 2,4 та 1,2 °C нижчою, ніж у приміщенні з елементами утеплення. До того ж у приміщенні з використанням систем утеплення бокових штор значення вітро-холодового індексу були вищими порівняно з приміщеннями без утеплень за всіх категорій швидкості руху вітру навколишнього середовища.

Список використаної літератури

1. Вацький В. Ф. Алгоритми біометрії. Методичні рекомендації. Полтава, 2005. 19 с.

References

1. Vatskyi V. F. Biometrics algorithms. Guidelines. Poltava, 2005. 19 p.

2. Оцінка племінної цінності бугаїв-плідників молочних порід / В. О. Даншин та ін. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2016. № 2. С. 110–116.
3. Сучасні технології виробництва молока (особливості експлуатації, технологічні рішення, ескізи проекти) / С. Ю. Рубан та ін. Харків : ФООП Бровін, 2017. 172 с.
4. Angrecka S., Herbut P. Conditions for cold stress development in dairy cattle kept in free stall barn during severe frosts. *Czech Journal of Animal Science*. 2015. Vol. 60 (2). P. 81–87.
5. Assessing effects of wind speed and wind direction on discharge coefficient of sidewall opening in a dairy building model – A numerical study / Q. Yi et al. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 162. P. 235–245.
6. Borshch O. O., Ruban S., Borshch O. V. Review: the influence of genotypic and phenotypic factors on the comfort and welfare rates of cows during the period of global climate changes. *Agraarteadus*. 2021. Vol. 32 (1). P. 25–34.
7. Changing climate in Hungary and trends in the annual number of heat stress days / N. Solymosi et al. *International Journal of Biometeorology*. 2010. Vol. 54. P. 423–431.
8. Characterization of genes and pathways that respond to heat stress in Holstein calves through transcriptome analysis / K. Srikanth et al. *Cell Stress and Chaperones*. 2017. Vol. 22. P. 29–42.
9. Cold-induced changes in gene expression in brown adipose tissue, white adipose tissue and liver / A. M. Shore et al. *PLoS One*. 2013. Vol. 8 (7). e68933.
10. Comfort and cow behavior during periods of intense precipitation / O. O. Borshch et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10 (6). P. 98–102.
11. Dynamics of Microclimate Conditions in Freestall Barns During Winter – a Case Study from Poland / S. Angrecka et al. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 5. P. 129–136.
2. Estimation value of breeding bulls of dairy breeds / V. O. Danshyn et al. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktii tvarynyustva*. 2016. No 2. P. 110–116.
3. Modern technologies of milk production (features of operation, technological decisions, sketch projects) / S. Yu. Ruban et al. Kharkiv : FOP Brovin, 2017. 172 p.
4. Angrecka S., Herbut P. Conditions for cold stress development in dairy cattle kept in free stall barn during severe frosts. *Czech Journal of Animal Science*. 2015. Vol. 60 (2). P. 81–87.
5. Assessing effects of wind speed and wind direction on discharge coefficient of sidewall opening in a dairy building model – A numerical study / Q. Yi et al. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 162. P. 235–245.
6. Borshch O. O., Ruban S., Borshch O. V. Review: the influence of genotypic and phenotypic factors on the comfort and welfare rates of cows during the period of global climate changes. *Agraarteadus*. 2021. Vol. 32 (1). P. 25–34.
7. Changing climate in Hungary and trends in the annual number of heat stress days / N. Solymosi et al. *International Journal of Biometeorology*. 2010. Vol. 54. P. 423–431.
8. Characterization of genes and pathways that respond to heat stress in Holstein calves through transcriptome analysis / K. Srikanth et al. *Cell Stress and Chaperones*. 2017. Vol. 22. P. 29–42.
9. Cold-induced changes in gene expression in brown adipose tissue, white adipose tissue and liver / A. M. Shore et al. *PLoS One*. 2013. Vol. 8 (7). e68933.
10. Comfort and cow behavior during periods of intense precipitation / O. O. Borshch et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10 (6). P. 98–102.
11. Dynamics of Microclimate Conditions in Freestall Barns During Winter – a Case Study from Poland / S. Angrecka et al. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 5. P. 129–136.

12. Effects of ambient temperature and rumen-protected fat supplementation on growth performance, rumen fermentation and blood parameters during cold season in Korean cattle steers / H. J. Kang et al. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 2019. Vol. 32 (5). P. 657–664.

13. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems / A. Nardone et al. *Livestock Science*. 2010. Vol. 130. P. 57–69.

14. Effects of cold and heat stress on milk production traits and blood biochemical parameters of Holstein cows / L. R. Hu et al. *Scientia Agricultura Sinica*. 2018. Vol. 51 (19). P. 3791–3799.

15. Effects of shelter and body condition on the behaviour and physiology of dairy cattle in winter / C. B. Tucker et al. *Applied Animal Behaviour Science*. 2007. Vol. 105. P. 1–13.

16. European climate change at global mean temperature increases of 1.5 and 2 °C above pre-industrial conditions as simulated by the EURO-CORDEX regional climate models / E. Kjellström et al. *Earth System Dynamics*. 2018. Vol. 9. P. 459–478.

17. Evaluating the Thermal Insulation of Dairy Barns in Cold Regions via Infrared Thermography / Z. Cao et al. *Animal Environment and Welfare – Proceedings of International Symposium*. Chongqing, China, 2017. P. 53–60.

18. Evaluation of naturally ventilated dairy barn management by a thermographic method / I. Knizkova et al. *Livestock Production Science*. 2002. Vol. 77. P. 349–353.

19. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): The Impact of Disasters on Agriculture – Assessing the information gap. 2017. URL: <http://www.fao.org/3/a-i7279e.pdf> (last accessed: 21.12.2020).

20. Genetic origin, admixture and population history of aurochs (*Bos primigenius*) and primitive European cattle / M. Upadhyay et al. *Heredity*. 2017. Vol.

12. Effects of ambient temperature and rumen-protected fat supplementation on growth performance, rumen fermentation and blood parameters during cold season in Korean cattle steers / H. J. Kang et al. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 2019. Vol. 32 (5). P. 657–664.

13. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems / A. Nardone et al. *Livestock Science*. 2010. Vol. 130. P. 57–69.

14. Effects of cold and heat stress on milk production traits and blood biochemical parameters of Holstein cows / L. R. Hu et al. *Scientia Agricultura Sinica*. 2018. Vol. 51 (19). P. 3791–3799.

15. Effects of shelter and body condition on the behaviour and physiology of dairy cattle in winter / C. B. Tucker et al. *Applied Animal Behaviour Science*. 2007. Vol. 105. P. 1–13.

16. European climate change at global mean temperature increases of 1.5 and 2 °C above pre-industrial conditions as simulated by the EURO-CORDEX regional climate models / E. Kjellström et al. *Earth System Dynamics*. 2018. Vol. 9. P. 459–478.

17. Evaluating the Thermal Insulation of Dairy Barns in Cold Regions via Infrared Thermography / Z. Cao et al. *Animal Environment and Welfare – Proceedings of International Symposium*. Chongqing, China, 2017. P. 53–60.

18. Evaluation of naturally ventilated dairy barn management by a thermographic method / I. Knizkova et al. *Livestock Production Science*. 2002. Vol. 77. P. 349–353.

19. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): The Impact of Disasters on Agriculture – Assessing the information gap. 2017. URL: <http://www.fao.org/3/a-i7279e.pdf> (last accessed: 21.12.2020).

20. Genetic origin, admixture and population history of aurochs (*Bos primigenius*) and primitive European cattle / M. Upadhyay et al. *Heredity*. 2017. Vol.

118. P. 169–176.

21. Heat abatement / Bailey T. et al. *Elanco Dairy Business Unit*. 2016. URL: https://assets-us-01.kc-usercontent.com/2de3931d-61f2-00a3-6635-b7b29fac0245/44c9a9d9-bdf1-47fe-a475-8b2b54b53bbc/EM-US-200027_Dairy_Heat_Abatement_Manual.pdf (last accessed: 03.12.2021).

22. Heat stress in lactating dairy cows: a review / C. T. Kadzere et al. *Livestock Production Science*. 2002. Vol. 77. P. 59–91.

23. Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change scenarios – uncertainties and potential impacts / S. Hempel et al. *Earth System Dynamics*. 2019. Vol. 10. P. 859–884.

24. Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates / E. Van laer et al. *Livestock Science*. 2020. Vol. 159 (1). P. 87–101.

25. Johnson J. S. Heat stress: Impact on livestock well-being and productivity and mitigation strategies to alleviate the negative effects. *Animal Production Science*. 2018. Vol. 58 (8). P. 1404–1413. DOI: 10.1071/AN17725.

26. Modelled performance of energy saving air treatment devices to mitigate heat stress for confined livestock buildings in Central Europe / R. Vitt et al. *Biosystems Engineering*. 2017. Vol. 164. P. 85–97.

27. Nutritional strategies for alleviating the detrimental effects of heat stress in dairy cows: a review / L. D. Min et al. *International Journal of Biometeorology*. 2019. Vol. 63 (9). P. 1283–1302.

28. Supplementing an immunomodulatory feed ingredient to modulate thermoregulation, physiologic, and production responses in lactating dairy cows under heat stress conditions / T. Leiva et al. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100 (6). P. 4829–4838.

29. Thermoregulatory and behaviour responses of dairy heifers raised on a silvopastoral system in a subtropical

118. P. 169–176.

21. Heat abatement / Bailey T. et al. *Elanco Dairy Business Unit*. 2016. URL: https://assets-us-01.kc-usercontent.com/2de3931d-61f2-00a3-6635-b7b29fac0245/44c9a9d9-bdf1-47fe-a475-8b2b54b53bbc/EM-US-200027_Dairy_Heat_Abatement_Manual.pdf (last accessed: 03.12.2021).

22. Heat stress in lactating dairy cows: a review / C. T. Kadzere et al. *Livestock Production Science*. 2002. Vol. 77. P. 59–91.

23. Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change scenarios – uncertainties and potential impacts / S. Hempel et al. *Earth System Dynamics*. 2019. Vol. 10. P. 859–884.

24. Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates / E. Vanlaer et al. *Livestock Science*. 2020. Vol. 159 (1). P. 87–101.

25. Johnson J. S. Heat stress: Impact on livestock well-being and productivity and mitigation strategies to alleviate the negative effects. *Animal Production Science*. 2018. Vol. 58 (8). P. 1404–1413. DOI: 10.1071/AN17725.

26. Modelled performance of energy saving air treatment devices to mitigate heat stress for confined livestock buildings in Central Europe / R. Vitt et al. *Biosystems Engineering*. 2017. Vol. 164. P. 85–97.

27. Nutritional strategies for alleviating the detrimental effects of heat stress in dairy cows: a review / L. D. Min et al. *International Journal of Biometeorology*. 2019. Vol. 63 (9). P. 1283–1302.

28. Supplementing an immunomodulatory feed ingredient to modulate thermoregulation, physiologic, and production responses in lactating dairy cows under heat stress conditions / T. Leiva et al. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100 (6). P. 4829–4838.

29. Thermoregulatory and behaviour responses of dairy heifers raised on a silvopastoral system in a subtropical

climate / F. M. C. Vieira et al. *Annals of Animal Science*. 2020. Vol. 20 (2). P. 613–627.

30. West J. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2003. Vol. 86. P. 2131–2144.

31. WMO Statement on the State of the Global Climate in 2017 / Publications Board World Meteorological Organization (WMO). WMO-No.1212. Geneva, Switzerland, 2018. 40 p.

Received 16.07.2021

climate / F. M. C. Vieira et al. *Annals of Animal Science*. 2020. Vol. 20 (2). P. 613–627.

30. West J. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2003. Vol. 86. P. 2131–2144.

31. WMO Statement on the State of the Global Climate in 2017 / Publications Board World Meteorological Organization (WMO). WMO-No.1212. Geneva, Switzerland, 2018. 40 p.