ПРОДУКТИВНІСТЬ І КОМФОРТ УТРИМАННЯ КОРІВ ЗА НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР ДОВКІЛЛЯ

О. О. Борщ¹, канд. с.-г. наук, доцент,
С. Ю. Рубан², д-р. с.-г. наук, професор, член-кореспондент НААН,
О. В. Борщ¹, канд. с.-г. наук, доцент,
М. М. Федорченко¹, канд. с.-г. наук, асистент

¹Білоцерківський національний аграрний університет
Площа Соборна 8/1, Біла Церква, Київська область, 09117, Україна

²Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна
borschcha@outlook.com

Метою цієї роботи було вивчити вплив низьких температур на продуктивність, параметри мікроклімату та комфорт утримання корів за різних варіантів приміщень легкозбірного типу. Дослідження проводили у центральній частині України (Київська область, Білоцерківський район) у трьох господарствах де тварини утримуються безприв'язно в легкозбірних приміщеннях різних типорозмірів з різними засобами впливу на мікроклімат. Перший варіант – легкозбірне приміщення без елементів утеплення; другий – легкозбірне приміщення з елементами утеплення бокових стін полікарбонатним склом; третій – у легкозбірному приміщенні на глибокій солом'яній довгонезмінюваній підстилці. Середнє річне поголів'я дійних корів у всіх господарства становило 400 голів. Дослідження проводились у термонеутральний період, коли середньодобова температура навколишнього середовища не опускалась нижче -5,0 °C (17 діб) і у період низькотемпературного навантаження, коли значення середньодобової температури навколишнього середовища становило -15 °C і нижче (11 діб). Встановлено, що тривале низькотемпературне навантаження суттєво впливає на показники комфорту корів за варіантів утримання у легкозбірних приміщеннях різного типу. Середньодобова температура повітря за всіх варіантів легкозбірних приміщень носила від'ємний характер. При цьому за боксового утримання без елементів утеплення температура повітря у приміщенні становила -5,3 °C, що дещо нижче за допустимі значення рекомендовані для молочної худоби. Найкращі значення серед легкозбірних приміщень щодо показників мікроклімату, біокліматичних індексів, температури місць відпочинку і енергетичних витрат на теплопродукцію тварин були за використанням систем утеплення бокових штор полікарбонатним склом упродовж зимового періоду. Використання елементів утеплення легкозбірних приміщень забезпечило найнижче серед досліджуваних варіантів приміщень зниження продуктивності у період низькотемпературного навантаження.

Ключові слова: ЛЕГКОЗБІРНІ ПРИМІЩЕННЯ, ХОЛОДОВИЙ СТРЕС, ТЕРМОНЕЙТРАЛЬНИЙ ПЕРІОД, МІКРОКЛІМАТ, ЕНЕРГЕТИЧНІ ВИТРАТИ, ЕЛЕМЕНТИ УТЕПЛЕННЯ.

PRODUCTIVITY AND COMFORT OF KEEPING COWS AT LOW ENVIRONMENTAL TEMPERATURES

O. O. Borshch¹, S. Yu. Ruban², O. V. Borshch¹, M. M. Fedorchenko¹

¹Bila Tserkva National Agrarian University
pl. 8/1 Soborna, Bila Tserkva, Kyiv region, 09117, Ukraine

²National University of Life and Environmental Science of Ukraine
Heroyiv Oborony str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine
borshcha@outlook.com

The aim of this work was to study the effect of low temperatures on productivity, microclimate parameters and comfort of keeping cows in different variants of prefabricated premises. The research was conducted in the central part of Ukraine (Kyiv region, Bila Tserkva district) in three farms where animals are kept loose at different sizes of prefabricated premises. The first option is a prefabricated room without insulation elements; the second prefabricated room with elements of warming of side walls by polycarbonate glass; the third in an easy-to-assemble room on a deep, long-lasting straw litter. The average annual number of dairy cows in all farms is 400. The studies were performed in the thermoneutral period, when the average daily ambient temperature did not fall below -5.0°C (17 days) and the period of high-temperature load, when the value of the average daily ambient temperature was -15°C and below (11 days). It was found that prolonged low-temperature load significantly affects the comfort of cows in the options for keeping in easily assembled rooms of different types. The average daily air temperature in all variants of easily assembled rooms was negative. At the same time, during boxing without insulation elements, the temperature was -5.3°C , which is slightly lower than the permissible values recommended for dairy cattle. The best values among prefabricated premises in terms of microclimate indicators, bioclimatic indices, resting place temperatures and energy costs for heat production were for the use of polycarbonate glass insulation systems during the winter period. The use of elements of insulation of easily assembled premises provided the lowest among the studied options of premises reduction of productivity in the period of low-temperature load.

Keywords: LIGHT COLLECTIVE PREMISES, COLD STRESS, THERMONEUTRAL PERIOD, MICROCLIMATE, ENERGY COSTS, ELEMENTS OF INSULATION.

Ефективність виробничої діяльності промислових молочних комплексів багато в чому залежить від того, наскільки діюча технологія відповідає біологічним потребам тварин (Ruban et al., 2017; Ruban et al., 2020; Borshch et al., 2021c). Технологічний процес виробництва тваринницької продукції базується на трьох основних складових: високому генетичному потенціалі худоби; науково обґрунтованій годівлі і напуванні тварин; їх утриманні і догляді (Calamari et al., 2009; Vaculicova et al., 2017; Hempel et al., 2019). При цьому максимальна віддача може бути отримана тільки в тому випадку, якщо всі вищезгадані технологічні процеси працюють злагоджено, ритмічно і безперебійно. Будь-яке порушення хоча б однієї зі складових негайно призводить до недоотримання запланованої продукції (Borshch et al., 2019).

Умови утримання тварин тісно переплітаються зі станом мікроклімату в закритих тваринницьких приміщеннях, який визначається комплексом фізичних факторів (температура, вологість, рух повітря, атмосферний тиск, освітлення і іонізація, виробничі шуми), газовим складом повітря (кисень, вуглекислий газ, аміак, сірководень і ін.) і механічними домішками (Broucek et al., 1991; Teye et al., 2008; Cao et al., 2017). Формування мікроклімату в приміщеннях залежить від місцевого клімату, об'ємно-планувальних рішень, рівня повітрообміну або ефективності вентиляції, опалення або охолодження, теплозахисних

властивостей огорожувальних конструкцій, технології утримання та годівлі, способів прибирання гною, щільності розміщення тварин (Borshch et al., 2020).

Серед погодних факторів, що впливають на функціонування молочної худоби, найбільший вплив має температура навколишнього середовища (Herbut, 2013; Borshch et al., 2021a). Knizkova et al., (2002) встановили, що термонеутральною для організму молочної худоби є температура в діапазоні від -5 до +25 °C. Більшість худоби молочних порід досить чутливо реагує на вищі і нижчі температури даного діапазону. Gregory (1995), повідомляє, що молочна худоба здатна продукувати молоко за температури повітря до -30 °C за умов обмеження впливу дії вітру та опадів. Yurchenko et al., (2018) повідомляють що м'ясо-молочна якутська худоба зустрічається вище Північного Полярного кола і здатна адаптуватись до надто низьких температур (до -50 °C). Реакція молочних корів на зміни температур залежить від віку, породи, рівня годівлі та ступеня вгодованості, продуктивності та акліматизаційних ознак. Вплив як низьких, так і високих температур є сильним стрес-фактором, який призводить до зниження продуктивності, систематичних функціональних порушень, що призводять до розвитку різних захворювань (Angrecka & Herbut, 2015; Rong et al., 2015). Подразники достатньої сили викликають в організмі розвиток стрес-реакції, що негативно позначається на фізіологічному стані (Borshch et al., 2021b).

Упродовж останніх 20 років спостерігається глобальна тенденція до підвищення середньорічної температури, що супроводжується різкими коливаннями температури і особливо це відчувається у зимовий період впливаючи на організм великої рогатої худоби, її продуктивність та енергетичну цінність молока (Angrecka et al., 2020). Для більш ефективного подолання наслідків зміни погодних умов використовують різні об'ємно-планувальні рішення, типи приміщень та засоби впливу на мікроклімат для утримання худоби, вплив яких достатньо не вивчено.

Метою цієї роботи було вивчити вплив низьких температур на продуктивність, параметри мікроклімату та комфорт утримання корів за різних варіантів приміщень легкозбірного типу.

Матеріали і методи. Дослідження проводили у центральній частині України (Київська область, Білоцерківський район) у трьох господарствах де тварини утримуються безприв'язно за різних варіантів типорозмірів легкозбірних приміщень із застосуванням різних засобів впливу на мікроклімат. Перший варіант – ТОВ «Острійківське», де тварин утримують у звичайному легкозбірному приміщенні без утеплення, параметри приміщення (ДхШхВ) 138,0 x 36,0 x 9,54 м. Другий варіант – ТДВ «Терезине» (відділення Вільнотарасівське) параметри приміщення 150,0 x 36,0 x 10,50 м. Від рівня 1,2 м і до висоти 3,9 м отвори в бічних стінах будівлі заповнені упродовж зимового періоду (листопад-березень) полікарбонатним склом і рулонними шторами (параметри однієї секції полікарбонатного скла ДхВхШ: 5x1,85x0,01 м). Третій варіант – ТОВ «АІС» параметри приміщення: 100x60x8 м. На фермі корів утримують на глибокій довгонезмінюваній солом'яній підстилці. Середнє річне поголів'я дійних корів у всіх господарства становить 400 голів. У господарствах утримують тварин голштинської, симентальської, українських чорно- та червоно-рябих порід.

Дослідження проводились упродовж січня-лютого 2021 року. Періоди досліджень було поділено за середньодобовими температурами на: термонеутральний, коли середньодобова температура навколишнього середовища не опускалась нижче -5,0 °C (17 діб) і низькотемпературного навантаження, коли значення середньодобової температури навколишнього середовища становило -15 °C і нижче (11 діб).

Продуктивність корів визначали за результатами комп'ютерного обліку надоїв.

Температуру повітря та відносну вологість у приміщеннях визначали комбінованим цифровим приладом Velleman, модель DVM401 (Бельгія). Швидкість вітру всередині корівника визначали цифровим анемометром AZ, модель AZ-8919 (Тайвань). Кількість добових опадів визначали за даними Київського центру гідрометеорології. Температуру

поверхні шкіри тварин визначали у двох місцях: на рубці та в області останнього міжреберного простору за допомогою інфрачервоного термометра Thermo Spot Plus (Німеччина). Показники температури місць відпочинку, також під лежачою короною, а також огорожуваних конструкцій, кормосуміші, води для напування та гнойових каналів було визначено термометром А36PF-D43 (США). Витрати енергії на виробництво тепла розраховували за методикою Kadzere et al. (2002). Холодо-стресовий індекс (ХСІ) та вітро-холодовий індекс (ВХІ, °С) визначали за прийнятими методиками (Tucker et al., 2007; Donnelly, 1984).

Матеріали досліджень обробляли методом варіаційної статистики на основі розрахунку середнього арифметичного, середньоквадратичної похибки та достовірності різниці між порівнюваними показниками. 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 й обговорення. Встановлено, що у період низькотемпературного навантаження (-15,9 °С і нижче) молочна продуктивність корів знизилась за всіх варіантів приміщень (табл. 1). Найбільше зниження продуктивності було зафіксовано за утримання на глибокій підстилці: на 1,48 кг (або 6,43%). За утримання у легкозбірному приміщенні без використання елементів утеплення зниження продуктивності у корів становило: 1,37 кг (або 5,12%) у порівнянні з термонеутральним періодом. Використання елементів утеплення повздовжніх стін легкозбірних приміщень полікарбонатним склом забезпечило найнижче серед досліджуваних варіантів приміщень зниження продуктивності у період низькотемпературного навантаження: на 0,34 кг (або 1,25 %).

Таблиця 1

Продуктивність корів у різні періоди низькотемпературного навантаження

Тип легкозбірного приміщення	Періоди	
	низькотемпературного навантаження (-15,0 °С і нижче)	термонеутральний (до -5,0 °С)
- боксове без елементів утеплення	25,39±0,53***	26,76±0,34
- боксове з елементами утеплення	26,95±0,36	27,29±0,41
- на глибокій підстилці	21,54±0,38***	23,02±0,27

Примітка: *** $P < 0,001$ порівняно з термонеутральним періодом.

Середня добова температура повітря у легкозбірних приміщеннях в період низькотемпературного навантаження становила: за звичайного боксового утримання – (-8,4 °С), на глибокій підстилці – (-7,3 °С) і за боксового утримання з елементами утеплення – (-3,8 °С) (табл. 2). При цьому максимально від’ємна температура повітря у приміщеннях в цей період становила: -12,2; -11,8 і -7,2 °С, відповідно (рис.). Упродовж термонеутрального періоду середні добові температури були в прийнятному діапазоні для тварин. Відносна вологість повітря за всіх варіантів утримання у легкозбірних приміщеннях у період термонеутральних температур була дещо нижчою порівняно зі значеннями у період низькотемпературного навантаження. У період низькотемпературного навантаження вологість повітря становила за боксового утримання – 85,9 %; боксового з системами утеплення – 85,7%, а на глибокій підстилці – 84,4%, що переважає допустимі встановлені норми (80%). Щодо швидкості руху повітря у приміщеннях, то у період низькотемпературного навантаження за звичайного боксового утримання та на глибокій підстилці цей показник перевищував допустимі норми у 0,7 м/с і становив 0,74 та 0,73 м/с відповідно. За боксового утримання з використанням систем утеплення даний показник був у допустимих межах.

Таблиця 2

**Показники мікроклімату приміщень у різні періоди температурного навантаження
упродовж зимового сезону**

Показники	Періоди	
	низькотемпературного навантаження (-15,0 °C і нижче)	термонеутральний (до -5,0 °C)
Температура повітря, °C		
Тип легкозбірних приміщень:		
- боксове без елементів утеплення	-8,4±0,29***	3,7±0,14***
- боксове з елементами утеплення	-3,8±0,14	4,4±0,11
- на глибокій підстилці	-7,9±0,16***	3,9±0,09**
Відносна вологість повітря, %		
Середньодобова ВВ навколишнього середовища у період досліджень, %	94,3	83,1
Тип легкозбірних приміщень:		
- боксове без елементів утеплення	85,9±2,19	77,9±3,48
- боксове з елементами утеплення	85,7±2,74	79,3±4,70
- на глибокій підстилці	84,4±2,87	77,1±3,34
Швидкість руху повітря, м/с		
Середньодобова швидкість руху вітру навколишнього середовища у період досліджень, м/с	10,6	8,2
Тип легкозбірних приміщень:		
- боксове без елементів утеплення	0,74±0,08	0,57±0,03
- боксове з елементами утеплення	0,65±0,06	0,54±0,06
- на глибокій підстилці	0,73±0,05	0,57±0,04

Примітка: **P<0,01, ***P<0,001 порівняно з боксовим утриманням з елементами утеплення

Рис. Динаміка середньодобової температури повітря навколишнього середовища у легкозбірних приміщеннях з різними засобами впливу на мікроклімат у період низькотемпературного навантаження

За показниками вітро-холодового (ВХІ) та холодо-стресового (ХСІ) індексів було оцінено вплив низьких температур в поєднанні з швидкістю руху повітря та опадами на холодний стрес (табл. 3). Значення ВХІ оцінює вплив низьких температур в поєднанні із швидкістю руху повітря у приміщенні на продуктивність, комфорт умов утримання та поведінку корів, а значення ХСІ дозволяє враховувати, як швидкість вітру, яка є одним із основних чинників відчуття об'єктивної температури, впливає на продуктивність та поведінку корів. За всіх варіантів утримання у легкозбірних приміщеннях без елементів утеплення та на

глибокій підстилці значення ВХІ було нижчим -10°C , що є значенням для ВРХ. За утримання у приміщенні з використанням елементів утеплення найнижче значення ВХІ у період низькотемпературного навантаження становило: $-7,06^{\circ}\text{C}$, що знаходиться в прийнятних межах для ВРХ. Найнижчий показник спостерігали за боксового утримання – $(-11,34^{\circ}\text{C})$. У термонеїтральний період показники ВХІ були у межах допустимих норм. Показники ХСІ за утримання у легкозбірних приміщеннях у холодний період не перевищували рекомендований допустимий показник $1500 \text{ МДж/м}^2/\text{год}$, що є індикатором (межею) стресу, і становили за безприв'язного утримання – $1413,88 \text{ МДж/м}^2/\text{год}$, на глибокій підстилці – $1400,51 \text{ МДж/м}^2/\text{год}$ та за боксового з елементами утеплення – $1371,46 \text{ МДж/м}^2/\text{год}$.

Таблиця 3

Значення біокліматичних індексів у приміщеннях у різні періоди низькотемпературного навантаження

Тип легкозбірних приміщень	Періоди	
	низькотемпературного навантаження ($-15,0^{\circ}\text{C}$ і нижче)	термонеїтральний (до $-5,0^{\circ}\text{C}$)
Вітро-холодовий індекс, $^{\circ}\text{C}$		
- боксове без елементів утеплення	$-11,34 \pm 0,12$	$1,03 \pm 0,15^{***}$
- боксове з елементами утеплення	$-7,06 \pm 0,09$	$2,17 \pm 0,08$
- на глибокій підстилці	$-10,90 \pm 0,21^{***}$	$1,33 \pm 0,11^{***}$
Холодо-стресовий індекс, $\text{МДж/м}^2/\text{год}$		
- боксове без елементів утеплення	$1413,88 \pm 51,42$	$1211,56 \pm 36,03^{**}$
- боксове з елементами утеплення	$1371,46 \pm 43,74$	$1157,77 \pm 36,12^{***}$
- на глибокій підстилці	$1400,51 \pm 47,87$	$1189,48 \pm 38,20^{***}$

Примітка: $***P < 0,001$ порівняно з боксовим утриманням з елементами утеплення

Серед безприв'язних варіантів утримання корів у період максимального низькотемпературного навантаження найнижча температура місця відпочинку була за боксового утримання – $(-5,41^{\circ}\text{C})$, тоді як за утримання у легкозбірних приміщеннях з елементами утеплення цей показник становив $(-2,45^{\circ}\text{C})$, а найвищим був за утримання на глибокій підстилці $(-1,63^{\circ}\text{C})$ (табл. 4). У термонеїтральні періоди спостерігали суттєве підвищення температури місця відпочинку корів у всіх легкозбірних приміщеннях.

Таблиця 4

Показники температури місць відпочинку (лігва) і енергетичні витрати на теплопродукцію, (n=25)

Тип легкозбірних приміщень	Періоди	
	низькотемпературного навантаження ($-15,0^{\circ}\text{C}$ і нижче)	термонеїтральний (до $-5,0^{\circ}\text{C}$)
Температура місця відпочинку, $^{\circ}\text{C}$		
- боксове без елементів утеплення	$-5,41 \pm 0,73^{***}$	$2,63 \pm 0,20$
- боксове з елементами утеплення	$-2,45 \pm 0,39$	$2,68 \pm 0,13$
- на глибокій підстилці	$-1,63 \pm 0,27$	$4,42 \pm 0,37^{***}$
Температура місця відпочинку під лежачою короною, $^{\circ}\text{C}$		
- боксове без елементів утеплення	$19,94 \pm 0,23^{***}$	$22,75 \pm 0,31^{***}$
- боксове з елементами утеплення	$21,38 \pm 0,22$	$23,42 \pm 0,22$
- на глибокій підстилці	$22,56 \pm 0,28$	$25,84 \pm 0,31^{***}$
Витрати енергії на базовий метаболізм та теплопродукцію, МДж		
- боксове без елементів утеплення	$57,03 \pm 0,42$	$54,28 \pm 0,39^{*}$
- боксове з елементами утеплення	$56,51 \pm 0,39$	$52,80 \pm 0,38$
- на глибокій підстилці	$54,08 \pm 0,48^{***}$	$50,53 \pm 0,42^{**}$

Примітка: $*P < 0,05$; $**P < 0,01$; $***P < 0,001$ порівняно з боксовим утриманням з елементами утеплення

Показники витрат енергії на базовий метаболізм та теплопродукцію мають прямий вплив на продуктивність корів та якісний склад молока. Встановлена залежність між температурою повітря, типом приміщення та витратами енергії на базовий метаболізм та теплопродукцію у корів. Так, за утримання у легкозбірних боксових приміщеннях витрати енергії складали 57,03 МДж з поступовим зниженням у термонеутральний період до 54,28 МДж, відповідно. За боксового утримання з елементами утеплення спостерігали дещо нижчі показники витрат енергії – 56,51 МДж у період низькотемпературного навантаження та 52,80 МДж у термонеутральний період. Серед легкозбірних приміщень найнижчі значення витрат енергії у ці періоди спостерігали за утримання корів на глибокій підстилці: 54,08 та 50,53 МДж.

Важливим показником, котрий характеризує комфорт та добробут корів у холодну пору року, є температура місця відпочинку під лежачими тваринами. У період низькотемпературного навантаження серед легкозбірних приміщень цей показник був найнижчим за боксового утримання – 19,94 °С, а найвищим на глибокій підстилці 22,56 °С, проміжні показники спостерігали за боксового утримання з елементами утеплення – 21,38 °С.

Будівлі для утримання корів різних типів мають ряд недоліків, пов'язаних із впливом зовнішніх факторів на тварин, значною мірою це проявляється у зимовий період року. Встановлено, що утримання корів у легкозбірних приміщеннях з елементами утеплення створює додаткові комфортні умови утримання порівняно з боксовим утриманням та утриманням на глибокій підстилці (табл. 5). За такого варіанту утримання корів спостерігали найвищі показники температури кормового проходу, поверхні гнойових каналів, огорожувальних конструкцій корівника, кормової суміші у період низькотемпературного навантаження.

Таблиця 5

Показники комфорту утримання корів

Тип легкозбірних приміщень	Періоди	
	низькотемпературного навантаження (-15,0 °С і нижче)	термонеутральний (до -5,0 °С)
Температура кормового стола у корівнику, °С		
- боксове без елементів утеплення	-7,46±0,18	2,15±0,17***
- боксове з елементами утеплення	-2,62±0,26	3,27±0,10
- на глибокій підстилці	-5,79±0,36	2,74±0,32
Температура поверхні гнойових проходів, °С		
- боксове без елементів утеплення	-7,23±0,59	2,60±0,25**
- боксове з елементами утеплення	-3,19±0,27	3,58±0,11
- на глибокій підстилці	-6,84±0,34***	2,11±0,57**
Температура огорожувальних конструкцій корівника, °С		
- боксове без елементів утеплення	-7,82±0,27***	1,93±0,50
- боксове з елементами утеплення	-4,31±0,35	2,06±0,03
- на глибокій підстилці	-7,57±0,41***	1,78±0,05
Температура поверхні кормової суміші, °С		
- боксове без елементів утеплення	2,77±0,22***	3,56±0,20***
- боксове з елементами утеплення	3,86±0,11	4,82±0,14
- на глибокій підстилці	2,12±0,13***	3,63±0,31***

Примітка: **P<0,01; ***P<0,001 порівняно з боксовим утриманням з елементами утеплення

ВИСНОВКИ

Встановлено, що тривале низькотемпературне навантаження суттєво впливає на показники комфорту корів за утримання у легкозбірних приміщеннях різного типу. Середньодобова температура повітря за всіх варіантів легкозбірних приміщень носила

від'ємний характер. При цьому за боксового утримання без елементів утеплення температура становила $-5,3^{\circ}\text{C}$, що дещо нижче за допустимі значення, рекомендовані для молочної худоби. Найкращі значення серед легкозбірних приміщень щодо показників мікроклімату, біокліматичних індексів, температури місць відпочинку і енергетичних витрат на теплопродукцію були за використання систем утеплення бокових повздовжніх штор полікарбонатним склом у зимовий період. Використання елементів утеплення легкозбірних приміщень забезпечило найнижче серед досліджуваних варіантів приміщень зниження продуктивності у період низькотемпературного навантаження.

Перспективи досліджень. Планується аналіз поведінкових реакцій дійних корів у періоди низькотемпературного навантаження за утримання у легкозбірних приміщеннях різних типорозмірів із різними засобами впливу на мікроклімат.

References

- Angrecka, S., & Herbut, P. (2015). Conditions for cold stress development in dairy cattle kept in free stall barn during severe frosts. *Czech Journal of Animal Science*. 60(2). 81–87. doi: 10.17221/7978-CJAS
- Angrecka, S., Herbut, P., Godyń, D., Vieira, F.M.C., Zwolenik, M. (2020). Dynamics of Microclimate Conditions in Freestall Barns During Winter – a Case Study from Poland. *Journal of Ecological Engineering*. 5. 129–136. <https://doi.org/10.12911/22998993/122235>
- Borshch, A.A., Ruban, S., Borshch, A.V., Babenko, O.I. (2019). Effect of three bedding materials on the microclimate conditions, cows behavior and milk yield. *Polish Journal of Natural Science*. 34 (1). 19–31.
- Borshch, O.O., Ruban, S. Yu., Gutyj, B.V., Borshch, O.V., Sobolev, O.I., Kosior, L.T., Fedorchenko, M.M., Kirii, A.A., Pivtorak, Y.I., Salamakha, I.Yu., Hordiichuk, N.M., Hordiichuk, L.M., Kamratska, O.I., Denkovich, B.S. (2020). Comfort and cow behavior during periods of intense precipitation. *Ukraine Journal of Ecology*. 10(6). 98–102. doi: 10.15421/2020_265
- Borshch, O.O., Ruban, S., Borshch, O.V. (2021a). Review: the influence of genotypic and phenotypic factors on the comfort and welfare rates of cows during the period of global climate changes. *Agraarteadus*. 32(1). 25–34. <https://dx.doi.org/10.15159/jas.21.12>
- Borshch, O.O., Borshch, O.V., Sobolev, O.I., Nadtochii, V.M., Slusar, M.V., Gutyj, B.V., Polishchuk, S.A., Malina, V.V., Korol, A.P., Korol-Bezpal, L.P., Bezpal, I.F., Cherniavskyi, O.O. (2021b). Wind speed in easily assembled premises with different design constructions for side curtains in winter. *Ukrainian Journal of Ecology*. 11(1). 325–328. doi: 10.15421/2021_49
- Borshch, O. O., Borshch, O. V., Fedorchenko, M. M. (2021c). Influence of low temperatures on heat balance in easily assembled premises of different types. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*. 4(2). 27–30. doi: 10.32718/ujvas4-2.05
- Broucek, J., Letkovicova, M., Kovalcuj, K. (1991). Estimation of cold stress effect on dairy cows. *International Journal of Biometeorology*. 35. 29–32. doi:10.1007/BF01040960
- Calamari, L., Calegari, F., Stefanini, L. (2009). Effect of different free stall surfaces on behavioural, productive and metabolic parameters in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*. 120. 9–17. doi:10.1016/j.applanim.2009.05.013
- Cao, Z., Shi, Z., An, X., Li, G. (2017). Evaluating the Thermal Insulation of Dairy Barns in Cold Regions via Infrared Thermography. *Animal Environment and Welfare – Proceedings of International Symposium 2017*. Chongqing, China, 53–60.
- Donnelly, J.R. (1984). The productivity of breeding ewes grazing on lucerne or grass and clover pastures on the tablelands of southern Australia. III. Lamb mortality and weaning percentage. *Australian Journal of Agricultural Research*. 35(5). 709–721.
- Gregory, N.G. (1995). The role of shelterbelts in protecting livestock: a review. – *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 38: 423–450. doi: 10.1080/ 00288233.1995.9513146

- Hempel, S., Menz, C., Pinto, S., Galan, E., Janke, D., Estellés, F., Müschner-Siemens, T., Wang, X., Heinicke, J., Zhang, G., Amon, B., del Prado, A., Amon, T. (2019). Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change scenarios – uncertainties and potential impacts. *Earth System Dynamics*. 10. 859–884. doi:10.5194/esd-10-859-2019
- Herbut, P. (2013). Temperature, humidity and air movement variations inside a free-stall barn during heavy frost. *Annals of Animal Science*. 13(3). 587–596.
- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz, E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*. 77. 59–91. doi:10.1016/S0301-6226(01)00330-X
- Knizkova, I., Kunc, P., Koubkova, M., Flusser, J., Dolezal, O. (2002). Evaluation of naturally ventilated dairy barn management by a thermographic method. *Livestock Production Science*. 77. 349–353. doi:10.1016/S0301-6226(02)00062-3
- Rong, L., Liu, D., Pedersen, E.F., Zhang, G. (2015). The effect of wind speed and direction and surrounding maize on hybrid ventilation in a dairy cow building in Denmark. *Energy and Buildings*. 86. 25–34. doi:10.1016/j.enbuild.2014.10.016
- Ruban, S. Yu., Borshch, O. V., Borshch, O. O. (2017). Suchasni tekhnolohiyi vyrobnytstva moloka. (osoblyvosti ekspluatatsiyi, tekhnolohichni rishennya, eskizni proekty) [Modern milk production technologies. (peculiarities of operation, technological decisions, sketch designs)]. Kharkiv: STYLIZDAT (in Ukrainian)
- Ruban, S., Borshch, O.O., Borshch, O.V., Orischuk, O., Balatskiy, Y., Fedorchenko, M., Kachan, A., Zlochevskiy, M. (2020). The impact of high temperatures on respiration rate, breathing condition and productivity of dairy cows in different production systems. *Animal Science Papers and Reports*. 38(1). 61–72.
- Teye, F.K., Hautala, M., Pastell, M., Praks, J., Veermäe, I., Poikalainen, V., Pajumägi, A., Kivinen, T., Ahokas, J. (2008). Microclimate and ventilation in Estonian and Finnish dairy buildings. *Energy and Buildings*. 40. 1194–1201. doi:10.1016/j.enbuild.2007.10.017
- Tucker, C.B., Rogers, A.R., Verkerk, G.A., Kendall, P.E., Webster, J.R., Matthews, L.R. (2007). Effects of shelter and body condition on the behaviour and physiology of dairy cattle in winter. *Applied Animal Behaviour Science*. 105. 1–13. doi:10.1016/j.applanim.2006.06.009
- Vaculikova, M., I. Komzakova, I., Chladek, G. (2017). The effect of low air temperature on behaviour and milk production in holstein dairy cows. *Acta Universitatis Agriculturae Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 65. 1623–1627. doi:10.11118/actaun201765051623
- Yurchenko, A., Daetwyler, H.D., Yudin, N., Robert, D., Schnabel, R.D., Jagt, C.J., Soloshenko, V., Lhasaranov, B., Popov, R., Taylor, J., Larkin, D.M. (2018). Scans for signatures of selection in Russian cattle breed genomes reveal new candidate genes for environmental adaptation and acclimation. *Scientific Reports*. 8:12984. doi: 10.1038/s41598-018-31304-w