

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ВИРВИКИШКА СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ**

УДК 619:636.2.034:636.083.1:551.58

ДИСЕРТАЦІЯ

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ АДАПТИВНОГО УТРИМАННЯ ДІЙНИХ  
КОРІВ ЗА УМОВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН В ЧЕРКАСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

212 «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза»

Подається на здобуття наукового ступеня доктор філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ С.М. Вирвикишка

Науковий керівник:

**Родіонова Катерина Олександрівна,**

кандидат ветеринарних наук,

доцент

ОДЕСА – 2026

## АНОТАЦІЯ

**Вирвикишка С.М.** Наукове обґрунтування адаптивного утримання дійних корів за умов кліматичних змін в Черкаській області – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття освітньо-наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 212 «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза». Одеський державний аграрний університет. Одеса, 2026.

Сучасні умови промислового виробництва молока в Україні супроводжуються зростанням теплового навантаження на дійних корів унаслідок кліматичних змін, високої щільності утримання та недостатньої ефективності традиційних систем вентиляції тваринницьких приміщень. Порушення температурно-вологісного режиму повітряного середовища корівників призводить до розвитку теплового стресу, що негативно впливає на репродуктивне здоров'я, відтворну здатність і продуктивність корів. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває ветеринарно-гігієнічне обґрунтування адаптивних технологій утримання, спрямованих на оптимізацію мікроклімату тваринницьких приміщень.

Проведена ветеринарно-гігієнічна оцінка кліматичних умов Черкаської області засвідчила зростання теплового навантаження на дійних корів: упродовж теплового періоду 2021-2023 років тривалість днів із температурою повітря понад +25 °С становить 152 доби (травень-вересень), при цьому середньодобова температура у високотемпературний період (> +25 °С) досягала 24-26 °С із максимумами 32-36 °С. За цих умов температурно-вологісний індекс у приміщеннях без активного охолодження підвищується до 72-78 од., що відповідає зоні теплового стресу дійних корів.

З метою здійснення оперативного ветеринарно-гігієнічного контролю теплового стану організму тварин у різні температурні періоди розроблено та апробовано авторську методику безконтактної термометрії дійних корів, яка не порушує їх фізіологічного стану. Методика передбачає визначення

інтегрального показника температури поверхні тіла як середнього арифметичного значення температури окремих анатомічних ділянок (носове дзеркало, лобова частина голови, вушна раковина, темні та світлі ділянки тулуба, вим'я та дійки вимені) з трикратним вимірюванням упродовж доби (о 8-й, 14-й та 20-й годині), що дозволяє об'єктивно оцінювати добову динаміку температурних реакцій організму корів.

Визначено, що традиційні системи вентиляції корівників не забезпечують стабілізацію температурно-вологісного режиму повітряного середовища в період високих температур, що призводить до формування хронічного теплового навантаження на організм тварин і погіршення їх репродуктивного стану.

Встановлено, що температурний режим середовища утримання істотно впливає на поведінкові та фізіологічні реакції дійних корів, зумовлюючи їх системну температурно-добову перебудову при відхиленні від термонеутральної зони (-5...+25 °C).

У високотемпературний період (>+25 °C) формується комплекс ознак теплового стресу: частота дихання зростає у 1,37–1,60 рази, тривалість лежання зменшується у 1,56–1,80 рази, поїдання корму - на 16,7–25,4 %, тоді як напування збільшується у 1,24–2,40 рази відносно термонеутрального рівня.

У низькотемпературний період (< -5 °C) реалізується енергозберігальна адаптивна поведінка, що характеризується збільшенням тривалості лежання на 12–18 % та збереженням або підвищенням кормової активності, максимум якої зміщується на ранкові години.

Найбільш виражені температурозалежні зміни поведінкових і фізіологічних показників реєструються у обідні години (з 11 до 14 години), коли при високих температурах спостерігаються максимальна частота дихання та мінімальні значення лежання і кормової активності.

Доведено, що найбільш чутливими індикаторами відхилення мікроклімату від термонеутральної зони є частота дихання, тривалість лежання, поїдання корму та напування, зміни яких досягають відповідно 1,6; 1,8; 1,3 та 2,4 рази.

Досліджено показники молочної продуктивності та якості молока корів у різні температурні періоди року. У високотемпературний період ( $> +25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) середньодобовий надій становив 25,96 кг, що на 0,94 кг менше порівняно з термонеутральним періодом; масова частка білка -  $3,32 \pm 0,04\%$ , жиру -  $3,60 \pm 0,02\%$ . Загальне бактеріальне обсіменіння молока досягало  $406,8 \pm 118,26$  тис/мл проти 55,3-92,1 тис/мл у холодний і термонеутральний періоди. За тривалості високотемпературного періоду 152 дні у стаді 150 корів обсяг недоотриманого молока становив близько 21,4 тис. л.

Отримані результати обґрунтовують необхідність урахування добових і температурно зумовлених особливостей поведінки дійних корів при оптимізації параметрів мікроклімату з метою забезпечення термокомфарту, добробуту і продуктивності тварин.

У дисертаційній роботі науково обґрунтовано технологію утримання дійних корів у новозбудованому корівнику № 2, адаптовану до сучасних кліматичних умов центральної частини України, що передбачає ущільнення огорожувальних конструкцій, застосування тунельної вентиляції та туманного охолодження з метою стабілізації температурно-вологісного режиму повітряного середовища і зниження теплового навантаження на тварин. Крім того, конструктивні та технологічні рішення корівника розроблено з урахуванням концепції «п'яти свобод» тварин, регламентованої європейськими нормативними документами - Директивою Ради 98/58/ЄС про захист тварин, що утримуються для сільськогосподарських цілей (1998), Європейською конвенцією про захист тварин, що утримуються для сільськогосподарських цілей (1976, ETS № 87) та Стратегією ЄС «Від ферми до виделки» (2020). В роботі враховано обов'язкові вимоги до благополуччя сільськогосподарських тварин, гармонізовані з підходами Європейського Союзу та запроваджені в Україні з 1 січня 2026 року, що забезпечує відповідність запропонованої технології сучасним санітарно-гігієнічним і нормативним стандартам утримання дійних корів.

Порівняння мікроклімату корівників № 1 і № 2 показало, що впровадження тунельної вентиляції та туманного охолодження забезпечує істотне підвищення

й стабілізацію рівня заплідненості корів. У високотемпературний період у корівнику № 2 рівень заплідненості становив у середньому 23,5 %, що у 1,5-3,0 рази вище, ніж у корівнику № 1, де спостерігалось критичне літнє зниження фертильності.

За результати ветеринарно-гігієнічної оцінки умов утримання встановлено, що найбільш ефективним для дійних корів є адаптивне утримання в ущільненому корівнику, обладнаному тунельною вентиляцією та системою туманного охолодження, яке забезпечує оптимізацію температурно-вологісного режиму та мінімізацію теплового навантаження на організм тварин.

Така технологія утримання навіть під час адаптаційного періоду для тварин продемонструвала найкращі показники відтворення стада: рівень заплідненості дійних корів підвищився до 24,4 %, індекс осіменіння зменшився з 2,3 до 2,1 осіменіння на одну тільність, сервіс-період скоротився зі 135 до 115 діб, а міжотельний інтервал - з 415 до 395 діб. Реалізація репродуктивного потенціалу стада також була максимальною саме за цього варіанта мікроклімату: вихід телят і рівень отелень зросли з 86 і 88 % до 92 %, що свідчить про зниження ембріональних втрат і репродуктивних порушень у корів у порівнянні з корівником №1 за традиційної системи утримання. Це підтверджує ефективність оптимізації мікроклімату як ключового чинника збереження відтворної здатності дійних корів за умови теплового навантаження.

Удосконалення технологій утримання великої рогатої худоби в умовах кліматичних змін Черкаської області є ефективним інструментом як підвищення продуктивності, так і покращення якісних характеристик м'яса, що має важливе значення для забезпечення продовольчої безпеки та виробництва конкурентоспроможної продукції тваринництва. Встановлено, що у тварин у віці 24 місяці м'ясо характеризується повноцінним амінокислотним профілем із вмістом незамінних амінокислот  $32,10 \pm 0,42$  г/100 г білка, зокрема лізину –  $7,34 \pm 0,15$ , лейцину –  $6,48 \pm 0,14$  та аргініну –  $6,21 \pm 0,13$  г/100 г білка, що забезпечує високу біологічну цінність яловичини.

Таким чином, отримані результати наукових досліджень свідчать, що в умовах зростання температурного навантаження, характерного для центрального регіону України, підвищення ефективності молочного скотарства значною мірою залежить від впровадження адаптивних технологій утримання дійних корів. Запропонована система утримання, яка передбачає ущільнення огорожувальних конструкцій корівника з трьох сторін у поєднанні з тунельною вентиляцією та використанням системи туманного охолодження повітря, забезпечує стабілізацію мікроклімату тваринницького приміщення та зниження теплового навантаження на організм тварин. Це сприяє нормалізації поведінкових реакцій корів, підвищенню рівня молочної продуктивності, покращенню санітарно-гігієнічних і фізико-хімічних показників молока та підвищенню ефективності відтворення стада. Отже, застосування адаптивних технологій утримання є обґрунтованим і перспективним напрямом ветеринарно-гігієнічного забезпечення сучасних молочних ферм у регіонах із підвищеним температурним навантаженням.

**Ключові слова:** корови, клімат, мікроклімат, високотемпературний період, утримання, поведінка, відтворення, продуктивність, безпечність, якість, молоко, м'ясо.

## ABSTRACT

**Vyrvykyshka S.M.** Scientific Substantiation of Adaptive Housing of Dairy Cows under Climate Change Conditions in the Cherkasy Region – Qualifying scientific work as a manuscript.

Thesis for obtaining the educational and scientific degree of Philosophy Doctor in the specialty 212 «Veterinary hygiene, sanitation and expertise». Odesa State Agrarian University, Odesa, 2026.

Modern conditions of industrial milk production in Ukraine are accompanied by an increase in thermal load on dairy cows due to climate change, high stocking density and insufficient efficiency of traditional ventilation systems in livestock buildings. Disturbances of the temperature-humidity regime of the air environment in cowsheds lead to the development of heat stress, which negatively affects the reproductive health, fertility and productivity of cows. In this regard, the veterinary-hygienic substantiation of adaptive housing technologies aimed at optimizing the microclimate of livestock buildings becomes particularly relevant.

A veterinary-hygienic assessment of the climatic conditions of the Cherkasy region demonstrated an increase in heat load on dairy cows. During the warm period of 2021-2023, the duration of days with air temperatures above +25 °C reached 152 days (May-September), while the average daily temperature during the high-temperature period (> +25 °C) ranged from 24-26 °C with maximum values of 32-36 °C. Under these conditions, the temperature-humidity index in livestock buildings without active cooling systems increased to 72-78 units, which corresponds to the heat stress range for dairy cows.

To ensure operational veterinary-hygienic control of the thermal state of animals during different temperature periods, an original method of non-contact thermometry of dairy cows was developed and tested without disturbing their physiological state. The method involves determining an integral body surface temperature indicator as the arithmetic mean of temperatures measured at several anatomical sites (nasal mirror, forehead, auricle, dark and light body areas, udder and teat tips) with three

measurements per day (at 8:00, 14:00 and 20:00). This approach allows objective assessment of the daily dynamics of cows' thermal responses.

It was established that traditional cowshed ventilation systems do not ensure stabilization of the temperature-humidity regime during high-temperature periods, which leads to chronic thermal load on animals and deterioration of their reproductive status.

It was determined that the environmental temperature regime significantly affects the behavioral and physiological responses of dairy cows, causing systemic daily temperature-related adjustments when conditions deviate from the thermoneutral range ( $-5...+25$  °C).

During the high-temperature period ( $> +25$  °C), a complex of heat stress indicators was observed: respiration rate increased by 1.37-1.60 times, lying time decreased by 1.56-1.80 times, feed intake decreased by 16.7-25.4 %, while water intake increased by 1.24-2.40 times compared with thermoneutral conditions.

During the low-temperature period ( $< -5$  °C), an energy-saving adaptive behavior was observed, characterized by an increase in lying time by 12-18 % and preservation or increase of feeding activity, with the maximum occurring during the morning hours.

The most pronounced temperature-dependent changes in behavioral and physiological indicators were recorded during midday hours (11:00-14:00), when high temperatures were associated with maximum respiration rates and minimum values of lying time and feeding activity.

It was proven that the most sensitive indicators of deviations of the microclimate from the thermoneutral range are respiration rate, lying time, feed intake and water intake, the changes of which reached 1.6, 1.8, 1.3 and 2.4 times respectively.

Milk productivity and milk quality indicators were studied during different temperature periods of the year. During the high-temperature period ( $> +25$  °C), the average daily milk yield was 25.96 kg, which was 0.94 kg lower than during the thermoneutral period; the mass fraction of protein was  $3.32 \pm 0.04$  %, and fat content was  $3.60 \pm 0.02$  %. The total bacterial contamination of milk reached  $406.8 \times 10^3$  CFU/ml compared with  $55.3-92.1 \times 10^3$  CFU/ml during cold and thermoneutral

periods. During the high-temperature period lasting 152 days, milk production losses in a herd of 150 cows amounted to approximately 21.4 thousand liters.

The obtained results justify the necessity of considering daily and temperature-related behavioral patterns of dairy cows when optimizing microclimate parameters in order to ensure thermal comfort, animal welfare and productivity.

The dissertation scientifically substantiates the housing technology for dairy cows in the newly constructed cowshed №2 adapted to modern climatic conditions of central Ukraine. The technology includes enclosure insulation, tunnel ventilation and fog cooling systems to stabilize the temperature-humidity regime of the air environment and reduce thermal load on animals. In addition, structural and technological solutions of the cowshed were developed considering the “Five Freedoms” concept regulated by European legal documents - Council Directive 98/58/EC on the protection of animals kept for farming purposes (1998), the European Convention for the Protection of Animals Kept for Farming Purposes (1976, ETS No. 87) and the EU Farm-to-Fork Strategy (2020). The study also takes into account mandatory animal welfare requirements harmonized with European Union approaches and introduced in Ukraine from January 1, 2026, ensuring compliance of the proposed technology with modern veterinary-hygienic and regulatory standards for dairy cow housing.

Comparison of the microclimate conditions of cowsheds №1 and №2 showed that the implementation of tunnel ventilation and fog cooling significantly improved and stabilized fertility indicators. During the high-temperature period, fertility in cowshed №2 averaged 23.5 %, which was 1.5-3.0 times higher than in cowshed №1, where a critical summer decline in fertility was observed.

Veterinary-hygienic assessment of housing conditions showed that adaptive housing in an insulated cowshed equipped with tunnel ventilation and fog cooling systems was the most effective for dairy cows, ensuring optimization of the temperature-humidity regime and minimizing thermal load on animals. Even during the adaptation period, this technology demonstrated the best herd reproduction indicators: fertility increased to 24.4 %, the insemination index decreased from 2.3 to 2.1 inseminations per pregnancy, the service period decreased from 135 to 115 days,

and the calving interval decreased from 415 to 395 days. The realization of the reproductive potential of the herd was also highest under this microclimate: calf yield and calving rate increased from 86 % and 88 % to 92 %, respectively, indicating reduced embryonic losses and reproductive disorders compared with cowshed №1 under traditional housing conditions.

The improvement of cattle housing technologies under the conditions of climate change in the Cherkasy region is an effective tool for both increasing productivity and enhancing meat quality characteristics, which is of significant importance for ensuring food security and producing competitive livestock products. It has been established that, in animals aged 24 months, the meat is characterized by a complete amino acid profile with an essential amino acid content of  $32.10 \pm 0.42$  g/100 g of protein, including lysine –  $7.34 \pm 0.15$ , leucine –  $6.48 \pm 0.14$ , and arginine –  $6.21 \pm 0.13$  g/100 g of protein, which ensures the high biological value of beef.

Thus, the obtained research results indicate that under conditions of increasing thermal load typical for the central region of Ukraine, improving the efficiency of dairy farming largely depends on the implementation of adaptive housing technologies for dairy cows. The proposed housing system, which includes enclosure insulation, tunnel ventilation and fog cooling systems, ensures stabilization of the microclimate of livestock buildings and reduction of heat stress in animals. This contributes to normalization of behavioral responses, increased milk productivity, improved sanitary and physicochemical milk quality indicators and enhanced herd reproductive performance. Therefore, the implementation of adaptive housing technologies represents a scientifically substantiated and promising direction of veterinary-hygienic support for modern dairy farms in regions with increased thermal load.

**Keywords:** dairy cows, climate, microclimate, high-temperature period, housing, behavior, reproduction, productivity, safety, quality, milk, meat.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових фахових виданнях України категорії А, що індексуються наукометричною базою SCOPUS

1. Zolotaryov, A., Rodionova, K., Khimych, M., **Vyrvykyshka, S.**, Khokhlov A. (2023). Ways to reduce the impact of the external environment in summer on the milk productivity of cows. *Scientific Horizons*, 26(4), P. 9-20. <https://doi.org/10.48077/scihor4.2023.09> (Zolotaryov A. розроблено програму і наукову концепцію дослідження, організовано проведення наукових дослідів, проведено науковий експеримент, зроблено аналіз отриманих результатів, визначено їх новизну і актуальність. Rodionova K. виконано статистичну обробку результатів дослідження, підготовлено статтю до друку, узгоджено вимоги до статті з видавництвом журналу. Khimych M. визначено показники якості молока дійних корів, проведено науковий пошук та підготовлено літературний огляд до статті. Vyrvykyshka S. сформовано дослідні хрупи тварин, здійснено моніторинг основних кліматичних показників, проведено термометрію окремих частин тулуба піддослідних корів за авторською методикою, зроблено аналіз отриманих результатів. Khokhlov A. зроблено відбір проб молока, їх консервацію та підготовку для аналізів).
2. Michalchenko, S. A., Korkh, I. V., Paliy, A. P., Boiko, N. V., Kovalenko, L. V., Pavlichenko, O. V., **Vyrvykyshka, S. M.**, Morozov, M. G. (2024). Amino acid composition of beef depending on the breed and age of dairy bulls. *International Journal of Agricultural Technology*, 20(6), 2405-2422. [14 IJAT 20\(6\) 2024 Michalchenko, S. A.--2066.pdf](#) (Michalchenko S. A., розроблено програму і наукову концепцію дослідження, організовано проведення наукових дослідів, проведено науковий експеримент, зроблено аналіз отриманих результатів, визначено їх новизну і актуальність. Korkh I. V. сформовано дослідні хрупи тварин, зроблено розрахунок раціону годівлі, підготовлено статтю до друку. Paliy A. P. проведено науковий експеримент та узагальнено отримані результати, узгоджено вимоги до статті з видавництвом журналу).

*Boiko N. V., проведено відбір проб для дослідження. Kovalenko L. V. виконано статистичну обробку результатів дослідження. Pavlichenko O. V. проведено науковий пошук та підготовлено літературний огляд до статті. Vyrvykyshka S. M. визначено амінокислотний склад м'яса ВРХ у віці 24 місяці, зроблено аналіз отриманих результатів).*

3. Roman, L., Bezalychna, O., **Vyrvykyshka, S.**, Iovenko, A., Pushkar, T. (2025). Evaluation of the dynamics of fattening of lactating cows of the newly created Ukrainian red dairy breed. *Scientific Horizons*, 28(1), 19-29. <https://doi.org/10.48077/scihor1.2025.19> (Roman L. розроблено програму і наукову концепцію дослідження, організовано проведення наукових дослідів, визначено їх новизну і актуальність, підготовлено публікацію до друку, здійснено редагування і оформлення наочного матеріалу. Bezalychna O. виконано статистичну обробку результатів дослідження, узгоджено вимоги до статті з видавництвом журналу. Vyrvykyshka S. сформовано дослідні групи тварин, проведено відбір проб молока, визначено показники якості та безпечності молока, зроблено інтерпретацію отриманих результатів. Iovenko A. підготовлено обговорення та висновки до статті. Pushkar T. визначено практичне значення та перспективи використання отриманих результатів).

#### **Статті у наукових фахових виданнях України категорії Б**

4. **Vyrvykyshka, S.**, Rodionova, K., Ihnatieva, T. (2026). Hygienic assessment of dairy cows under tie-stall housing. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*, 118, 62-71. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2026.118.05> (Vyrvykyshka S. проведено науковий експеримент, зроблено аналіз отриманих результатів, визначено їх новизну і актуальність, підготовлено публікацію до друку. Rodionova K. розроблено програму і наукову концепцію дослідження, організовано проведення наукових дослідів, проведено науковий пошук та підготовлено літературний огляд до статті. Ihnatieva T. здійснено підбір приладів для проведення експерименту, виконано статистичну обробку

результатів дослідження, узгоджено вимоги до статті з видавництвом журналу).

#### Тези наукових доповідей:

5. **Вирвикишка С. М.,** Родіонова К. О. (2022) Забезпечення комфортних умов утримання корів в умовах змін клімату. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти* : збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції (15 листопада 2022 р.), Київ, Науково-методичний центр ВФПО, 102-104. [https://nmc-vfpo.com/wp-content/uploads/2022/12/tezy-malynka-15-11-2022\\_compressed.pdf](https://nmc-vfpo.com/wp-content/uploads/2022/12/tezy-malynka-15-11-2022_compressed.pdf) (Вирвикишкою С.М. зроблено аналіз літературних джерел, підготовлено тези доповіді. Родіоною К. О. визначено новизну і актуальність дослідження).

6. Вирвикишка С. М. (2023). Деякі аспекти подолання теплового стресу у високопродуктивних корів. *Всеукраїнська науково-практична конференція науковців, викладачів та аспірантів “Актуальні питання ветеринарної медицини: реалії та перспективи* (23 травня 2023 р.). Державний біотехнологічний університет, Харків. 154-156. <https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/mater-conf-23-05-23.pdf>

7. Вирвикишка С. М. (2024). Добробут тварин та кліматично-орієнтоване тваринництво. *Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції* (10-11 жовтня 2024 року). Одеса: ІКОСГ НААН, 2024. С. 28-29. [Збірник-матеріалів-конференції-10-11-жовтня-2024-року.pdf](#)

8. Морозов М. Г., **Вирвикишка С. М.,** Родіонова К. О. (2025) Захворювання дистального відділу кінцівок у великої рогатої худоби: етіологія та патогенез. *II онлайн-конференція аспірантів і молодих вчених у сфері єдиного здоров'я та біотехнології: VetBioConnect / VetBioConnect: Young Scientists Conference in One Health and Biotechnology* (3-4 червня 2025, м.Харків, ННЦ «ІЕКВМ»). С. 39-41. <http://bit.ly/46xgIhG> (Морозовим М.Г. зроблено аналіз

літературних джерел, підготовлено тези доповіді. *Вирвикишкою С.М. викладено етіологію захворювань дистального відділу кінцівок у ВРХ. Родіонова К. О. визначено новизну і актуальність дослідження).*

9. Вирвикишка С. М. (2025) Загальні принципи політики комфорту для молочної худоби. *III Міжнар. наук.-практ. конф. науково-педагогічних працівників та молодих науковців «Актуальні аспекти розвитку ветеринарної медицини в умовах євроінтеграції»* (Одеса, 16-17 жовтня 2025 р.). Одеський державний аграрний університет. Одеса, 2025. С. 194-196. <https://bit.ly/499KYAf>

#### **Наукові доповіді без публікації (апробація результатів досліджень):**

10. Вирвикишка С. М. (2023) Сезонна динаміка післяродової патології та аналіз причин вибраковування корів із продуктивного стада. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти: збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців* (Одеса, 09-10 листопада 2023 р.). Одеський державний аграрний університет.

<https://drive.google.com/file/d/1dzV8Szc40oP9Uxw645kuTqi3MKJ3hPdgc/view>

11. Вирвикишка С. М. (2024) Кліматично-орієнтоване тваринництво. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти: збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців* (Одеса, 24-25 жовтня 2024 р.). Одеський державний аграрний університет. Одеса, 2024. С. 12. <https://doi.org/10.37000/7738387134>

#### **Свідоцтва авторського права на твір**

12. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 118945 «Харчові стратегії управління тепловим стресом у високопродуктивних корів» / Хіміч М. С., Родіонова К. О., **Вирвикишка С. М.** // Дата реєстрації 10.05.2023 р. *(Хіміч М. С. належить ідея створення твору, проаналізовано дані щодо основних існуючих стратегій управління тепловим стресом, узагальнено дані щодо ефективності окремих харчових стратегій. Родіоновою К. О. проаналізовано основні стратегії управлінням теплового стресу у корів,*

*обґрунтована гіпотеза, що з урахуванням особливостей травлення полігастричних тварин, харчова стратегія управління тепловим стресом є найбільш актуальною і перспективною. Вирвикишкою С. М. на основі літературних даних узагальнено дані щодо негативного впливу теплового стресу на здоров'я, відтворювальну здатність і молочну продуктивність корів).*

| <b>З М І С Т</b>                                     |   | С.        |
|--|---|-----------|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....                       |   | 19        |
| ВСТУП.....   |   | 20        |
| <b>РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....</b>               |   | <b>28</b> |
| 1.1.   | Тепловий стрес як ключовий фактор впливу на благополуччя тварин та зниження продуктивності..... | 28        |
| 1.1.1.   | Вплив кліматичних чинників на молочну продуктивність і якість молока.....                       | 31        |
| 1.1.2.   | Тепловий стрес як ключовий чинник зниження фертильності.....                                    | 34        |
| 1.3.   | Стратегії управління тепловим стресом у високопродуктивних корів.....                           | 37        |
| 1.4.   | Висновок з огляду літератури.....   | 47        |
| <b>РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b> |   | <b>50</b> |
| 2.2.1.   | Визначення параметрів мікроклімату.....   | 53        |
| 2.2.2.   | Гігієнічна оцінка тварин.....   | 55        |
| 2.2.3.   | Визначення органолептичних, фізико-хімічних та бактеріологічних показників молока.....          | 57        |
| 2.2.4.   | Визначення амінокислотного складу м'яса.....  | 58        |
| 2.2.5.   | Оцінка репродуктивної функції корів.....  | 58        |
| 2.2.6.   | Методика організації годівлі піддослідних тварин.....   | 60        |
| 2.2.7.   | Методи статистичної та економічної обробки результатів.....                                     | 60        |
| <b>РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>  |   | <b>62</b> |
| 3.1.   | Загальна характеристика дослідного господарства СТОВ «Перемога».....                            | 62        |
| 3.2.   | Основні тенденції зміни клімату в Черкаській області.....                                       | 66        |
| 3.3.   | Моніторинг благополуччя дійних корів.....   | 78        |
| 3.3.1.   | Дослідження умов утримання дійних корів.....  | 78        |

|        |   |            |
|--------|---|------------|
| 3.3.2. | Гігієнічна оцінка світлового середовища корівника.....  | 81         |
| 3.3.3. | Аналіз впливу сезонних температурних режимів на поведінку дійних корів.....   | 82         |
| 3.3.4. | Показники продуктивності корів протягом різних середньорічних температурних періодів.....                             | 86         |
| 3.3.5. | Аналіз впливу теплового стресу на репродуктивну функцію тварин.....   | 92         |
| 3.3.6. | Аналіз впливу мікроклімату приміщення, ректальної температури та кліматичних умов на показники відтворення стада..... | 97         |
| 3.4.   | Адаптаційні особливості дійних корів за зміни умов утримання та оптимізації параметрів мікроклімату.....              | 102        |
| 3.4.1. | Загальна характеристика новозбудованого дослідного корівника №2 СТОВ «Перемога».....                                  | 103        |
| 3.4.2. | Гігієнічна оцінка системи освітлення корівника.....   | 109        |
| 3.4.3. | Адаптивна оптимізація параметрів мікроклімату корівника в умовах підвищених температур навколишнього середовища.....  | 111        |
| 3.4.4. | Поведінкові реакції дійних корів у період адаптації до вдосконаленої системи вентиляції корівника.....                | 117        |
| 3.4.5. | Продуктивність дійних корів та показники якості й безпечності молока за різних адаптивних технологій утримання.....   | 121        |
| 3.4.6. | Результати амінокислотного складу яловичини за адаптивного утримання тварин.....                                      | 125        |
| 3.4.7. | Показники репродуктивної функції дійних корів за адаптивного утримання.....   | 126        |
|        | <b>РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>  | <b>131</b> |
|        | <b>ВИСНОВКИ.....</b>  | <b>150</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....</b>     | <b>153</b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b> | <b>155</b> |
| <b>ДОДАТКИ.....</b>                    | <b>182</b> |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

СТОВ – Сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю

ВРХ – велика рогата худоба

УДМ-200 – установка доїльна з молокопроводом на 200 корів.

ЦГМ – центр гідрометеорології

LED-світильники (Light Emitting Diode) – світло випромінювальний діод.

CO<sub>2</sub> – вуглекислий газ

NH<sub>3</sub> – аміак

УГ-2 – газоаналізатор

КЕО – коефіцієнт природної освітленості

Ксв — світловий коефіцієнт

ІГО – індекс гігієнічної оцінки корів

ТНІ – температурно-вологісний індекс (Temperature–Humidity Index)

Т – температура

РН – відносна вологість повітря

IR – рівень виявлення охоти (Insemination Rate)

CR – рівень заплідненості (Conception Rate)

PR – коефіцієнт (індекс) тільності (Pregnancy Rate)

ТСГ – транспортер скребковий гноєзбиральний

TMR Tracker – програма управління системою годівлі тварин

Uniform Agri – програма управління та обліку стада

КУО – колонієутворюючі одиниці

ЗБО – загальна бактеріальна обсіменінність

ЄС – Європейський Союз

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Клімат та мікроклімат тваринницьких приміщень відіграє важливу роль у збереженні здоров'я та продуктивності дійних корів. Відхилення хоча б одного з параметрів від норми здатне призвести до зниження продуктивності та захворювань тварин.

Особливої актуальності проблема оптимізації умов утримання дійних корів та забезпечення їх благополуччя набуває для центральної частини України, зокрема Черкаської області, де спостерігається тенденція до підвищення температури повітря у весняно-літній період та збільшення тривалості періоду з температурами понад +25 °С, що може призводити до розвитку теплового стресу.

У зв'язку з цим виникає необхідність у проведенні комплексних досліджень, спрямованих на встановлення закономірностей впливу температурно-вологісного навантаження та параметрів мікроклімату корівників на поведінкові та фізіологічні реакції, молочну продуктивність, якість і безпечність молока, відтворну здатність і благополуччя дійних корів, а також на наукове обґрунтування ефективності застосування адаптивних систем вентиляції та охолодження у тваринницьких приміщеннях.

Отже, наукове обґрунтування адаптивного утримання дійних корів за умов кліматичних змін є важливим науково-практичним завданням ветеринарної гігієни та сучасного молочного скотарства, спрямованим на підвищення продуктивності тварин, покращення якості молока, забезпечення благополуччя тварин і підвищення ефективності виробництва молочної продукції.

**Зв'язок роботи з науковими програмами.** Дисертаційна робота є складовою частиною науково-дослідної теми, яка виконується на кафедрі інфекційної патології, біобезпеки та ветеринарно-санітарного інспектування ім. проф. В.Я. Атамася: «Забезпечення добробуту тварин, безпечності та якості харчових продуктів в умовах євроінтеграції», № держреєстрації 0123U103523 (03.2023 р. – 03.2028 р.).

**Мета та завдання дослідження.** Мета дисертаційного дослідження - науково обґрунтувати систему адаптивного утримання дійних корів за умов кліматичних змін у Черкаській області на основі встановлення впливу температурно-вологісного навантаження та параметрів мікроклімату корівників на продуктивність, відтворну здатність і благополуччя тварин та визначити ефективність застосування адаптивних систем вентиляції й охолодження.

Для досягнення поставленої мети було передбачено вирішення таких завдань:

- визначити рівень температурно-вологісного навантаження на дійних корів у кліматичних умовах Черкаської області та обґрунтувати необхідність застосування адаптивних систем вентиляції та охолодження корів;
- встановити закономірності впливу температурних режимів середовища утримання на поведінкові та фізіологічні реакції дійних корів, визначення їх температурно-добової варіабельності та обґрунтування найбільш чутливих поведінково-фізіологічних індикаторів відхилення мікроклімату від термонеутральної зони (-5...+25 °С);
- проаналізувати вплив температурного режиму в різні температурні періоди року на молочну продуктивність корів та показники якості та безпечності молока;
- з'ясувати взаємозв'язок між ректальною температурою, температурними параметрами навколишнього середовища, мікрокліматом корівника та результативністю осіменіння;
- встановити оптимальні параметри мікроклімату для новозбудованого корівника № 2, які забезпечують формування поведінкових актів і фізіологічних показників дійних корів у період адаптації до безприв'язного боксового утримання для забезпечення їх зоогігієнічного благополуччя та продуктивності;
- дослідити вплив адаптивної оптимізації мікроклімату корівника № 2 на рівень заплідненості дійних корів у низько, термонеутральний і високотемпературний періоди року на основі порівняльної оцінки

показників відтворної здатності за різних систем вентиляції та охолодження;

- визначити ветеринарно-гігієнічну ефективність адаптивного утримання дійних корів у корівнику №2 шляхом порівняльної оцінки показників відтворення стада за традиційних і гігієнічно оптимізованих параметрів мікроклімату.

*Об'єкт дослідження:* добробут і комфорт тварин, продуктивність дійних корів та показники якості і безпечності молока, амінокислотний склад м'яса.

*Предмет дослідження:* вплив сезонних температур (низькотемпературний, високотемпературний та термонеутральний період) та їх коливань, вологості та руху повітря на мікроклімат тваринницьких приміщень, репродуктивну здатність та продуктивність тварин в Черкаській області. Теоретичні і практичні аспекти підвищення відтворювальної здатності, продуктивності тварин та показників якості і безпечності молока через нівелювання факторів впливу зміни клімату.

**Методи досліджень:** поставлені у роботі завдання вирішували експериментально, використовуючи загальноприйняті методи: зоотехнічні (формування піддослідних груп, оцінка живої маси тварин, визначення молочної продуктивності та показників відтворної здатності корів: індексу осіменіння, сервіс-періоду, міжотельного інтервалу, тривалості тільності, виходу телят, рівня отелень, рівня виявлення охоти, заплідненості та індексу тільності), метеорологічні (визначення температури навколишнього середовища, відносної вологості атмосферного повітря та кількості атмосферних опадів), ретроспективні (дані зоотехнічного обліку), зоогігієнічні (температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, концентрація в повітрі аміаку, сірководню та вуглекислого газу, мікробіологічне обсіменіння, індекс гігієнічної оцінки забруднення боків, вимені та кінцівок у корів), клінічні (вимірювання температури тіла, частоти пульсу та дихальних рухів), етологічні (оцінка поведінкових реакцій корів, активності тварин, тривалості відпочинку, споживання корму та реакції на зміну умов утримання), ветеринарно-акушерські

(штучне осіменіння корів, діагностика тільності, контроль перебігу тільності та отелення), органолептичні (запах, колір, консистенція молока), фізико-хімічні (масова частка білку, жиру в молоці, вміст соматичних клітин), бактеріологічні (загальна бактеріальна обсіменінність молока), біохімічні (визначення амінокислотного складу м'яса), аналітичні (формування фахових джерел літератури, узагальнення та інтерпретація результатів досліджень), статистичні (статистична обробка результатів досліджень), економічні (розрахунок виробничих втрат молока екстра гатунку та економічної ефективності).

**Наукова новизна одержаних результатів.** Уперше на підставі ветеринарно-гігієнічної оцінки кліматичних умов Черкаської області встановлено зростання температурного навантаження на дійних корів, що проявляється збільшенням тривалості періоду з температурою повітря понад +25 °С до 152 діб на рік (травень-вересень), підвищенням температури повітря у денні години (11:00-14:00) до 32-36 °С та досягненням температурно-вологісного індексу 72-78 од., що відповідає зоні теплового стресу, і науково обґрунтовано необхідність адаптивної оптимізації мікроклімату корівників у центральній частині України.

Удосконалено методичний підхід до оцінки теплового стану організму дійних корів шляхом розроблення авторської методики безконтактної термометрії поверхні тіла, яка передбачає визначення інтегрального показника температури тіла як середнього арифметичного значення температури окремих анатомічних ділянок (носове дзеркало, лобова частина голови, вушна раковина, темні та світлі ділянки тулуба, вим'я та дійки вимені) з трикратним вимірюванням упродовж доби (о 8-й, 14-й та 20-й годині). Запропонована методика дозволяє визначати добову динаміку температурних реакцій організму корів та використовувати отримані показники як об'єктивний індикатор теплового навантаження і адаптаційних реакцій тварин за різних мікрокліматичних умов утримання в умовах кліматичних змін.

У дисертаційній роботі вперше для умов прив'язного утримання дійних корів у кліматичних умовах Центральної України встановлено закономірності

температурно-добової перебудови поведінкових і фізіологічних реакцій організму залежно від відхилення параметрів мікроклімату від термонеutralної зони (-5...+25 °C).

Вперше в умовах виробництва встановлено кількісні закономірності впливу температурних періодів утримання на показники якості та безпечності молока дійних корів, зокрема доведено, що підвищення температури повітря понад +25 °C супроводжується достовірним зниженням вмісту білка та зростанням загального бактеріального обсіменіння молока за відсутності достовірних змін масової частки жиру.

Доведено, що застосування тунельної вентиляції у корівнику за безприв'язного утримання у високотемпературний період (< +25 °C) забезпечує формування фізіологічно повноцінної позиційної та кормової поведінки дійних корів у період адаптації, зменшує прояви теплового стресу та сприяє підвищенню зоогігієнічного благополуччя тварин, що обґрунтовує доцільність використання даного інженерно-технологічного рішення при модернізації молочних ферм.

Уперше в умовах молочної ферми Черкаської області проведено комплексну ветеринарно-гігієнічну оцінку відтворної здатності дійних корів за адаптивного утримання у корівнику з ущільненими огорожувальними конструкціями, тунельною вентиляцією та системою туманного охолодження з урахуванням параметрів клімату, мікроклімату та теплового навантаження на організм тварин.

**Практичне значення отриманих результатів.** Встановлено, що удосконалена методика безконтактної термометрії дійних корів, яка ґрунтується на визначенні інтегрального показника температури поверхні тіла як середнього арифметичного значення температури окремих анатомічних ділянок тулуба з трикратним вимірюванням упродовж доби (у ранковий, денний та вечірній періоди з інтервалом 6 годин), забезпечує можливість оперативного ветеринарно-гігієнічного контролю теплового стану організму тварин без порушення їх фізіологічного стану.

Уперше кількісно обґрунтовано, що найбільш чутливими індикаторами відхилення мікроклімату від термонеutralної зони є частота дихання, тривалість лежання, поїдання корму та напування, зміни яких досягають відповідно 1,6; 1,8; 1,3 та 2,4 рази, що може бути використано як поведінково-фізіологічні маркери мікрокліматичного стресу в системах моніторингу добробуту корів.

Отримані результати науково обґрунтовують необхідність урахування температурно-добових особливостей поведінки дійних корів при оптимізації параметрів мікроклімату корівників і режимів годівлі, що розширює наукові положення щодо забезпечення термокомфорту та добробуту високопродуктивних тварин.

Встановлено, що в умовах високотемпературного періоду ( $> +25^{\circ}\text{C}$ ) від дослідного стада 150 дійних корів за 152 дні (травень, червень, липень, серпень та вересень) недоотримується близько 21,4 тис. л молока екстра ґатунку внаслідок зниження продуктивності до  $25,96 \pm 0,3$  кг/гол та переходу молока до нижчої категорії якості через підвищення загального бактеріального обсіменіння до 406,8 тис./мл. Це відповідає втраті (на прикладі лише дослідного поголів'я) близько 343 тис. грн доходу за один теплий сезон за середньої закупівельної ціни 16 грн/л. Отримані результати обґрунтовують доцільність впровадження технологічних заходів з охолодження та оптимізації мікроклімату корівників у високотемпературний період ( $> +25^{\circ}\text{C}$ ) з метою збереження виробництва молока екстра ґатунку.

Науково обґрунтована ефективність впровадження тунельної вентиляції (ущільнення огорожувальних конструкцій з трьох сторін у поєднанні з вентиляторами та системою охолодження/зволоження повітря) у високотемпературний період в корівнику за безприв'язного утримання, оскільки саме цей варіант забезпечує формування фізіологічно оптимальної структури поведінкових актів дійних корів у період адаптації (лежання 710–720 хв/добу, поїдання корму 240 хв, рухова активність 95-105 хв, частота дихання 30-32 рух/хв), мінімізує прояви теплового стресу та створює стабільні умови для

збереження продуктивності й зоогігієнічного благополуччя тварин.

Розроблено та виробничо апробовано ветеринарно-гігієнічні підходи до адаптивної оптимізації мікроклімату корівників (ущільнення огорожувальних конструкцій, тунельна вентиляція, туманне охолодження), впровадження яких забезпечує профілактику теплового стресу та пов'язаних із ним репродуктивних порушень у дійних корів і може бути використане при проектуванні, реконструкції та експлуатації приміщень молочних ферм з метою підвищення відтворної ефективності стада.

Результати експериментальних досліджень впроваджено в навчальний процес на кафедрі інфекційної патології, біобезпеки та ветеринарно-санітарного інспектування імені професора В. Я. Атамася факультету ветеринарної медицини Одеського державного аграрного університету (додаток 8), а також у виробничу діяльність фермерського господарства СТОВ «Перемога» (додаток 9).

**Особистий внесок здобувача.** Здобувач організував виконання експериментів, визначив кліматичні зміни у Черкаській області, встановив вплив клімату та параметрів мікроклімату корівників на продуктивність, репродуктивну функцію і благополуччя тварин, розробив адаптивну систему вентиляції й охолодження для тваринницьких приміщень, зробив статистичну обробку отриманих даних. Аналіз та узагальнення результатів досліджень, формулювання висновків і пропозицій виробництву, а також підготовка матеріалів до публікації у наукових виданнях зроблені спільно з науковим керівником.

**Апробація результатів дослідження дисертації.** Результати досліджень дисертаційної роботи були представлені на Всеукраїнській науково-практичній конференції науковців, викладачів та аспірантів “Актуальні питання ветеринарної медицини: реалії та перспективи», 23 травня 2023 р., ДБТУ, Харків; II онлайн-конференції аспірантів і молодих вчених у сфері єдиного здоров'я та біотехнології: VetBioConnect / VetBioConnect: Young Scientists Conference in One Health and Biotechnology, 3-4 червня 2025, ННЦ «ІЕКВМ», Харків; V Міжнародній науково-практичній конференції «Кліматичні зміни та сільське

господарство. Виклики для аграрної науки та освіти», 15 листопада 2022 р., Науково-методичний центр ВФПО, Київ; Міжнародній науково-практичній конференції «Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення», 10-11 жовтня 2024 року, ІКОСГ НААН, Одеса; III Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців, 09-10 листопада 2023 р., ОДАУ, Одеса; IV Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців, 24-25 жовтня 2024 р. ОДАУ, Одеса.; V Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців, 3-4 жовтня 2025 р., ОДАУ, Одеса.

**Публікації.** За темою дисертаційної роботи опубліковано 3 статті у наукових фахових виданнях України категорії А, що індексуються наукометричною базою SCOPUS, 1 стаття у наукових фахових виданнях України категорії Б, 5 тез доповідей та 1 свідоцтво авторського права на твір.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається з анотацій, вступу, огляду літератури, матеріалів і методів дослідження, результатів досліджень, аналізу та обговорення результатів досліджень, висновків і пропозицій виробництву, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації викладено на 154 сторінках, робота ілюстрована 21 таблицею і 11 рисунками. Список використаної літератури нараховує 207 джерел, з них 167 - латиницею.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### **1.1. Тепловий стрес як ключовий фактор впливу на благополуччя тварин та зниження продуктивності**

Впродовж останніх десятиліть у Світі спостерігається тенденція глобального потепління. За даними Всесвітньої метеорологічної організації (WMO) світові темпи зростання температури становлять, в середньому,  $+1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , останні десять років, були найтепліші за всю історію спостережень. Зокрема на теренах України, за останні 30 років темпи зростання температури склали  $+1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Різні моделі зміни клімату прогнозують подальше підвищення температури на  $1,1\text{-}6,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  до кінця цього століття [8, 121, 130].

Клімат є одним з найважливіших природних ресурсів, від якого залежать умови життєдіяльності та господарювання людини. Адаптація до змін клімату є однією з найбільш актуальних проблем сучасного світу. Адже за оцінками експертів, до 70 % втрат у сільському господарстві пов'язано саме з несприятливими кліматичними умовами. Крім того, світова наукова спільнота у своїх прогнозах передбачає збереження і, навіть, зростання такої залежності [24, 120].

Сучасна глобальна тенденція підвищення середніх і пікових температур робить проблему все більш нагальною [31, 38, 167].

Організм худоби постійно взаємодіє з навколишнім середовищем і перебуває під впливом таких метеорологічних факторів, як температура, вологість, швидкість руху повітря тощо [11, 21, 61, 102].

Щодо температурних умов утримання великої рогатої худоби, то відповідно до більшості останніх наукових досліджень термонеутральна для великої рогатої худоби зона знаходиться в межах  $+5\text{...}+20\text{-}25\text{ }^{\circ}\text{C}$  [178]. В Україні термонеутральні показники для лактуючих корів встановлено в межах  $+4\text{...}+16\text{ }^{\circ}\text{C}$  [34]. Натомість у країнах Європи цей показник коливається в межах  $+7\text{...}+18\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Чехія -  $+10\text{...}+15$ , Угорщина -  $+14\text{...}+16$ , Австрія -  $+7\text{...}+18$ , Франція

- +13...+16, Данія - +12...+15 °С), а у Сполучених Штатах Америки ідеальним середовищем вважають показники від +5°С до +22-25 °С [102, 203].

Добробут худоби є ключовим елементом здоров'я і продуктивності стада, а кліматичні зміни які призводять до порушення термонеутральних умов є одним з вирішальних факторів, що негативно впливає на молочне скотарство [9, 11, 39, 102, 130, 172].

Особливо значущою проблемою комфорту худоби є значне підвищення температури оточуючого середовища у літню пору року. Саме впродовж літніх місяців спекотна погода призведе до виникнення у тварин теплового стресу [7, 101, 105].

Тепловий стрес - явище, яке виникає внаслідок того, що через високі значення температури навколишнього середовища, організм тварини не спроможній ефективно розсіювати метаболічне тепло, в результаті чого відбувається зростання внутрішньої температури тіла [23, 33, 121].

Він негативно впливає на функціонування організму тварин. Реакція сільськогосподарських тварин на температурний стрес достатньо різноманітна. Роки досліджень багатьох вчених доводять безпосередній вплив високих температур на здоров'я і показники продуктивності корів [12, 43, 130, 137].

Встановлено, що перегрівання худоби призведе до змін фізіологічних процесів та поведінки тварин, гальмування антиоксидантної системи, в результаті чого погіршується загальний стан здоров'я корів, знижується відтворна здатність, погіршується метаболічний стан і резистентність тварин, зростає ризик виникнення ацидозу рубця, маститів, ендометритів тощо [23, 35, 43, 121, 123, 175, 204].

Фахівцями доведено також зміни харчової поведінки тварин. У жуйних існує тісний зв'язок між годуванням і теплопродукцією. Встановлено, що метаболічне тепло яке виробляється під час мікробної ферментації кормів у рубці, становить від 3 до 8% загальної теплопродукції великої рогатої худоби. Під час зростання теплового навантаження навколишнього середовища, вмикаються адаптаційні механізми і організм тварин намагається знизити

метаболічне виробництво тепла. Саме тому, за спекотної погоди худоба компенсує температурний вплив, починаючи споживати корм у більш прохолодні години доби, або зменшуючи вживані порції. За даними досліджень, добровільне споживання корму коровами починає зменшуватися за температури навколишнього середовища  $+25\dots+27\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а за підвищення температури до  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  корови споживають на 1,5 кг корму менше. Однак, більшою мірою, показники температури за яких відмічається зниження кормової активності, залежать від типу та складу раціону. Так, доведено, що чим вища у раціоні частка грубих кормів, тим швидке знижуються порції споживаного корму [1, 13, 14, 16, 30, 156, 157].

Зміни харчової поведінки тварин призводять до порушення енергетичного балансу і, як наслідок, зниження продуктивності худоби. Загально відомо, що під час спекотних днів знижуються надої [15, 30, 35, 66, 121, 183].

Встановлено, що за підвищення температури навколишнього середовища вище  $+21\text{ }^{\circ}\text{C}$  надої поступово, а вище  $+29\text{ }^{\circ}\text{C}$  різко знижуються. Найбільш уразливими до теплового стресу є високопродуктивні молочні корови. У таких тварин тепловий стрес може наставати вже за температури повітря  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Зниження надоїв відбувається прямо пропорційно зростанню температури [19, 21, 26, 32, 51, 99].

Але дані щодо точної залежності температура повітря-надій, різняться. Ряд дослідників [34] повідомляють, що під час зростання температури повітря до  $+28\text{ }^{\circ}\text{C}$  надій зменшується на 2,16 %, до  $+32\text{ }^{\circ}\text{C}$  - на 10,7 %, до  $+34\text{ }^{\circ}\text{C}$  - на 20,14 %,  $+36\text{ }^{\circ}\text{C}$  - на 22,3 %,  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  - на 29,5 % відповідно. Інші науковці відзначають, що підвищення температури навколишнього середовища до  $+29\text{ }^{\circ}\text{C}$  знижує надої молока на 23 % [121].

Кушнеренко В.Г. і Жмуровський, І.О. (2019) довели залежність інтенсивності впливу підвищених температур на надої ще й від породи худоби. Так підвищення температури оточуючого середовища до  $37,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  спричинює зниження надоїв у корів голштинської породи на 20...30 %, а у джерсейської – лише на 8 % [21]. Кощавка М.М. зі співавторами (2018) відзначають залежність

зниження показників надоїв від періоду лактації. Вони встановили, що в період ранньої лактації спостерігається помірне зниження надоїв (до 14 %), а в середині лактації відбувається більш значне зниження молочної продуктивності (до 35 %) [17].

Достемено відомо, що високі температури навколишнього середовища негативно впливають не лише на обсяги молока, але і на його склад [60, 112, 158, 186].

Фахівці встановили, що зміни складу молока відбуваються одразу після підвищення температури повітря і, навіть, передують зниженню надоїв. Через тепловий стрес в молоці корів знижується вміст молочного жиру, білку, сухого знежиреного залишку, загального азоту і лактози, а вміст небілкового азоту, пальмітинової та стеаринової кислот, навпаки зростає. Також зафіксовано значне підвищення в молоці вмісту соматичних клітин [15, 46, 112, 144, 172, 178].

Таким чином, спекотна погода і тепловий стрес чинять значний негативний вплив на добробут і здоров'я дійних корів, кількість і якість молока та спричиняє значні економічні збитки [18, 66, 115, 190].

(Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 118945 «Харчові стратегії управління тепловим стресом у високопродуктивних корів» / Хіміч М.С., Родіонова К.О., **Вирвікишка С.М.** // Дата реєстрації 10.05.2023 р.)

### **1.1.1. Вплив кліматичних чинників на молочну продуктивність і якість молока**

Тепловий стрес у дійних корів слід розглядати як системний фізіологічний стан, що охоплює порушення терморегуляції, ендокринного балансу, енергетичного обміну та функціональної активності органів-мішеней. У попередньому підрозділі показано, що репродуктивна система є однією з найбільш чутливих до перегрівання, що проявляється зниженням фертильності, погіршенням якості гамет і підвищенням ембріональних втрат. Водночас молочна продуктивність і компонентний склад молока також безпосередньо

залежать від термічного статусу організму та параметрів мікроклімату, оскільки синтез молока супроводжується значним утворенням метаболічного тепла, а адаптаційні реакції на перегрівання (зниження споживання корму, перебудова енергетичного обміну, гормональні зрушення) одночасно впливають на секрецію молока [4, 156, 197].

Сучасне молочне скотарство функціонує в умовах зростаючої кліматичної мінливості, тому поглиблене розуміння реакцій тварин на погодні чинники є необхідною передумовою адаптації виробництва. Кліматичні фактори впливають на корів як безпосередньо - через теплове навантаження на організм, так і опосередковано - через зміну поживності кормів, доступності пасовищ, поширення паразитів і патогенних агентів [5, 149, 185, 191]. Така багатокомпонентність дії зумовлює необхідність системного менеджменту ризиків і впровадження технологічних рішень, спрямованих на мінімізацію виробничих втрат.

Найтипівішим наслідком підвищених температур довкілля для молочної худоби є тепловий стрес, який супроводжується зниженням надоїв, погіршенням відтворних показників, підвищенням захворюваності та ризику загибелі тварин [6, 156, 197]. Він виникає тоді, коли параметри середовища виходять за межі зони теплового комфорту, а механізми тепловіддачі вже не забезпечують підтримання теплового балансу організму. Інтенсивність теплового навантаження визначається не лише температурою, а й вологістю повітря, яка обмежує ефективність випаровувальної тепловіддачі. Для інтегральної оцінки сумарної дії цих факторів використовують індекс температури і вологості (ТНІ). Доведено, що зниження молочної продуктивності корів починається за значень ТНІ понад 68-72 [5, 164, 197].

Чутливість корів до перегрівання визначається також генетичними особливостями та рівнем їх продуктивності. Встановлено негативну кореляцію між термостійкістю та молочною продуктивністю, що пояснює підвищену сприйнятливість високопродуктивного поголів'я до теплового стресу [53]. Підтримання температури тіла здійснюється нейрогуморальними механізмами

негативного зворотного зв'язку, за участю термочутливих нейронів преоптичної ділянки переднього гіпоталамуса, які виконують функцію центрального «термостата» організму.

Реакція організму корів на тепловий вплив залежить від його тривалості. Короткочасні температурні піки спричиняють швидкі адаптаційні поведінкові та фізіологічні реакції, тоді як тривала дія високих температур призводить до стійкого зниження продуктивності [6, 156]. У межах компенсаторної відповіді корови підвищують частоту дихання, зменшують споживання корму, збільшують водоспоживання та змінюють метаболічні процеси [162]. Поведінкові реакції включають пошук затінених ділянок, уникання прямої сонячної радіації, зниження рухової активності та прояви теплового дискомфорту, що також підтверджено дослідженнями поведінки корів у стані теплового стресу [4].

Зниження надоїв у період теплового стресу значною мірою зумовлене зменшенням споживання корму, що обмежує надходження енергії та поживних речовин для синтезу молока [162]. Високопродуктивні корови особливо чутливі до перегрівання, оскільки синтез молока супроводжується значним утворенням метаболічного тепла [4]. Метаболічна перебудова за теплового стресу характеризується зменшенням окислення жирних кислот, переважанням використання глюкози та зміною гормонального профілю, що призводить до зниження енергетичної ефективності лактації [53].

Тепловий стрес також впливає на секреторну функцію молочної залози та компонентний склад молока. Більшість досліджень свідчить про зниження масової частки жиру і білка в молоці за підвищення ТНІ [5, 59, 90]. Зміни ліпідного складу молока пов'язані з порушенням метаболізму жирних кислот і функціонуванням молочної залози, що підтверджено молекулярними дослідженнями впливу теплового стресу на ліпідний профіль молока [127]. У виробничих умовах це проявляється сезонним зниженням жирності та білковості молока в літній період.

Крім температури і вологості, термічний стан корів модифікується іншими метеорологічними факторами – інтенсивністю сонячної радіації, швидкістю руху повітря, кількістю опадів [5, 149]. Помірний рух повітря сприяє підвищенню тепловіддачі та зниженню теплового навантаження, тоді як надмірна інсоляція або висока вологість можуть посилювати перегрівання. Кліматичні стресори можуть діяти як безпосередньо під час впливу, так і відтерміновано, що пов'язано з інерційністю травних і метаболічних процесів.

Для прогнозування молочної продуктивності найбільш інформативними є моделі, що враховують температуру, вологість та інші кліматичні параметри [164]. Узагальнення метеорологічних показників за певний період дозволяє точніше прогнозувати зміни надоїв і складу молока, ніж короткострокові дані [96]. Це підтверджує провідну роль кліматичних умов у формуванні продуктивності стада.

Згідно з кліматичними прогнозами, у XXI столітті очікується подальше підвищення температур і частішання теплового стресу у тварин, що може зумовити зниження молочної продуктивності та якості молока. Водночас ці ризики можуть бути частково компенсовані адаптаційними заходами – оптимізацією годівлі, удосконаленням мікроклімату приміщень, селекцією на термостійкість і впровадженням технологій менеджменту теплового стресу [6, 149, 191].

Таким чином, тепловий стрес є ключовим кліматичним фактором, що визначає рівень молочної продуктивності та якість молока дійних корів, а оптимізація умов утримання у високотемпературний період - основним напрямом підвищення ефективності молочного скотарства в умовах зміни клімату.

### **1.1.2. Тепловий стрес як ключовий чинник зниження фертильності**

Тепловий стрес у дійних корів розглядають як один із найпотужніших середовищних факторів, що погіршує відтворну здатність і знижує ефективність

осіменіння. Узагальнення багаторічних досліджень показують, що за підвищення температурно-вологісного індексу (ТНІ) зменшуються показники запліднення та настання тільності, подовжуються інтервали між отеленнями, зростають репродуктивні втрати та частота вибраковування тварин [52, 73, 179]. За даними багатокраїнних популяційних досліджень, зниження рівня тільності влітку становить у середньому 20-30 % порівняно з термонеутральним періодом, що підтверджує високу чутливість репродуктивної функції до теплового навантаження незалежно від системи утримання та генотипу стада [57, 75].

У сучасних оглядах зазначено, що перехід від термонеутральних умов до зон теплового стресу (ТНІ > 68-72) супроводжується істотним погіршенням показників фертильності, зокрема зменшенням заплідненості після штучного осіменіння та підвищенням частоти ранньої ембріональної загибелі [73, 87, 129, 201]. Ефект є стабільним у різних кліматичних зонах (Північна Америка, Європа, Ізраїль, Бразилія, Індія, Китай), що підтверджує універсальність теплового чинника як лімітуючого для відтворення великої рогатої худоби [71, 156]. Порогові значення теплового навантаження, за якими спостерігається різке зниження фертильності, встановлені в генетичних та епідеміологічних дослідженнях; зокрема показано, що за ТНІ понад 72-75 ймовірність тільності після осіменіння знижується на 3-5 % на кожен додаткову одиницю ТНІ [57, 78].

Негативний вплив високих температур реалізується через комплекс взаємопов'язаних фізіологічних і ендокринних механізмів. Під дією теплового стресу порушується секреція гонадотропін-релізінг-гормону гіпоталамусом і відповідно знижується пульсація лютеїнізуючого та фолікулостимулюючого гормонів гіпофіза, що призводить до пригнічення росту домінантного фолікула та зниження концентрації естрадіолу [166, 201]. Унаслідок цього прояви еструсу стають слабшими та коротшими, що зменшує «видимість» охоти й ускладнює своєчасне осіменіння [97]. Дослідження в умовах Ізраїлю та США показали, що тривалість поведінкового еструсу влітку може скорочуватися на 30-50 %, а інтенсивність проявів знижується майже удвічі порівняно з зимою [128].

Критичною мішенню теплового стресу є також якість гамет і ранніх ембріонів. Підвищена температура тіла корів у період дозрівання ооцитів призводить до порушень мейотичного поділу, зміни структури цитоскелета та мітохондріальної дисфункції, що знижує потенціал запліднення та подальшого ембріонального розвитку [166, 188]. Експериментальні дослідження *in vitro* та *in vivo* показали, що ооцити, отримані від корів у стані теплового стресу, мають меншу частоту дозрівання та формування бластоцист, а ембріони характеризуються підвищеною чутливістю до апоптозу та оксидативного стресу [170, 188]. Встановлено, що теплове навантаження в період за 40-60 днів до овуляції вже здатне погіршувати якість ооцитів, що пояснює тривалий «післядійний» ефект літнього теплового стресу на фертильність восени [166, 201].

Ще одним ключовим механізмом є порушення функції жовтого тіла та прогестеронової підтримки ранньої тільності. Під впливом високої температури зменшується васкуляризація жовтого тіла та синтез прогестерону, що підвищує ризик ранньої ембріональної загибелі [97]. Польові дослідження в США та Італії показали, що частота втрати ембріонів до 42-го дня тільності влітку зростає на 10-15 % порівняно з прохолодним періодом [73]. Таким чином, тепловий стрес впливає не лише на запліднення, а й на збереження вагітності.

На рівні популяційних і генетичних досліджень також підтверджено наявність спадкових відмінностей у термотолерантності та репродуктивній реакції на тепло. Зокрема показано, що корови з вищою молочною продуктивністю мають нижчу термостійкість і більш виражене зниження фертильності в умовах теплового стресу [57]. Геномні аналізи в популяціях голштинської породи виявили асоціації між маркерами теплової толерантності та показниками заплідненості, що відкриває перспективи селекції на стійкість до теплового навантаження [78]. Проте навіть генетично стійкі тварини за екстремальних температур демонструють зниження відтворних показників, що підкреслює провідну роль технологічних заходів мікрокліматичного контролю [75, 156].

Важливою особливістю є сезонна кумуляція негативних ефектів теплового стресу. У більшості регіонів світу пік зниження фертильності припадає на літні місяці, коли одночасно спостерігаються: пригнічення еструсу, зниження якості гамет, підвищена ембріональна смертність і зменшення ефективності осіменіння [73, 128, 201]. Це призводить до подовження сервіс-періоду та інтервалу між отеленнями, що знижує довічну продуктивність корів і економічну ефективність молочного виробництва. За оцінками економічних моделей, втрати від теплового стресу в репродукції можуть становити до 90-150 дол. США на корову за сезон у помірному кліматі та значно більше в тропічних умовах [117, 156].

Отже, узагальнення результатів численних досліджень різних країн світу свідчить, що тепловий стрес є універсальним і провідним лімітуючим фактором фертильності дійних корів. Його негативна дія реалізується через комплекс ендокринних, клітинних і ембріональних механізмів, що проявляються зниженням заплідненості, погіршенням якості гамет, зростанням ембріональних втрат і подовженням відтворних інтервалів. Встановлення порогових значень теплового навантаження та біологічних механізмів його дії створює наукове підґрунтя для розроблення технологічних рішень зниження теплового стресу саме у високотемпературний період, що є ключовим напрямом підвищення репродуктивної ефективності сучасного молочного скотарства.

### **1.3. Стратегії управління тепловим стресом у високопродуктивних корів**

Проблема необхідності пом'якшення теплового стресу у продуктивних тварин отримала величезну увагу протягом багатьох років через зростання занепокоєння щодо глобального потепління та питань, пов'язаних з добробутом тварин. Протягом останніх десятиліть багато дослідників вивчають та впроваджують різноманітні методи зменшення теплового стресу у молочному скотарстві [2, 72, 94, 119, 151].

На сучасному етапі фахівці виділяють три основні стратегії управління

температурним стресом у ВРХ:

- створення теплостійких порід худоби;
- застосування засобів спрямованих на покращення умов годівлі та повноцінності раціонів корів;
- застосування засобів спрямованих на покращення умов утримання худоби, шляхом регулювання мікроклімату (вентиляція приміщень, дощування, забезпечення тіні, регулярне видалення гною тощо).

З метою створення теплостійких порід худоби, дослідники пропонують використовувати гібридизацію із буйволами або зебу, схрещування порід із різним ступенем теплостійкості, відбір найбільш теплостійких тварин у породі, селекцію за мастю і навіть, методи генної інженерії задля переносу генів, що відповідають за теплостійкість [2, 36, 140, 147, 193].

Знизити вплив температурного стресу на худобу можливо і шляхом правильної організації годівлі тварин в спекотний період. Для високопродуктивних корів дуже важливим є не лише збалансованість раціону, але і його синхронізація [25, 27, 171].

Задля регулювання мікроклімату фахівці рекомендують забезпечувати у місцях утримання худоби (корівниках, на вигулах) додаткове охолодження. Для цього, під час випасання корів запропоновано забезпечувати їх затіненими місцями, а у приміщеннях забезпечувати рух повітря шляхом відкривання вікон і дверей, або використовувати механічні системи - вентиляцію і системи розприскувачів води [66, 133, 134, 176].

*Харчові стратегії.* Основними цілями управління харчуванням молочних корів, під час теплового стресу, є зменшення приросту тепла за рахунок процесів травлення. Для зниження метаболічних теплових навантажень фахівці пропонують змінювати час годування (не годувати корів у найспекотніші години) і знижувати у раціонах частку грубих кормів [25, 89, 146].

З цією ж метою в годівлі високопродуктивних корів вважається доцільним використовувати високоенергетичні раціони зі зниженим вмістом протеїну та клітковини і збільшеним вмістом жиру [91, 174].

З метою нормалізації рН рубця і процесів травлення, закордонні та вітчизняні науковці досліджують доцільність використання в раціонах різноманітних енергетичних, мінеральних, вітамінних і антистресових кормових добавок спрямованих на пом'якшення згубних наслідків теплового стресу у молочних корів [37, 40, 46, 82, 149].

Найбільш традиційним підходом є доповнення дієти додатковими жирами. Це дозволяє одночасно зменшити і енергетичний дефіцит і термогенез, адже жир генерує менше тепла, ніж дієтичні вуглеводи або білки. Зокрема, доведено, що використання добавки з 3% незахищеного жиру сприяє зниженню ректальної температури і частоти дихання, та підвищенню надоїв. Але водночас зафіксовано зниження у молоці масової частки жиру, що негативно відбивається на його якості. Дослідники, пов'язують цей ефект зі зменшенням співвідношення ацетату до пропіонату в рубці, що перешкоджає процесам бродіння, а отже, і синтезу молочного жиру. В зв'язку з цим вчені дійшли висновку, що краще використовувати захищені жири - насичені жирні кислоти, гідрогенізований риб'ячий жир, кальцієві солі жирних кислот або олії насіння. Також важливим фактором доцільності використання саме захищених жирів є підвищення у молоці масової частки білку [169].

Сутність іншої методики, полягає у збільшенні надходження енергії шляхом заміни частини грубих кормів на більш легкозасвоювані негрубого походження. Високоякісні харчові волокна мають тенденцію покращувати засвоюваність і смакові якості корму та ще більше збільшувати споживання корму. Науковці вивчали у своїх дослідженнях вплив на тварин таких кормових інгредієнтів з високим вмістом легкоперетравних речовин як соєве лушпиння, чіпси маніоки, буряковий жом, подрібнене зерно, яке повільно зброджується. У результатах всіх дослідів встановлено позитивну фізіологічну реакцію корів які знаходяться під впливом теплового стресів - відмічено зниження ректальної температури, підвищення надоїв, збільшення масової частки молочного білка, жиру та лактози [139].

Не менш ефективною харчовою стратегією виявилось доведення до

раціону корів дієтичних мікробних добавок.

Бразильські вчені доводять, що додавання дійним коровам культури дріжджів може підвищити засвоюваність раціону, концентрацію ніацину в плазмі, розсіювання тепла та ефективність лактації. За їх даними використання у раціоні мертвої культури *Saccharomyces cerevisiae* сприяло підвищенню ефективності годівлі (зменшилось споживання сухої речовини і перетравної органічної речовини), посилювало швидкість потовиділення, частоту дихання та температуру шкіри [76].

Ряд дослідників вивчали вплив згодовування коровам під час теплового стресу кормової добавки OmniGen-AF, в складі якої містяться сухі пивні дріжджі (*Saccharomyces cerevisiae*), бентоніт і кізельгур. Встановлено, що годування лактуючим коровам призведе до зниження у крові рівня кортизолу, частоти дихання, ректальної і вагінальної температури. Також встановлено, що використання зазначеної добавки у годівлі сухостійних корів сприяє зменшенню негативного впливу температурного стресу і позитивно впливає на продуктивність тварин під час наступної лактації [68, 86, 122].

Науковцями доведено, що використання культури *Saccharomyces cerevisiae* окремо або у суміші з іншими компонентами, за рахунок покращення статусу харчування і імунних параметрів молочних залоз, позитивно впливає на їх молчну продуктивність: збільшується об'єм і якість виділеного молока – масова частка білку, жиру і лактози вищі, а кількість соматичних клітин нижча ніж у корів, які піддаються не корегованому тепловому стресу [169].

Живі дріжджі також виявились корисними для дійних корів у спекотну пору року. Встановлено, що за їх використання у тварин збільшується добове споживання сухої речовини, зростають надої молока, масова частка лактози і жиру. Окрім дріжджів, науковці вивчали і дію бактеріальних інокулянтів, зокрема комбінацію *Lactobacillus acidophilus* і *Propionibacterium freudenreichii*. У тварин яким застосовували таку комбінацію встановлено покращення засвоюваності кормів, підвищення надоїв і вмісту масової частки білка.

Добре зарекомендувала себе і така стратегія боротьби з тепловим стресом

у тварин, як використання різноманітних антистресових добавок. Найбільш відома і вивчена з них  $\gamma$ -аміномасляна кислота. Доведено, що  $\gamma$ -аміномасляна кислота є гальмівним нейромедіатором, який регулює температуру тіла і пригнічує теплопродукцію. Експериментально встановлено, що додавання у раціон корів  $\gamma$ -аміномасляної кислоти зменшує теплопродукцію, знижує ректальну температуру, покращує споживання корму, збільшує секрецію молока і його якість (збільшується масова частка жиру, білку і лактози) [109, 181].

Важливу роль у підтримці нормальних фізіологічних функцій тварин відіграють вітаміни і мінеральні речовини.

З огляду на участь вітамінів у різноманітних метаболічних процесах в організмі, ряд науковців дійшли думки, що додавання вітамінних добавок до раціону молочних корів може сприяти полегшенню негативних наслідків теплового стресу [159, 161].

Експериментально доведено, що додавання ретинолу, аскорбінової кислоти та токоферолу, підвищує імунний статус організму і покращує репродуктивну продуктивність молочних корів, які перенесли тепловий стрес [106].

Встановлено, що застосування ніацину також може підвищувати стійкість тварин до теплового стресу. Адже забезпечуючи більшу шкірну вазодилатацію, він сприяє збільшенню швидкості потовиділення та втрати тепла організмом тварини. Але дані щодо впливу застосування ніацину на продуктивність корів, зокрема молочну, досить суперечливі [92].

Відомо, що реакції на тепловий стрес збільшують втрату рідини, а з нею і мінералів. Отже, корекція мінерального балансу в організмі шляхом додавання мінеральних добавки до раціону також може пом'якшити негативні наслідки теплового стресу.

Встановлено, що худоба яка страждає від теплового стресу виявляє підвищену екскрецію натрію, калію і хлору, тому потребують їх додаткового введення у раціон. Так додавання NaCl у концентрації 2,2 % має позитивний вплив на загальний стан здоров'я тварин, підвищення молочної продуктивності та

збільшення у молоці масових часток жиру і протеїну.

Досліди показали, що додавання кормових добавок хрому сприяє збільшенню споживання корму, покращенню репродуктивної та молочної продуктивності у корів [114, 163].

Доведено, що додавання до раціону селену пом'якшує негативний вплив теплового стресу на окисно-відновний баланс і метаболізм, призводить до покращення імунної функції, здоров'я і молочної продуктивності корів. Крім того, покращується якість молока – зростає масова частка жиру і знижується кількість соматичних клітин [106, 205].

Експериментально встановлено, що додавання цинку сприяє покращенню цілісності епітелію молочної залози у корів які потерпають від теплового стресу [196].

Одним з нових напрямів харчової стратегії боротьби з наслідками теплового стресу у високопродуктивних корів є використання дієтичних рослинних екстрактів [42, 93, 182].

За результатами оцінки впливу додавання в раціон екстракту розмарину встановлено незначне зниження температури поверхні тіла та збільшення молочної продуктивності тварин. Також покращило здатність рубця до ферментації та підвищило різноманітність корисних мікроорганізмів рубця [124].

Дослідження ефективності сумішей китайських лікарських трав (*Radix rehmanniae preparata*, *Fructus crataegi*, *Semen raphani*, *Radix et rhizoma rhei*, *Unguis sus domestica*, *Radix astragali*, *Radix Codonopsis*, *Radix angelicae sinensis*, *Rhizoma atractylodis*, *Pericarpium citri reticulatae*, *Radix glycyrrhizae*, *Rhizoma chuanxiong*, *Herba cistanches*, *Radix ophiopogonis*, *Radix paeoniae alba*, *Cacumen platycladi*, *Artemisia capillaris thumb* і *Fructus gardeniae*) виявили покращення імунної функції, збільшення надоїв, масової частки жиру та білка [173, 192].

Включення у раціон корів екстрактів цитрусових призвело до збільшення відсотку тварин які лежали, що свідчить про покращення рівня комфорту. Крім того, відмічено покращення стану молочної залози, про що свідчив нижчий ніж

у контрольної групи вміст у молоці соматичних клітин [125].

Однак, узагальнюючи дані щодо використання різноманітних харчових стратегій, важливо зазначити, що існує значна мінливість успішності використання методів корекції годівлі під час теплового навантаження, і необхідно проводити подальші дослідження, щоб переконатись в доречності харчових добавок як засобу усунення наслідків теплового стресу [121, 149].

*Стратегії управління мікрокліматом приміщень.* Управління утриманням може відігравати життєво важливу роль у тяжкості теплового стресу у молочних корів. Ключовим методом підвищення комфорту корів та мінімізації втрат продуктивності в умовах теплового стресу вважається фізична зміна навколишнього середовища в місцях утримання тварин – мінімізації прямого сонячного випромінювання або зниження температури навколишнього середовища навколо тварини. В місцях випасання задля усунення джерел тепла, забезпечення зниження впливу сонячної радіації та оптимізації руху повітря рекомендується застосування природних систем охолодження: рослинного затінення, вітрозахисних насаджень та мілководних випарних ставів [22, 107, 132]. Що ж до приміщень, то дослідники пропонують різні модифікації, які включають конструкцію та матеріали покрівлі, правильні розміри приміщень, висоту даху та хорошу систему вентиляції в приміщенні, системи розприскувачів води тощо [27, 66, 135, 174, 176].

Для мінімізації негативного впливу спекотної погоди належне проектування укриття набуває першорядного значення. Експериментальні дані свідчать, що архітектурні модифікації приміщень шляхом збільшення висоти даху для покращення розсіювання тепла, встановлення конькової вентиляції для полегшення вертикального виходу повітря, розширення отворів у бічних стінах для стимулювання горизонтального підйому повітря, використання гнучких затінюючих екранів або світловідбивних покрівельних матеріалів для зниження впливу сонячної радіації, сприяють зниженню середньої температури у корівнику і загального індексу теплового випромінювання та зростанню активності циркуляції повітря. Навіть, такі незначні зміни, забезпечують значне

зниження показників теплового стресу у корів [136, 153].

Управління мікрокліматом в тваринницькому приміщенні слід розглядати як складний цілісний механізм, що складається з оптимізації окремих мікрокліматичних параметрів – температури, вологості, швидкості та руху повітря [98, 100].

Основний засіб контролю параметрів мікроклімату приміщення – вентиляція. Її головні завдання: видалення надлишків тепла, вологи, газів і пилу, та забезпечення надходження чистого повітря. Природна вентиляція, забезпечується за рахунок різниці температур та тиску. Вона ефективна в прохолодну пору року, але влітку потребує додаткових заходів (наприклад, відкритих боковин). Натомість механічна вентиляція (тунельна, перехресна) є більш ефективною, адже забезпечує не лише необхідну кратність повітрообміну (40-60 замін на годину влітку), але і прискорений рух повітря (1-2 м/с) [141].

За підвищення температури оточуючого середовища, корови не можуть адекватно розсіювати накопичене тепло в жаркому середовищі, що призводить до гіпертермії. Саме тому, прискорення швидкості руху повітря є одним з методів полегшення теплового стресу та підвищення добробуту і продуктивності корів [160].

Для забезпечення постійного руху повітря влітку, особливо в зонах відпочинку та очікування, встановлюють вентилятори. Ефективність вентиляції для покращення фізіологічного стану тварин в спекотну погоду, залежить від типу вентиляторів. Наприклад, коробчасті вентилятори створюють достатньо низьку швидкість повітря (до 0,5 м/с) і виявляються малоефективними. Натомість жалюзійні циркуляційні температурно-залежні вентилятори, запрограмовані автоматично вмикатись у разі підвищення температури в приміщенні до встановленої позначки і здатні забезпечити швидкість повітря 1,5-2,5 м/с, є високоефективними у боротьбі з тепловим стресом. Експериментальні дослідження доводять ефективність використання таких вентиляторів, для поліпшення добробуту та продуктивності тварин в умовах теплового стресу. Про ефективність спрямованого високошвидкісного повітря

(>1 м/с) на висоті спокою корови, свідчать зниження ректальної і вагінальної температури, частоти дихання, температури шкіри, збільшення часу лежання і зростання надоїв [111, 160].

Науковці зазначають, що ефективність охолодження сильно залежить від температури повітря і вологості. Результати досліджень свідчать, охолодження в нічний час є набагато ефективнішим, ніж вдень. Встановлено, що лише нічне охолодження тварин, забезпечує вищі показники добового надою молока, порівняно з цілодобовим охолодженням [177].

Розпилення води великими краплями на шкіру корів у поєднанні з інтенсивним рухом повітря - це метод, що дозволяє ефективно охолоджувати тварин, які мало пітніють. Особлива увага приділяється охолодженню зони очікування перед доїнням, де корови скупчуються і швидко нагріваються.

Системи туманоутворення або періодичного зрошення (misting/sprinklers/soakers) належать до методів евапоративного охолодження, у яких ключовим механізмом є відведення тепла завдяки випаровуванню води з поверхні тіла та/або зміни мікроклімату в зоні перебування корів. Їхня ефективність найчастіше оцінюють за фізіологічними індикаторами теплового стану - насамперед частотою дихання та температурою тіла, які оперативно відображають рівень теплового навантаження. У контрольованих виробничих експериментах показано, що застосування зрошення у зоні годівлі зменшує теплову напругу, супроводжується зниженням фізіологічних показників перегріву та підтримує продуктивність у спекотні періоди [63].

Питання оптимальних параметрів “роси” є принциповим, оскільки ефект залежить не лише від наявності форсунок, а й від витрати води (flow rate) та режиму циклів “увімкнено/вимкнено”. Дослідження, у яких порівнювали різні витрати води під час зрошення в умовах теплового стресу, демонструють, що збільшення витрати не завжди забезпечує пропорційне покращення фізіологічних реакцій, а надлишок води може підвищувати ресурсні витрати без відповідного біологічного вигаду. Так, у роботі *South African Journal of Animal Science* корів піддавали охолодженню різними витратами води і показали, що за

теплового навантаження фізіологічні та продуктивні відповіді корів залежать від параметрів зрошення, що підкреслює необхідність підбору “водоощадного” режиму без втрати охолоджувального ефекту [50].

Поглиблений аналіз параметрів зрошення у дослідженнях JDS засвідчив, що не лише витрата води, а й таймінг та тривалість зрошення є критичними: ефективність охолодження визначається тим, чи встигає вода випаровуватися (особливо за наявності активного повітрообміну), а не лише змочувати поверхню тіла. У роботі групи науковців на чолі з Tresoldi [189] показано, що оптимізація витрати й часу зрошення дає вимірювані зміни поведінкових та фізіологічних реакцій і може впливати на показники теплового навантаження та продуктивність, тоді як “надмірне” зрошення не завжди забезпечує додатковий ефект.

Окремий напрям сучасних досліджень присвячений оцінці ресурсної ефективності охолодження - поєднанню біологічного результату (зниження теплового стресу) з водо- та енергозбереженням. У роботі Drwenske зі співавторами [79] оцінювали інноваційні стратегії охолодження з аналізом поведінкових і фізіологічних відповідей корів, а також витрат води й енергії, підкресливши, що ефективність технології має оцінюватися комплексно, а оптимальні рішення повинні одночасно зменшувати тепловий стрес і знижувати ресурсну “ціну” охолодження. Доведено, що певні комбінації циклу (наприклад, симетричні короткі “on/off”) та помірна витрата можуть бути більш ефективними з точки зору водокористування при збереженні продуктивних показників, що важливо для господарств у посушливих/напівпосушливих регіонах та при дефіциті водних ресурсів [131].

Водночас сучасні технології охолодження все частіше орієнтують не лише на зону годівлі, а й на зону відпочинку, оскільки тепловий стрес здатний змінювати часовий бюджет лежання/жуйки та, відповідно, впливати на метаболічний статус і продуктивність. У дослідженні Wilson зі співавторами [200] оцінювали систему подачі охолодженого повітря з додаванням туману у зоні станків, аналізуючи дихання, ректальну температуру, поведінку лежання та

жуйку, а також продуктивність. Авторами показано, що ефекти можуть бути диференційованими: наприклад, “міст” здатен впливати на частоту дихання, тоді як інші реакції можуть бути менш вираженими залежно від умов і реалізації системи. Це підкреслює важливість коректного технічного проектування охолодження у конкретній системі утримання.

Таким чином, узагальнення літературних даних свідчить, що системи “роси”/зрошення впливають на ключові фізіологічні маркери теплового стресу (насамперед частоту дихання та температуру тіла), а також опосередковано — на показники продуктивності через підтримання кормоспоживання та стабілізацію поведінки відпочинку. Ефективність цих систем визначається режимом роботи (витрата води, цикли, таймінг), умовами випаровування (передусім повітрообміном) та місцем подачі охолодження (зона годівлі/відпочинку). У контексті адаптаційних технологій утримання за високотемпературного режиму це обґрунтовує доцільність впровадження керованих систем зрошення в комбінації з вентиляцією як технологічного інструменту зменшення теплового навантаження та підтримання фізіологічної рівноваги організму дійних корів [63, 79, 165].

Правильно організований мікроклімат - це не лише питання комфорту, а й пряма інвестиція в продуктивність і прибутковість молочного скотарства.

(Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 118945 «Харчові стратегії управління тепловим стресом у високопродуктивних корів» / Хіміч М.С., Родіонова К.О., **Вирвикишка С.М.** // Дата реєстрації 10.05.2023 р)

#### **1.4. Заключення з огляду літератури**

Аналіз сучасних наукових джерел свідчить, що параметри мікроклімату тваринницьких приміщень і кліматичні особливості місцевості є одним із провідних факторів, які визначають фізіологічний стан, поведінкові реакції, продуктивність і репродуктивну здатність дійних корів. Підвищення

температури повітря та вологості, що супроводжується зростанням температурно-вологісного індексу, призводить до розвитку теплового стресу, який негативно впливає на всі основні біологічні функції організму тварин. За даними численних досліджень, тепловий стрес супроводжується підвищенням температури тіла та частоти дихання, зменшенням споживання корму, зниженням молочної продуктивності та погіршенням репродуктивної здатності корів. Крім того, порушення мікрокліматичних параметрів у корівниках негативно впливає на добробут тварин і функціонування їхніх фізіологічних систем, що у кінцевому підсумку зумовлює значні економічні втрати у молочному скотарстві.

У зв'язку з глобальними кліматичними змінами та збільшенням частоти періодів високих температур питання контролю параметрів мікроклімату у тваринницьких приміщеннях набуває особливої актуальності. Сучасні дослідження підкреслюють необхідність постійного моніторингу температури, відносної вологості та температурно-вологісного індексу (ТНІ), які є основними індикаторами теплового навантаження на організм дійних корів. Встановлено, що своєчасний контроль цих параметрів дозволяє своєчасно виявляти ризик розвитку теплового стресу та здійснювати ефективне управління мікрокліматом тваринницьких приміщень.

Разом із тим результати сучасних досліджень свідчать, що традиційні системи утримання та вентиляції корівників не завжди забезпечують стабільний температурно-вологісний режим повітряного середовища в умовах підвищених температур. У зв'язку з цим одним із перспективних напрямів підвищення ефективності молочного скотарства є впровадження нових технологічних рішень, спрямованих на адаптацію систем утримання тварин до змін клімату. До таких заходів належать застосування ефективних систем вентиляції, охолодження повітря, оптимізація конструктивних елементів тваринницьких приміщень та впровадження адаптивних технологій утримання, що забезпечують зниження теплового навантаження на організм тварин, покращення їхнього добробуту та стабілізацію продуктивності.

Отже, аналіз літературних джерел підтверджує, що контроль параметрів мікроклімату та кліматичних умов місцевості є ключовою складовою системи ветеринарно-гігієнічного забезпечення сучасних молочних ферм. Подолання негативного впливу теплового стресу можливе шляхом наукового обґрунтування та впровадження адаптивних технологій утримання дійних корів, спрямованих на оптимізацію мікроклімату тваринницьких приміщень і підвищення ефективності виробництва молока.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дисертаційну роботу виконували в Одеському державному аграрному університеті та дослідному господарстві СТОВ «Перемога» (с. Хрущівка, Золотоніський район, Черкаська обл.).

Матеріалами для досліджень були результати моніторингу кліматичних умов та оцінки дійних корів за експериментальними даними. Дослідження проведено на коровах української червоної, української чорно-рябої породи та помісях першого покоління зазначених порід з голштинською породою.

На основі поставленої мети та завдань досліджень розробили загальну схему досліджень (рис. 2.1).

На першому етапі дослідів провели деталізований аналіз дослідного господарства СТОВ «Перемога» (с. Хрущівка, Золотоніський район, Черкаська обл.) та вивчили дані зоотехнічного обліку стада.

На другому етапі дослідів провели моніторинг змін клімату у Черкаській області і, зокрема території господарства СТОВ «Перемога». Аналіз кліматичних умов на території дослідного господарства виконано на базі Черкаського обласного центру з гідрометеорології (далі – Черкаський ЦГМ) (пров. Черкаський, 12, м. Черкаси) у співпраці зі співробітниками метеорологічної станції Золотоноша, яка найближче розташована та є репрезентативною для населеного пункту с. Хрущівка, Золотоніський район.

Координати метеостанції: Україна, Черкаська область, м. Золотоноша, вул. Саксаганського 41/2  
Географічні координати: широта (Latitude) – 49.668664° N, довгота (Longitude) – 32.018450° E.

З метою оцінки тенденцій зміни клімату на території Черкаської області, а саме СТОВ «Перемога», у період з 2021 до 2023 рр. використовували масиви даних середньодобової температури повітря (°C), відносної вологості повітря (%), атмосферного тиску (мм.рт.ст), суми опадів (мм) та швидкості вітру (м/с).



**Рис. 2.1. Загальна схема досліджень**

На третьому етапі дослідів провели аналіз впливу виявлених змін клімату на благополуччя та продуктивність дійних корів, які утримуються в дослідному господарстві.

На четвертому етапі дослідів провели розробку й апробацію адаптивних умов утримання дійних корів в умовах зміни клімату.

Дослідження третього і четвертого етапів експериментальних дослідів проводили у виробничих умовах СТОВ «Перемога» з використанням двох дослідних корівників (табл. 2.1), що відрізнялися конструкцією, типом утримання та способом доїння корів:

- дослідний корівник № 1 (III етап) – капітальне приміщення прив'язного типу, розраховане на 200 корів, у якому тварин утримували на прив'язі з доїнням у молокопровід за допомогою доїльної установки УДМ-200;
- дослідний корівник № 2 (IV етап) – новозбудоване капітальне приміщення безприв'язного типу на 580 корів, розділене на 4 секції по 145 голів, у якому тварин утримували безприв'язно з доїнням на доїльній установці типу «Карусель» (додаток 4-6).

**Таблиця 2.1**

**Порівняльна характеристика дослідних корівників СТОВ «Перемога»**

| Параметр порівняння     | Дослідний корівник № 1                              | Дослідний корівник № 2  |
|-------------------------|---|---|
| 1                       | 2   | 3   |
| Місткість (поголов'я)   | 200 корів   | 580 корів<br>(4 секції по 145 гол.)   |
| Тип утримання           | прив'язне   | безприв'язно-боксове  |
| Спосіб доїння           | у молокопровід УДМ-200                              | доїльна установка «Карусель»  |
| Параметри приміщення, м | 71 × 21 × 10,5                                      | 150×36×10,5   |
| Система вентиляції      | природна<br>(теплова тяга та вітер)                 | комбінована<br>(рециркуляційні та витяжні вентилятори, система туманоутворення) |
| Видалення гною          | переважно ручне або механічне (типове для прив'язі) | автоматичний дельта-скрепер з реверсним рухом (щогодини)                        |
| Ширина проходів, м      | 1,7   | 4,5   |

Таблиця 2.1. продовження

| 1  | 2  | 3   |
|--|--|---|
| Освітлення (природне)                    | вікна  | світлопрозорий коник у даху 5 × 150 м                                 |
| Освітлення (штучне)                      | лампи розжарювання (158 ламп по 0,75 Вт кожна) | LED-світильники (60 од.)  |
| Червоне освітлення низької інтенсивності | -  | 12 червоних LED-світильників (потужність 30 Вт, кут розсіювання 120°) |
| Концепція комфорту                       | стандартні норми утримання                     | концепція «п'яти свобод» та термокомфорт тварин                       |

Для забезпечення видимості в приміщенні корівника №2 в темний час (3 год. 45 хв.: з 20:00 до 22:00 та з 03:01 до 03:45) використовується система штучного освітлення на основі світильників білого спектра. У нічний період для підтримання фотоперіодичного режиму дійних корів застосовується система нічного освітлення на основі світлодіодних світильників червоного спектра потужністю 30 Вт із кутом розсіювання 120°. Загальна потужність нічного освітлення становить 360 Вт. Червоне освітлення функціонує протягом 5 год на добу – з 22:00 до 03:00, забезпечуючи мінімальний рівень освітленості, необхідний для орієнтації тварин у приміщенні без порушення їх фізіологічного ритму відпочинку.

На останньому етапі узагальнено результати проведених дослідів, сформульовано висновки та пропозиції виробництву.

## 2.2. Методи досліджень

**2.2.1. Визначення параметрів мікроклімату.** З метою визначення параметрів мікроклімату тваринницьких приміщень визначали показники їх повітря [154]: температуру - ртутним термометром та смарт-вимірювачем повітря з датчиком CO<sub>2</sub>, температури та вологості GM8804 (Benetech, Китай),

відносну вологість - статичним психрометром Августа та смарт-вимірювачем повітря з датчиком CO<sub>2</sub>, температури та вологості GM8804 (Benetech, Китай); швидкість руху - цифровим крильчатим анемометром GM8908 (Benetech, Китай); газовий склад - газоаналізатором УГ-2 (вуглекислий газ, аміак) та смарт-вимірювачем повітря з датчиком CO<sub>2</sub>, температури та вологості GM8804 (Benetech, Китай); мікробну забрудненість - методом осадження на чашки Петрі. Коефіцієнт природної освітленості приміщень визначали люксометром Ю-116.

Вимірювання проводили у трьох контрольних точках кожного корівника: у центрі приміщення та на відстані 1,5-2,0 м від зовнішніх стін, на висоті 1,2-1,5 м від підлоги (у зоні дихання тварин).

Середню освітленість для приміщення з лампами розжарювання (корівник №1) визначали за формулою 2.1.:

$$E = \Phi / S \quad (2.1.)$$

де,

E - середня освітленість приміщення, лк;

Φ - сумарний світловий потік джерел світла, лм;

S - площа освітлюваної поверхні (підлоги приміщення), м<sup>2</sup>.

Для корівника №2 з висотними світлодіодними світильниками (LED освітлення) розрахунок середньої освітленості виконували за уточненим методом світлового потоку з урахуванням коефіцієнта використання світлового потоку та коефіцієнта запасу(2.2.):

$$E = (\Phi_{\Sigma} \times UF \times MF) / S \quad (2.2.)$$

де,

E - середня освітленість приміщення, лк;

Φ<sub>Σ</sub> - сумарний світловий потік світильників, лм;

UF - коефіцієнт використання світлового потоку (0,55–0,70 для висотних LED-світильників);

MF - коефіцієнт запасу (0,8);

$S$  - площа підлоги приміщення,  $m^2$ .

Коефіцієнт природної освітленості (КЕО) визначали розрахунковим методом за співвідношенням площі світлопрорізів і площі підлоги приміщення з урахуванням світлопропускну здатності засклення (2.3.):

$$КЕО = 0,5 \times K_{св} \times \tau \times 100 \quad (2.3.)$$

де,

КЕО - коефіцієнт природної освітленості, %;

0,5 - коефіцієнт використання природного світла у приміщенні, що враховує втрати світлового потоку, геометрію світлопрорізів та нерівномірність розподілу освітлення;

$K_{св}$  - світловий коефіцієнт (відношення площі вікон до площі підлоги приміщення), безрозмірний;

$\tau$  - коефіцієнт світлопропускання засклення (для подвійного віконного скла приймали 0,65);

100 - коефіцієнт переведення відносної величини у відсотки.

Світловий коефіцієнт визначали за формулою 2.4.:

$$K_{св} = S_{вікон} / S_{підлоги} \quad (2.4.)$$

де,

$S_{вікон}$  - сумарна площа світлопрорізів,  $m^2$ ;

$S_{підлоги}$  - площа підлоги приміщення,  $m^2$ .

**2.2.2. Гігієнічна оцінка тварин.** Температуру поверхні тіла вимірювали за авторською методикою [207] тричі на добу - о 8-й, 14-й та 20-й годині, з використанням безконтактного термометра BOSH (Robert Bosch GmbH, Germany). Точки вимірювання наведені на рис. 2.2. (додаток 2).

Індекс гігієнічної оцінки корів (ІГО) визначали шляхом розрахунку середнього балу чистоти на основі бальної оцінки окремих анатомічних зон (вим'я, нижня частина кінцівок, стегна, боки). Розрахунок здійснювали за формулою відповідно до протоколу Welfare Quality® (2009) (2.5.):

$$\text{ПГО} = \Sigma (n_i \times b_i) / N \quad (2.5.)$$

де,

$n_i$  - кількість тварин з відповідним балом;

$b_i$  - бал чистоти;

$N$  - загальна кількість обстежених тварин.

Для кількісної оцінки теплового навантаження на корів застосовували температурно-вологісний індекс (ТНІ, англ. Temperature–Humidity Index, THI), який інтегрує вплив температури повітря та його відносної вологості та є загально визнаним індикатором теплового стресу у великої рогатої худоби [57, 145] (табл. 2.2).

**Таблиця 2.2**

**Порогові значення температурно-вологісного індексу**

| Значення ТНІ | Інтерпретація           | Характеристика впливу на корів   |
|--------------|-------------------------|--|
| < 68         | Комфортна зона          | Відсутність теплового стресу, стабільні фізіологічні показники.              |
| 68–72        | Легкий тепловий стрес   | Початкове напруження терморегуляції, можливе зниження споживання корму.      |
| 72–78        | Помірний тепловий стрес | Зниження продуктивності, погіршення відтворення, зменшення активності.       |
| > 78         | Важкий тепловий стрес   | Порушення теплового балансу, ризик гіпертермії, різке падіння заплідненості. |

Розрахунок ТНІ здійснювали за формулою 2.6., рекомендованою для молочної худоби Американським товариством інженерів-сільськогосподарців (ASABE) [44]:

$$\text{THI} = (1.8 \times T + 32) - (0.55 - 0.0055 \times RH) \times (1.8 \times T - 26) \quad (2.6.)$$

де:

T - температура повітря у корівнику, °C;

RH - відносна вологість повітря, %.

**2.2.3. Визначення органолептичних, фізико-хімічних та бактеріологічних показників молока.** Проби молока від кожної корови відбирали за допомогою пробника, пропорційно надою згідно з вимогами ДСТУ ISO 707:2002 Молоко та молочні продукти. Настанови з відбирання проб (ISO 707:1997, IDT). Зразки надходили в лабораторію законсервованими пігулками Broad Spectrum Mikrotabs (США).

Середньодобові надої молока визначали згідно «Інструкції з ведення племінного обліку в молочному і молочно-м'ясному скотарстві» (2004) методом контрольних доїнь та за допомогою системи обліку та управління молочно-товарною фермою «Юніформ Агрі» (Нідерланди) [28].

Якісні показники молока визначали за допомогою ультразвукового аналізатора молока «Екомілк» (Ekomilk) (Bulteh 2000 Ltd., Болгарія) та аналізатора Bentley Combi 150 (Bentley Instruments Inc., США) методом інфрачервоної спектрометрії (експрес-метод). Температуру замерзання молока (FPD) визначали відповідно до вимог ДСТУ 8396:2015 «Молоко сире коров'яче. Визначення температури замерзання. Кріоскопічний метод» [81]. Вміст соматичних клітин у молоці визначали віскозиметричним методом за допомогою аналізатора соматичних клітин «Соматос-В» (Sibagropribor Ltd.), а також методом проточної цитометрії (експрес-метод) на приладі Bentley Somacount 150 (Bentley Instruments Inc., США) згідно з вимогами ДСТУ 7672:2014 «Молоко та молочні продукти. Визначення кількості соматичних клітин» [80].

Загальну бактеріальну обсіменінність (ЗБО) молока визначали методом підрахунку мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ) шляхом висіву серійних розведень на поживний агар з подальшою інкубацією при 30 °C протягом 72 год. Кількість мікроорганізмів виражали у КУО/см<sup>3</sup> молока відповідно до ДСТУ ISO 4833-1:2014 [10].

**2.2.4. Визначення амінокислотного складу м'яса.** Амінокислотний склад м'яса визначали на зразках *m. longissimus dorsi*, відібраних від ВРХ у віці 24 місяці після забою. Проби подрібнювали до однорідної маси та піддавали підготовці відповідно до загальноприйнятих методик. Гідроліз білків здійснювали 6 н розчином соляної кислоти при температурі 110 °С впродовж 24 годин у герметичних умовах. Після гідролізу зразки нейтралізували та фільтрували. Визначення амінокислотного складу проводили методом іонообмінної хроматографії з використанням автоматичного амінокислотного аналізатора з постколонковим дериватизуванням нінгідрином.

**2.2.5. Оцінка репродуктивної функції корів.** Ректальну температуру тіла дійних корів визначали за допомогою ветеринарного цифрового термометра GLA M900 (GLA Agricultural Electronics, США) за загальноприйнятою методикою ректальної термометрії. Перед вимірюванням зонд приладу дезінфікували спиртовмісним дезінфекційним засобом та змащували нейтральним гелем HATTING GEL (Hatting, Данія). Після стабілізації показника на дисплеї приладу фіксували отримане значення температури. Вимірювання проводили у різні години доби для оцінки впливу температурних умов навколишнього середовища на фізіологічний стан організму тварин.

Штучне осіменіння корів проводили ректоцервікальним методом із використанням замороженої сперми бугаїв-плідників канадської селекції компанії Semex Alliance (Канада) відповідно до загальноприйнятих технологічних рекомендацій відтворення великої рогатої худоби.

Діагностику тільності корів здійснювали методом ультразвукового дослідження з використанням портативного ультразвукового сканера Kaixin KX-5200 (Kaixin Electronic Instrument Co., Китай). Перед проведенням дослідження ректальний датчик піддавали гігієнічній обробці та дезінфекції спиртовмісним дезінфекційним засобом, сумісним з матеріалом ультразвукового датчика. Обстеження проводили ректальним способом шляхом обережного введення датчика у пряму кишку з подальшим його просуванням уздовж стінки прямої кишки над рогами матки. За допомогою ультразвукового сканера здійснювали

візуалізацію структур матки та визначали наявність плодового міхура й ембріона, що дозволяло підтвердити тільність корів на ранніх термінах та оцінити стан репродуктивної системи тварин. Ректальний датчик ультразвукового сканера після кожного дослідження очищували від залишків ультразвукового гелю та піддавали дезінфекції спиртовим розчином або серветками, сумісними з матеріалом датчика, відповідно до рекомендацій виробника приладу.

Оцінювання репродуктивної ефективності здійснювали відповідно до загальноприйнятих міжнародних стандартів та методичних рекомендацій, що регламентують розрахунок ключових індикаторів: рівня виявлення охоти (Insemination Rate, IR), заплідненості (Conception Rate, CR) та коефіцієнта тільності (Pregnancy Rate, PR) [19]:

1. Розрахунок рівня виявлення охоти (Insemination Rate, IR) проводили для визначення ефективності виявлення статевої циклічності у корів, за формулою 2.7. [48]:

$$IR = \frac{\text{Кількість осіменених корів за 21 день}}{\text{Кількість корів, придатних до осіменіння за 21 день}} \times 100\% \quad (2.7.)$$

IR безпосередньо відображає якість менеджменту виявлення охоти у стаді та оперативність виконання штучного осіменіння. Чим вищий IR, тим краще виявляється охота і своєчасно проводиться осіменіння: відмінний рівень -  $\geq 65\%$ , добрий рівень - 51-64 %, не достатній рівень -  $\leq 50\%$

2. Розрахунок заплідненості (Conception Rate, CR) визначали як співвідношення кількості корів що стали тільними до кількості осіменених, виражене у відсотках за формулою 2.8. [103, 104]:

$$CR = \frac{\text{Кількість тварин що стали тільними}}{\text{Загальна кількість осіменінь}} \times 100\% \quad (2.8.)$$

Цей показник відображає біологічну заплідненість корови та якість процесу осіменіння: відмінний показник –  $\geq 45\%$ , добрий – 35-44 %, критичний –  $\leq 34\%$ .

3. Індекс тільності (Pregnancy Rate – PR) – це комплексний показник, який враховує показник заплідненості та виявлення охоти, який розраховували за формулою 2.9. [48, 104]:

$$PR = IR \times CR \quad (2.9.)$$

де, IR – це рівень виявлення охоти, %;

CR – це коефіцієнт заплідненості, %.

або

$$PR = \frac{\text{Кількість корів, що запліднено за 21 день}}{\text{Кількість корів, придатних до осіменіння за 21 день}} \times 100\%$$

Для досягнення високого показника PR необхідні як ефективне виявлення охоти (високий IR), так і успішне запліднення (високий CR).

**2.2.6. Методика організації годівлі піддослідних тварин.** Під час виконання роботи використано кормороздавач-змішувач Siloking Compact 12 Classic SILOKING Mayer Maschinenbau GmbH (Німеччина).

Раціони усіх піддослідних тварин за всіма лімітованими органічними та мінеральними поживними речовинами були збалансовані згідно діючих деталізованих норм годівлі [56], з урахуванням фактичних хімічного складу та поживної цінності кормів.

**2.2.7. Методи статистичної та економічної обробки результатів.** Виробничі втрати молока екстра гатунку в умовах високотемпературного періоду визначали за різницею середньодобового надою молока на корову між термонеутральним і високотемпературним періодами з урахуванням тривалості теплого сезону (152 дні) та середнього поголів'я дійних корів (150 голів). Обсяг недоотриманого молока обчислювали за весь високотемпературний період у перерахунку на стадо. Економічну оцінку втрат проводили за середньою закупівельною ціною молока екстра гатунку, що діяла в господарстві під час досліджень (16 грн/л). Результати розрахунку виражали у фізичних (кг, л) та вартісних показниках (грн) за сезон.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили методами варіаційної статистики з використанням пакета прикладних програм Microsoft Excel. Для кожного показника визначали середнє арифметичне значення (M) та похибку середнього (m). Достовірність відмінностей між середніми значеннями показників у різні температурні періоди оцінювали за t-критерієм Стьюдента. Різницю вважали статистично достовірною при  $p < 0,05$ .

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Загальна характеристика дослідного господарства СТОВ «Перемога»

СТОВ «Перемога» (с. Хрущівка, Золотоніський район, Черкаська обл.) - це молочно-товарна ферма з розведення великої рогатої худоби молочних порід з прив'язно-відв'язною системою утримання тварин та організованим вигулом тварин в день та вночі в літній період, та лише в день - в зимові місяці (рис. 3.1.).



**Рис. 3.1.** Дослідні тварини та тваринницьке приміщення СТОВ «Перемога» (дослідний корівник №1)

Дослідний корівник №1 являє собою прямокутну тваринницьку споруду розмірами 21 м завширшки та 75 м завдовжки, спроектовану за принципом чотирирядної забудови. Внутрішній простір будівлі поділений на функціональні технологічні зони, що забезпечують оптимальні умови утримання та обслуговування високопродуктивних корів.

Кожна дійна корова утримується в індивідуальному стійлі (ширина 1,1 м, довжина 1,7 м), яке обладнане лежаком та глибоким шаром соломи, індивідуальним фронтом годівлі, клапанною індивідуальною поїлкою, а для фіксації корів використовуються прив'язні елементи ланцюгового типу. Сстійла

в корівнику розміщені паралельними рядами. Кормовий стіл розташований вздовж центрального проходу, безпосередньо перед фронтом годівлі тварин: 55 м завдовжки та шириною 0,7 м. Така конфігурація оптимізує логістику роздачі корму, зменшує витрати часу та енергії на транспортування кормосумішей і забезпечує рівний доступ усіх корів до годівлі, дозволяє проводити регулярне підгортання кормів та їх поповнення без порушення спокою тварин.

Система годівлі 2-х разова для дійних тварин (співвідношення 70/30 %) та 1 разова для молодняку, сухостійних корів та бичків. Годівля тварин відбувається згідно затвердженого графіку: 5:00-8:30 та 16:00-17:50 години. Час годівлі узгоджений з графіком доїння тварин, яке відбувається о 05:00, 12:00 та 18:00 годині. Для годівлі тварин використовуються корми власного виробництва, силос, солома, сіно, концентрати (макуха, дерть кукурудзяна, ячмінна, горохова). Роздача корму забезпечується трактором МТЗ -80 з причіпним кормороздавачем-змішувачем Siloking Compact 12 Classic з об'ємом бункера 12 м<sup>3</sup> (SILOKING Mayer Maschinenbau GmbH, Німеччина).

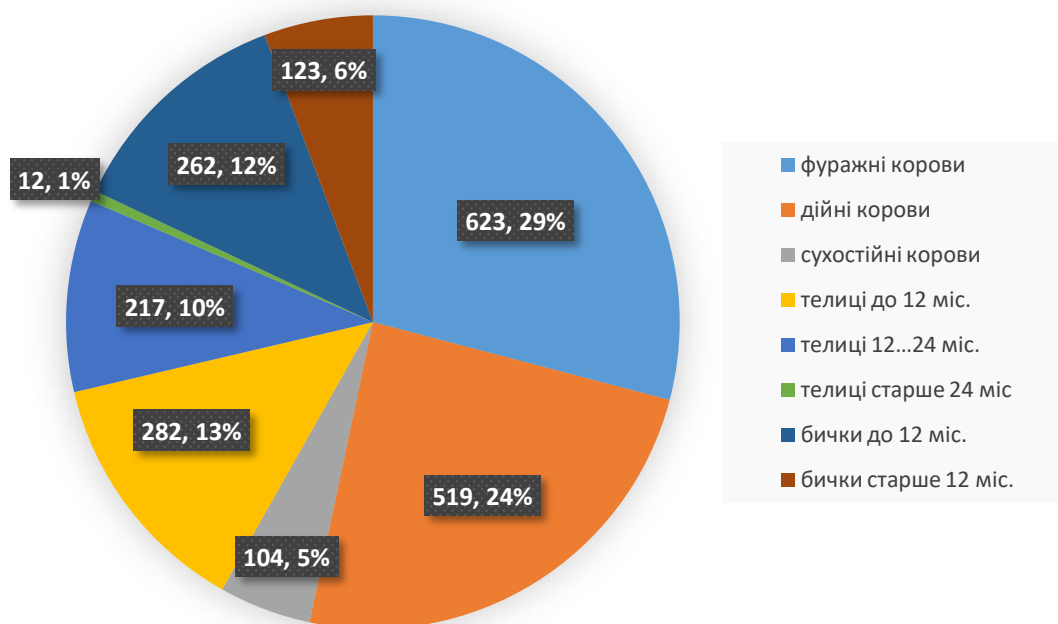
Позаду стійл розміщені гнойові проходи, шириною 2 м на яких розміщені гнойові лотки шириною 0,2 м в яких ходять транспортери для видалення гною - транспортер скребковий гноєзбиральний (ТСГ), які слугують для збору та видалення гною. Система очищення проходів є механізованою та являє собою замкнутий ланцюг зі сталевими скребками, прикріпленими через рівні проміжки (1,1...1,2 м), що забезпечує регулярне та ефективне видалення відходів життєдіяльності тварин і підтримання санітарно-гігієнічних умов у приміщенні. Прибирання гною відбувається кожні 12 годин.

В корівнику функціонує природна система вентиляції на основі теплової тяги (стековий ефект) та вітрового тиску. Вентилятори відсутні. Для корівника такої значної ширини (21 м) ключовим є стековий ефект: тепле, вологе та насичене газами повітря піднімається вгору та витягується через світло-аераційний коник у найвищій точці даху, розташований по всій довжині приміщення (75 м). Приплив свіжого повітря забезпечується через вікна, що розміщені з обох боків впродовж всього приміщення. Загалом в корівнику 10

вікон з кожного боку (5×1,5 м), 4 в'їзних воріт (5×3 м). Двері та ворота не щільні, наявні неконтрольовані або мінімально контрольовані вхідні отвори (щілини).

Освітлення в приміщення забезпечується за рахунок ламп накалювання, що розміщені трьома лініями в продовж довжини корівника. Всього в корівнику налічується 158 ламп по 0,75 Вт кожна.

Кількість поголів'я ВРХ становить 1519 голів (рис. 3.2.).



**Рис. 3.2.** Структура поголів'я ВРХ СТОВ «Перемога», гол.

Організація робіт на господарстві проводиться по блоках:

1. здоров'я;
2. відтворення;
3. доїння;
4. вирощування молодняка;
5. годівля;
6. управління стадом.

Поголів'я господарства належить до червоної та чорно-рябої породи, частково покращеної голштином, отриманої в результаті поглибленого схрещування місцевих тварин спермою бугаїв голштинської породи (табл. 3.1).

**Таблиця 3.1**

**Структура стада СТОВ «Перемога» станом на січень 2021 року**

| Структура стада          | Кількість голів | %    |
|--------------------------|-----------------|------|
| Кількість фуражних корів | 623             | 100  |
| В т.ч. 1 лактація        | 228             | 35,6 |
| В т.ч. 2 лактація        | 181             | 29,3 |
| В т.ч. 3 лактація        | 214             | 35   |

Поголів'я не рівне з часткою місцевих тварин, має виражений тип конституції молочної породи, володіє достатньо високим генетичним потенціалом молочної продуктивності - до 28-30 л/гол на добу. У той же час, середньодобовий надій на дійну корову складає 22,7...24,19 л/гол на добу.

Запроваджена спеціалізована програма управління та обліку стада Uniform Agri (Нідерланди) та програма управління системою годівлі тварин – TMR Tracker (Digi-Star, США).

В господарстві впроваджено штучне осіменіння тварин з використанням ректоцервікального методу осіменіння. Для запліднення використовуються спермодози, американської та канадської селекції.

Доїння корів здійснюється індивідуально з використанням доїльної установки з молокопроводом УДМ-200 (Брацлав, Україна). У комплекті УДМ-200 використовується 12 доїльних апаратів попарного доїння, що дозволяє одночасно доїти 12 корів, через стаціонарну систему молокоопроводу. Молокопровід виготовлено з харчової нержавіючої сталі (AISI 304) діаметром 52 мм (ДУ 52), полірований зсередини. Труби прокладаються уздовж усіх рядів стійл. Доїння триразове: 5 година, 13 година та 18 година. Рівень вакууму під час

доїння - 59 кПа та 78 кПа (чотирьохрядне приміщення), а частота пульсації становить 140...170 уд/хв. Заміна дійної гуми проводиться 1 раз на рік.

Молоко, отримане на фермі, щоденно реалізується на переробку до ТОВ «Золотоніський молокозавод». Для зберігання молока в умовах ферми використовується три молочні танки-охолоджувачі ємністю 10 т, 6 т та 4 т, які забезпечують охолодження молока протягом 2 год до температури  $4 \pm 0,5$  °С та його зберігання впродовж доби (до моменту реалізації) за температури  $4 \pm 0,5$  °С. Контроль якості молока контролюється на фермі в момент його відвантаження за допомогою ультра звукового аналізатора молока «Екомілк».

Для підтримки санітарного стану приміщення проводиться поточна дезінфекція об'єктів тваринництва (підлоги, стін хедлоку, інвентарю для прибирання приміщення та ін.) вологим методом із застосуванням дезрозчину, що містить: дидецилдиметиламоній хлорид - 0.05%, глутаровий альдегід - 0.25%, пропан-2-ол - 0.15%, феталкоголполігліколетер - 0.05%, нітрилотриметиленетрис - 0.05%, вода - 99.45%.

### **3.2. Основні тенденції зміни клімату в Черкаській області**

Через глобальне потепління в Україні значно змінюється термічний режим і структура опадів, зростає частота та інтенсивність екстремальних гідрометеорологічних явищ. Аналіз температурно-вологісного режиму на території країни за останні десятиліття демонструє стійку тенденцію щодо зростання середньорічних температур. Зокрема, в центральному регіоні країни середньорічна температура зросла на 2,0 °С. Водночас реєструється зменшення загальної кількості опадів та їх сезонний і територіальний перерозподіл. Так, у весняно-літній період опади на півдні та центральній частині країни фактично відсутні (рис. 3.3., 3.4.).



**Рис. 3.3.** Кліматична норма середньої кількості опадів за літній сезон 1991 року



**Рис. 3.4.** Кліматична норма середньої кількості опадів за літній сезон 2020 року

Встановлено, що за дослідний період 2020-2023 року на території Золотоніського району Черкаської області календарна зима 2022-2023 року (табл. 3.3) була однією із найтепліших зим за історію метеорологічних спостережень, з кількістю опадів в межах норми, без стійкого снігового покриву та сильних морозів. За рівнем середньої температури повітря, вона увійшла в п'ятірку найтепліших після 1989-1990, 2006-2007, 2019-2020 та поряд з 2021-

2022 роками, половина днів були з плюсовою середньодобовою температурою повітря, яка коливалася від 0 до +10 °С, а мінімальна температура в повітрі нижче мінус 12 °С не опускалася (табл. 3.2).

**Таблиця 3.2**

**Кліматичні показники зимового періоду 2020...2023 рр.**

| Період              | Температура, °С |       |                      |       |       | Опади, мм          |       |             |
|---------------------|-----------------|-------|----------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------------|
|                     | середня         | норма | відхилення від норми | max   | min   | загальна кількість | норма | % від норми |
| Зима 2020-2021 року |                 |       |                      |       |       |                    |       |             |
| Грудень 2020        | -0,6            | -1,8  | +1,2                 | +9,3  | -9,5  | 52,2               | 42    | 124         |
| Січень 2021         | -2,2            | -3,4  | +1,2                 | +9,9  | -22,6 | 54,1               | 38    | 142         |
| Лютий 2021          | -5,3            | -2,6  | -2,7                 | +12,2 | -22,1 | 63,6               | 35    | 182         |
| Зима 2020-2021      | -2,7            | -2,6  | -0,1                 | +12,2 | -22,6 | 169,9              | 115   | 148         |
| Зима 2021-2022 року |                 |       |                      |       |       |                    |       |             |
| Грудень 2021        | -0,8            | -1,8  | +1,0                 | +9,6  | -15,7 | 75,5               | 42    | 180         |
| Січень 2022         | -1,3            | -3,4  | +2,1                 | +9,3  | -16,0 | 34,8               | 38    | 92          |
| Лютий 2022          | +1,4            | -2,6  | +4,0                 | +10,9 | -12,8 | 10,6               | 35    | 30          |
| Зима 2021-2022      | -0,2            | -2,6  | +2,4                 | +10,9 | -16,0 | 120,9              | 115   | 105         |
| Зима 2022-2023 року |                 |       |                      |       |       |                    |       |             |
| Грудень 2022        | -0,1            | -1,8  | +1,7                 | +12,4 | -9,2  | 66,2               | 42    | 158         |
| Січень 2023         | -0,2            | -3,4  | +3,2                 | +13,2 | -11,4 | 12,9               | 38    | 34          |
| Лютий 2023          | -0,4            | -2,6  | +2,2                 | +9,4  | -11,7 | 23,0               | 35    | 66          |
| Зима 2022-2023      | -0,2            | -2,6  | +2,4                 | +12,4 | -11,7 | 102,1              | 115   | 89          |

При цьому, метеорологічна зима 2022-2023 року була пізньою та короткою. Розпочався зимовий режим погоди зі стійким переходом середньодобової

температури повітря через 0 °С у бік зниження 7 січня (перша спроба – 30 листопада), що практично на місяць пізніше середніх багаторічних строків – 03 грудня. Закінчився зимовий період 16 січня, зі стійким переходом середньодобової температури повітря через 0 °С у бік підвищення, що на 45 діб раніше середніх багаторічних строків (норма 2 березня). У порівнянні з 2019-2020 р., коли метеорологічної зими не відмічалось, її тривалість у 2022-2023 р. становила лише 9 днів. Варто зазначити, що до 2022-2023 р. найбільш коротка зима тривала 29 діб у 2015-2016 році.

Грудень 2022 року був теплим з достатньою кількістю опадів. Погодні умови місяця формували активні атлантичні циклони, а в окремі дні і циклони з Півдня. Для грудня були характерні чергування хвиль холоду та тепла. 2-4 рази спостерігалось формування та танення снігового покриву, максимальна висота якого в середині місяця була 8-14 см та значна кількість випадків небезпечних явищ погоди: тумани, дощі, снігопади, хуртовини, ожеледь, ожеледиця на дорогах, налипання мокрого снігу. Середня температура повітря впродовж грудня 2020 року та 2021 року спостерігалась в межах -0,6...-0,8 °С, в той час коли у 2022 року вона знизилась до -0,1 °С на фоні добових температурних коливань від 3 °С морозу до 2 °С тепла.

Січень 2021 та 2022 років, в умовах частих змін синоптичних процесів, завдяки циклонічному характеру погоди, видався теплим та забезпечений опадами. Однак, січень 2023 року видався одним із найбільш теплих, сухих та безсніжних за весь період спостережень та відзначився надзвичайними контрастами температури. Завдяки двом епізодам аномального тепла (1-2 та 18-20 січня) у січні 2023 року були оновлені рекорди середньодобової та максимальної температури 100-річної давнини. Опади спостерігалися у вигляді мряки, невеликого снігу та дощу. За такої аномалії тепла та дефіциту опадів сніговий покрив був нестійкий, формувався в окремі дні і його висота не перевищувала 0,5 см.

Встановлено, що лютий 2021 року, у порівнянні з 2022 та 2023 роками, виявився холодніше норми та з перевищеною відносно норми у 1,5 рази

кількістю опадів: значні і сильні опади в перші 20 днів місяця були зумовлені 3-ма виходами південних циклонів, а антициклони, які утворювались після їх проходження формували періоди помірних і сильних морозів. Середньомісячна температура у грудні 2021 року становила 5,3°C морозу і він став одним із найхолодніших за останні три роки. Мінімальна температура була зафіксована у лютому 2021 року на рівні 22,6 °C морозу, з поступовим її зниження у лютому 2022 року до рівня 16 °C морозу, а у лютому 2023 року до рівня 11,7 °C морозу. Тобто з 2021 року до 2023 року мінімальна температура впродовж лютого знизилась на 11 одиниць (48,23 %).

Загальна кількість опадів за всі зимові періоди спостережень знизилась з позначки 169,9 мм у 2021 році до 102,1 мм у 2023 році. Проте, варто зазначити, що якщо впродовж зимового періоду 2020-2021 року загальна кількість опадів перевищувала норму на 48 %, то вже впродовж аналогічного періоду 2022-2023 року цей показник був на 11 % нижче нормованого показника.

Календарна весна 2021...2023 років (табл. 3.3.) характеризувалась максимальною температура повітря 28 °C. Слід відзначити, що календарна весна 2022 року видалася холодною та за рейтингом найбільш холодних за останнє десятиріччя вона зайняла 2 позицію після 2021 року та 3 позицію в рейтингу найбільш сухих після 2017 та 2019 років. Загальна тривалість метеорологічної весни 2021 року (середньодобова температура 0-15 °C) становила 73 дні, 2022 року – 85 днів, а 2023 року - 118 діб та увійшла в трійку найбільш ранніх (з 16 січня при нормі 02.03) та затяжних після 2002 року та 2020 років. Крім того, весна 2023 відзначилась максимальною температура повітря, яка становила 28,0 °C (19 травня) та найвищою кількістю опадів - 152,7 мм, що становить 112 % норми: із них 69 % випало лише за рахунок квітня місяця.

Таблиця 3.3

## Кліматичні показники весняного періоду 2020....2023 рр.

| Період          | Температура, °С |       |                      |       |       | Опади, мм          |       |             | Вітер                 |                        |                            | Атмосферний тиск, мм. рт. ст. |           |
|-----------------|-----------------|-------|----------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------|
|                 | середня         | норма | відхилення від норми | max   | min   | загальна кількість | норма | % від норми | переважаючий напрямок | середня швидкість, м/с | максимальна швидкість, м/с | фактичний                     | норма     |
| Весна 2021 року |                 |       |                      |       |       |                    |       |             |                       |                        |                            |                               |           |
| Березень        | +2,3            | +2,3  | 0,0                  | +15,8 | -10,2 | 30,1               | 42    | 72          | ПнЗх                  | 2                      | 15                         | 754                           | 754       |
| Квітень         | +7,8            | +10,0 | -2,2                 | +22,9 | -3,0  | 27,4               | 31    | 88          | Зх                    | 2                      | 14                         | 753                           | 753       |
| Травень         | +14,9           | +16,1 | -1,2                 | +26,6 | +0,5  | 77,4               | 63    | 123         | ПнЗх                  | 2                      | 15                         | 751                           | 752       |
| Весна 2021      | +8,3            | +9,5  | -1,2                 | +26,6 | -10,2 | 134,9              | 136   | 99          |                       | 2                      | 14,7                       | 752,7 ± 0,9                   | 553 ± 0,6 |
| Весна 2022 року |                 |       |                      |       |       |                    |       |             |                       |                        |                            |                               |           |
| Березень        | +1,8            | +2,3  | -0,5                 | +20,3 | -10,3 | 16,6               | 42    | 40          | ПнСх                  | 2                      | 19                         | 759                           | 754       |
| Квітень         | +8,9            | +10,0 | -1,1                 | +23,4 | -0,5  | 52,5               | 31    | 169         | ПнЗх                  | 3                      | 16                         | 749                           | 753       |
| Травень         | +14,7           | +16,1 | -1,4                 | +29,3 | +1,2  | 20,2               | 63    | 32          | ПнЗх                  | 2                      | 16                         | 753                           | 752       |
| Весна 2022      | +8,5            | +9,5  | -1,0                 | +29,3 | -10,3 | 89,3               | 136   | 66          |                       | 2                      | 17±1                       | 753,7 ± 2,9                   | 753 ± 0,6 |
| Весна 2023 року |                 |       |                      |       |       |                    |       |             |                       |                        |                            |                               |           |
| Березень        | +5,1            | +2,3  | +2,8                 | +19,6 | -4,3  | 40,5               | 42    | 96          | Зх                    | 2                      | 15                         | 750                           | 754       |
| Квітень         | +10,1           | +10,0 | +0,1                 | +20,7 | +1,6  | 93,3               | 31    | 301         | Сх                    | 2                      | 13                         | 751                           | 753       |
| Травень         | +16,1           | +16,1 | 0,0                  | +28,0 | +0,6  | 18,9               | 63    | 30          | ПнСх                  | 2                      | 13                         | 756                           | 752       |
| Весна 2023      | +10,4           | +9,5  | +0,9                 | +28,0 | -4,3  | 152,7              | 136   | 112         |                       | 2                      | 13,7±0,7                   | 752,3 ± 1,9                   | 753 ± 0,6 |

Температурний режим літніх періодів 2021–2023 років характеризувався суттєвою межирічною мінливістю та перевищенням середніх кліматичних норм (табл. 3.4).

**Таблиця 3.4**

**Кліматичні показники літнього періоду 2021...2023 рр.**

| Період         | Температура, °С |       |                         |       |       | Опади, мм             |       |                |
|----------------|-----------------|-------|-------------------------|-------|-------|-----------------------|-------|----------------|
|                | середня         | норма | відхилення<br>від норми | max   | min   | загальна<br>кількість | норма | % від<br>норми |
| Літо 2021 року |                 |       |                         |       |       |                       |       |                |
| Червень 2021   | +20,8           | +19,8 | +1,0                    | +35,2 | +8,0  | +20,8                 | +19,8 | +1,0           |
| Липень 2021    | +24,2           | +21,5 | +2,7                    | +33,6 | +11,5 | +24,2                 | +21,5 | +2,7           |
| Серпень 2021   | +21,4           | +20,5 | +0,9                    | +33,4 | +10,4 | +21,4                 | +20,5 | +0,9           |
| Літо 2021      | +22,1           | +20,6 | +1,5                    | +35,2 | +8,0  | +22,1                 | +20,6 | +1,5           |
| Літо 2022 року |                 |       |                         |       |       |                       |       |                |
| Червень 2022   | +21,4           | +19,8 | +1,6                    | +32,9 | +10,2 | 33,8                  | 72    | 47             |
| Липень 2022    | +20,8           | +21,5 | -0,7                    | +34,5 | +10,1 | 60,9                  | 68    | 90             |
| Серпень 2022   | +22,5           | +20,5 | +2,0                    | +32,4 | +14,0 | 74,8                  | 47    | 159            |
| Літо 2022      | +21,6           | +20,6 | +1,0                    | +34,5 | +10,1 | 169,5                 | 187   | 91             |
| Літо 2023 року |                 |       |                         |       |       |                       |       |                |
| Червень 2023   | +20,1           | +19,8 | +0,3                    | +32,0 | +5,6  | 42,0                  | 72    | 58             |
| Липень 2023    | +21,6           | +21,5 | +0,1                    | +34,0 | +12,4 | 110,8                 | 68    | 163            |
| Серпень 2023   | +23,1           | +20,5 | +2,6                    | +35,0 | +11,5 | 30,5                  | 47    | 65             |
| Літо 2023      | +21,6           | +20,6 | +1,0                    | +35,0 | +5,6  | 183,3                 | 187   | 98             |

За даними таблиці 3.4., літній період 2021 року, у порівнянні з іншими дослідними роками, був одним із найтепліших за всю історію наших метеорологічних спостережень, із опадами в межах норми. Метеорологічне літо 2021 (коли відбувся стійкий перехід середньої добової температури повітря через

+15 °С у бік підвищення) розпочалося 15 травня. За рівнем середньої температури повітря за сезон воно увійшло в трійку найбільш теплих за період спостережень з 1949 року. Середня температура становила 22,1 °С, що на 1,5 °С вище норми, а кількість днів із температурою понад 30 °С досягла 31: найбільше спекотних днів було у липні - 17, у серпні - 9, у червні - 5. Встановлено, що найхолоднішими днями відзначилась I декада червня та III декада серпня, коли мінімальна температура повітря знижувалася до 8...10 °С. Для цього періоду було характерним чергування прохолодних декад із тривалими хвилями спеки, що проявлялося особливо наприкінці червня та протягом липня. Небезпечних значень ( $\geq 15$  м/с) швидкість пориву вітру досягала лише у липні - 2 доби. Сумарна кількість опадів становила 177,9 мм, що відповідає 95 % кліматичної норми. Для літа 2021 року був характерний нерівномірний розподіл атмосферних опадів: найбільша кількість дощових днів припадала на червень, тоді як липень і серпень містили періоди до 7...12 днів без опадів.

Встановлено, що літо 2022 року було помірно теплим, із середньою сезонною температурою 21,6 °С, тобто на 1,0 °С вище кліматичної норми. Кількість днів із температурою понад 30 °С становила 22, що на 9 днів менше, ніж у 2021 році і на 5 - ніж у 2023 році. Температурний режим характеризувався наявністю кількох короткочасних періодів теплої та спекотної погоди, чергуванням із прохолодними днями, особливо у липні, коли середній температурний фон був нижчим від норми на 4-6 °С. Найвища температура повітря 34,5 °С була зафіксована 6 липня 2022 року, а мінімальна температура повітря 10,1 °С - 18 липня 2022 року. Визначено, що III декада серпня (з 18 до 31 числа місяця) характеризувалась незвично теплими ночами з мінімальною температурою повітря з 22 години до 3 години ранку в межах +10...+13 °С. Кількість днів із температурою повітря +30 °С і вище в літній період 2022 року становила 22, що більше звичайного: у червні - 10 днів; у липні - 5 днів; у серпні - 7 днів. У червні зафіксовано дві доби з максимальною швидкістю вітра 15-16 м/с. У липні максимальна швидкість не перевищувала 14 м/с, а у серпні лише

1 день видався з небезпечним вітром 15 м/с. У той же час, кількість опадів становила 169,5 мм, що відповідає 91 % норми. Попри загальне наближення до нормативних значень, структура випадіння опадів була надзвичайно нерівномірною: найбільш дощовими періодами були друга декада липня та перша–друга декади серпня, тоді як третя декада липня й серпня була практично бездощовою. Характерними для цього сезону стали часті чергування дощових фаз із сухими, проте тривала або масштабна літня посуха не спостерігалася.

У 2023 році впродовж червня-серпня літній встановлено перевищення температурної норми: середня температура становила 21,6 °С що на 1,06 °С вище норми. Характерною особливістю цього літа було чергування хвиль спеки з періодами значного зниження температури повітря. Загалом за сезон зафіксовано 27 днів із температурою понад 30 °С (у серпні - 16, у липні - 6, у червні - 5), а найтриваліший спекотний період зафіксовано впродовж серпня місяця. 1 червня 2023 року було зафіксовано найнижчий серед трьох дослідних років мінімум температури - 5,6 °С, а максимум (6 серпня) - 35,0 °С. Небезпечні значення швидкості пориву вітру, а саме 16-17 м/с, встановлено в серпні (2 доби), а у липні та червні максимальна швидкість не перевищувала 13-14 м/с.

За кількістю опадів червень 2023 року виявився одним з найсухіших в Україні, а на Черкащині за останні 30 років спостережень. Загальна кількість опадів влітку 2023 року становила 183,3 мм (приблизно 98 % норми) і була найвищою у порівнянні з 2021 та 2022 роками. Водночас літній сезон 2023 року вирізнявся найсильнішою нерівномірністю розподілу опадів: червень і серпень були одними з найсухіших, тоді як 60% усіх літніх опадів цього року припало на липень, який характеризувався надмірною кількістю дощів та різкими змінами погодних процесів. Це свідчить про різко виражений контраст між посушливими й надмірно дощовими періодами в межах одного сезону.

Таким чином, літні періоди 2021-2023 років характеризуються підвищенням середніх температур відносно кліматичної норми на  $1,4 \pm 0,35$  °С та наявністю хвиль спеки різної тривалості та інтенсивності. За сумарною кількістю опадів літні сезони 2021-2023 років перебувають в межах кліматичної норми

(91...98 %), однак характеризуються значною нерівномірністю їх розподілу та зростанням частоти конвективних явищ. Найбільш рівномірно розподілені опади спостерігалися влітку 2021 році, тоді як літом 2023 року зафіксовано найбільшу сезонну контрастність, що формує потенційні ризики як для рослинництва, так і для тваринництва, зокрема через вплив на мікроклімат тваринницьких приміщень.

Осінні сезони 2021-2023 років характеризувалися значними відмінностями за температурним режимом, кількістю опадів та частотою небезпечних метеорологічних явищ (табл. 3.5).

**Таблиця 3.5**

**Кліматичні показники осіннього періоду 2021....2023 рр.**

| Період                 | Температура, °С |       |                      |       |      | Опади, мм          |       |             |
|------------------------|-----------------|-------|----------------------|-------|------|--------------------|-------|-------------|
|                        | середня         | норма | відхилення від норми | max   | min  | загальна кількість | норма | % від норми |
| <b>Осінь 2021 року</b> |                 |       |                      |       |      |                    |       |             |
| Вересень 2021          | +13,3           | +14,8 | -1,5                 | +28,9 | +2,1 | 53,5               | 54    | 99          |
| Жовтень 2021           | +7,6            | +8,4  | -0,8                 | +19,1 | -3,9 | 31,6               | 44    | 72          |
| Листопад 2021          | +4,7            | +2,6  | +2,1                 | +15,6 | -8,5 | 36,2               | 39    | 93          |
| Осінь 2021             | +8,5            | +8,6  | -0,1                 | +28,9 | -8,5 | 121,3              | 137   | 89          |
| <b>Осінь 2022 року</b> |                 |       |                      |       |      |                    |       |             |
| Вересень 2021          | +13,3           | +14,8 | -1,5                 | +28,9 | +2,1 | 53,5               | 54    | 99          |
| Жовтень 2021           | +7,6            | +8,4  | -0,8                 | +19,1 | -3,9 | 31,6               | 44    | 72          |
| Листопад 2021          | +4,7            | +2,6  | +2,1                 | +15,6 | -8,5 | 36,2               | 39    | 93          |
| Осінь 2021             | +8,5            | +8,6  | -0,1                 | +28,9 | -8,5 | 121,3              | 137   | 89          |
| <b>Осінь 2023 року</b> |                 |       |                      |       |      |                    |       |             |
| Вересень 2023          | +18,1           | +14,8 | +3,3                 | +28,4 | +4,1 | 19,6               | 54    | 36          |
| Жовтень 2023           | +11,5           | +8,4  | +3,1                 | +23,1 | -4,3 | 49,9               | 44    | 113         |
| Листопад 2023          | +4,9            | +2,6  | +2,3                 | +18,2 | -7,0 | 124,0              | 39    | 318         |
| Осінь 2023             | +11,5           | +8,6  | +2,9                 | +28,4 | -7,0 | 193,5              | 137   | 141         |

За даними аналіз, результати якого викладені в таблиці 3.5., встановлено міжрічні тенденції та окреслено головні кліматичні особливості кожного сезону. У 2021 році середня температура впродовж вересня-листопада становила 8,5 °С, що на 0,1 °С нижче норми. У порівнянні з аналогічним періодом за 2015-2020 роки, встановлено, що осінній сезон 2021 року є найхолоднішим за останні п'ять років, а перші заморозки було зафіксовано вже 6 вересня. У той же час середня температура повітря впродовж вересня була 13,3 °С, що на 5,7 °С вище ніж в жовтні та на 8,1 °С нижче за серпень поточного року. Крім того, у вересні Черкащина опинялася в теплому секторі північних циклонів, коли середньодобова температура перевищувала норму на 1...4 °С. Зафіксоване коливання атмосферного тиску від 769 мм до 729 мм. Встановлено, що осінь 2021 року була малозволоженою: загальна кількість опадів становила 121,3 мм (89 % норми). Відзначено 3 тривалі періоди без опадів (15–38 діб), а ефективні опади випадали лише упродовж 1-3 днів кожного місяця внаслідок виходу Південного циклону (13-14.10). Проте періодично спостерігалися активні циклонічні процеси (вересневі зливи, листопадові тумани та ожеледиця). Перший сніговий покрив сформувався 24 листопада, але його висота становила менше 0,5 см, і тривалість залягання не перевищила 1 добу.

У 2022 році осінь була теплішою - середня температура повітря становила 8,8 °С, що на 0,2 °С вище норми. Сезон вирізнявся надмірною кількістю опадів, що впливало на термічний режим: тривалі дощові періоди супроводжувалися охолодженнями у вересні та листопаді, тоді як жовтень був відносно теплим. Впродовж вересня місяця один за одним народжувалися нові і нові циклонічні вихори, які формували прохолодну та дощову погоду. Хоча перші заморозки як і в 2021 році відмічалися рано, а саме 7 вересня, загальний температурний фон був ближчим до багаторічної норми: 8,5 °С за норми 8,6 °С. Максимальне значення температурного режиму сягало 28,9 °С, що у 3,3 рази вище норми. Стійкі переходи середньодобової температури повітря в бік зниження відбулися: через +15° 2 вересня, що на майже на два тижні раніше середніх багаторічних строків; через +10° 11 жовтня, що на 5 днів пізніше середніх багаторічних

строків; через +5° 14 листопада, що на 11 днів пізніше звичайного. Крім того, було відмічене надмірне зволоження: за сезон випало 237,8 мм опадів, що відповідає 174 % норми. Вересень і листопад увійшли до числа найбільш дощових за останні 30 років. Із небезпечних явищ лише у жовтні спостерігалися грози, тумани та посилений вітер 15-16 м/с.

Осінь 2023 року була найбільш теплою за весь період дослідження. Середня температура сезону становила 11,5 °С, що на 2,9 °С вище норми. Плюсова аномалія температури спостерігалася у всі місяці. Вересень був по-літньому теплим та сухим, жовтень - аномально теплим, а листопад - найтеплішим серед досліджених років, за винятком останньої декади, коли відбулося різке зниження температури. Перші заморозки на ґрунті також були ранніми (10 вересня), проте їх інтенсивність була низькою. Встановлено, що 28 жовтня максимальна швидкість вітру досягала 22 м/с.

Встановлено, що впродовж вересня-листопада 2023 року було зафіксовано надмірну кількість опадів - 195,3 мм (141% норми), що на 33,5 % більше у порівнянні з аналогічним періодом 2021 та 2022 років. Хоча вересень 2023 року був сухим, жовтень і листопад цього ж року відзначалися кількома інтенсивними циклонами, які формували значний сніговий покрив та спричиняли складні погодні умови. Особливо інтенсивний циклон було зафіксовано 26-27 листопада, коли за один день випала майже місячна норма опадів - 124,9 мм.

Слід також зазначити, що впродовж 2021-2023 років спостерігається щорічне подовження температурного режиму з серпня місяця, коли середня температура становила  $22,3 \pm 0,5$  °С, на вересень з температурною відміткою  $14,9 \pm 1,6$  за середньо нормованого показника температури 8,6 °С норми. Це свідчить про глобальне потепління зі зміщенням сезонних температур на 12...18 днів. Крім того в осінній період 2021 року домінував дефіцит вологи, тоді як осінь 2022 та 2023 років характеризувалася надмірним та високим рівнем опадів відповідно.

Таким чином, аналіз динаміки кліматичних параметрів за 2021–2023 рр. Золотоніського району Черкаської області, на території якого розміщено

дослідне господарство СТОВ «Перемога», вказує на чітко виражене підсилення тренду потепління, яке супроводжується зміною режимів опадів, частішими погодними аномаліями та зміщенням сезонних меж.

### **3.3. Моніторинг благополуччя дійних корів**

#### **3.3.1. Дослідження умов утримання дійних корів**

Визначення показників мікроклімату (табл. 3.6) дослідного корівника №1 у порівнянні з нормативними показниками НТП-АПК 01.05 [29] свідчить про його виражену сезонну варіабельність та відхилення від зоогігієнічних норм, які були найбільш вираженими у зимовий період (грудень-лютий) та в окремі літні місяці (червень-серпень).

У зимовий період температура повітря в приміщенні становила  $+1...+3$  °С, що є нижчим за нормативний діапазон 8-10 °С. Це свідчить про недостатню теплоізоляцію або вентиляційний дисбаланс та створює ризик холодового стресу у дійних корів. Водночас відносна вологість перебувала в межах 68-72 %, що відповідає допустимій нормі (65–75 %). Швидкість руху повітря (0,25-0,35 м/с) відповідала нормованим зимовим значенням (0,3–0,5 м/с). У той же час, концентрація  $\text{NH}_3$  (35–38 мг/м<sup>3</sup>) та рівень  $\text{CO}_2$  (0,5–0,6 %,) вдвічі перевищували норму, що свідчить про недостатню кратність повітрообміну у холодний період року.

У весняний період температурні показники ( $+12...+24$  °С) наближалися до фізіологічно комфортного діапазону, проте в серпні місяці перевищували оптимальні значення на 10 %. Концентрація  $\text{NH}_3$  знижувалася до 22–32 мг/м<sup>3</sup>, проте все ще перевищувала максимально нормоване значення ( $\leq 20$  мг/м<sup>3</sup>): на 10 % в березні, на 22,7 % - в квітні та на 60 % у травні. Вміст  $\text{CO}_2$  перевищував допустимий рівень на 12-28 %, але у порівнянні з зимовим періодом знизився у 1,5 рази.

Параметри мікроклімату в корівнику в різні пори року ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )

| Показники мікроклімату                                 | Пора року      |                |                 |                |
|--|----------------|----------------|-----------------|----------------|
|  | Зима           | Весна          | Літо            | Осінь          |
| Температура повітря, °C                                | $+2 \pm 0,5$   | $+18 \pm 3,5$  | $+31,3 \pm 4$   | $+18 \pm 3,5$  |
| Відносна вологість повітря, %                          | $70 \pm 1,15$  | $71,7 \pm 2$   | $85 \pm 1,7$    | $75 \pm 1,7$   |
| Швидкість руху повітря, м/сек                          | $0,3 \pm 0,02$ | $0,6 \pm 0,06$ | $0,9 \pm 0,02$  | $0,6 \pm 0,03$ |
| Концентрація у повітрі $\text{NH}_3$ , $\text{мг/м}^3$ | $35 \pm 1,73$  | $27 \pm 2,88$  | $20 \pm 1,15$   | $27 \pm 1,72$  |
| Концентрація у повітрі Сірководеню, $\text{мг/м}^3$    | $15 \pm 0,6$   | $12 \pm 1,15$  | $10 \pm 0,6$    | $12 \pm 0,6$   |
| Концентрація у повітрі $\text{CO}_2$ , %               | $0,5 \pm 0,05$ | $0,3 \pm 0,01$ | $0,1 \pm 0,005$ | $0,3 \pm 0,01$ |

Найбільш критичні відхилення показників мікроклімату зафіксовані влітку: температура досягала  $+31,3 \pm 4^\circ\text{C}$ , що значно перевищує зону термонеutralності для дійних корів ( $-5 \dots +25^\circ\text{C}$ ) і створювало ризик теплового стресу. Швидкість руху повітря зростала до  $0,8-1,0$  м/с, що відповідає літнім нормативам і частково компенсує теплове навантаження. Концентрація  $\text{NH}_3$  перебував в межах нормованих значень впродовж червня-липня місяця і лише на 10 % перевищував норму впродовж серпня місяця. Газовий склад повітря за  $\text{CO}_2$  знизився у 3 рази в порівнянні з весняним періодом та був у двічі нижче максимального граничного значення ( $\leq 0,25$   $\text{мг/м}^3$ ).

В осінній період параметри мікроклімату поступово стабілізувалися: температура становила  $+14 \dots +22^\circ\text{C}$ , відносна вологість 72-78 %, швидкість руху повітря  $0,5-0,7$  м/с. Температурні параметри впродовж вересня-листопада відповідали термонеutralному періоду для дійних корів. В осінні місяці зафіксовано різке підвищення концентрації  $\text{NH}_3$  до  $27 \pm 1,72$   $\text{мг/м}^3$ , що на 36 % вище ніж в серпні місяці. Перевищення концентрації аміаку в осінній період

норму свідчити про недостатню ефективність систем видалення гною та повітряобмін в тваринницькому приміщенні. Крім того, зафіксоване стрімке підвищення у 3 рази концентрацію CO<sub>2</sub> в порівнянні з літнім періодом.

Мікробне обмінення повітря корівника, незалежно від сезону року, перевищувало допустимі норми на 2-3 тис.·КУО/м<sup>3</sup> у зимовий період та на 4-4,5 тис.·КУО/м<sup>3</sup> – в перехідний, що створювало ризик виникнення інфекційних захворювань.

За результатами гігієнічної оцінки корів з використанням чотирибальної мультизоннальної оцінки чистоти тварин (чистота вим'я, нижньої частини кінцівок, стегон та боків корів) в осінньо-весняний період встановлено, що 83% дослідних тварин отримали 3 бали: вим'я помірно брудне (12...21 % поверхні), вище вінчика, на стегнах і боках бруд у вигляді сухих «коржів», але волосяний покрив проглядається. У той же час, 17 % дослідних корів отримали за результатами оцінки чистоти отримали 4 бали: вим'я вкрите сухими «коржами» бруду (30...34 % поверхні), шкіра над вінчиком вкрита щільними «коржами», які поширюються до верхньої частини кінцівки, а шкіра на стегнах і боках вкрита щільними «коржами». Індекс гігієнічної оцінки (ІГО) становив 3,17 бали, що перевищувало граничний рівень 3,0 бали та характеризувало гігієнічний стан тварин як незадовільний.

В літній період за результатами гігієнічної оцінки корів встановлено, що 76 % дослідних тварин отримали 3 бали, 18 % - 2 бали та 6 % - 4 бали. Індекс гігієнічної оцінки (ІГО) становив 2,88 бали.

Одержане значення ІГО в літній період свідчить про покращення санітарного стану дійного стада порівняно з осінньо-весняним періодом на 0,29 бали та його відповідність задовільному гігієнічному рівню. Водночас цей показник з червня по серпень місяць включно перевищує оптимальні нормативні значення ( $\leq 2,0$  бали), що вказує на необхідність подальшого удосконалення системи утримання та санітарного менеджменту з метою досягнення високого рівня гігієни тварин.

### 3.3.2. Гігієнічна оцінка світлового середовища корівника

Світлове середовище у приміщеннях для утримання дійних корів є важливим зоогігієнічним фактором, що впливає на поведінкову активність, споживання корму, фотоперіодичну регуляцію ендокринних процесів та молочну продуктивність тварин [126, 180]. Світло визначає циркадні ритми та фізіологічний статус ВРХ, а оптимізація фотоперіоду й інтенсивності освітлення сприяє підвищенню надоїв і покращенню відтворної здатності корів [41].

В дослідному корівнику № 1 комбіновану систему освітлення - природна та штучна. Штучне освітлення забезпечується 158 лампами розжарювання потужністю 0,75 Вт кожна. Розміри приміщення становлять 71×21×10,5 м, площа підлоги - 1491 м<sup>2</sup>. Загальна встановлена потужність штучного освітлення становила:

$$P_{\text{заг}} = 158 \times 0,75 = 118,5 \text{ Вт}$$

Питома потужність освітлення корівника дорівнювала:

$$P_{\text{пит}} = 118,5 / 1491 = 0,08 \text{ Вт/м}^2$$

За світлової віддачі ламп розжарювання (12 лм/Вт) сумарний світловий потік становив 1422 лм, що забезпечило середню освітленість приміщення лише 0,95 лк. Отже, штучне освітлення у дослідному корівнику № 1 є критично недостатнім і не відповідає нормативним вимогам (50-75 лк) для утримання дійних корів згідно НТП-АПК 01.05 (2012).

Природне освітлення забезпечувалось 20 вікнами (по 10 з кожного боку) розміром 5 × 1,5 м. Загальна площа світлових прорізів становила 150 м<sup>2</sup>. Світловий коефіцієнт дорівнював:

$$K_{\text{св}} = 150 / 1491 = 0,10 (1:10)$$

Відповідно до зоогігієнічних вимог НТП-АПК 01.05 (2012), світловий коефіцієнт у корівниках повинен становити 1:10–1:15. Отримані результати

свідчать про достатню площу світлопрорізів і задовільний рівень природного освітлення приміщення.

Коефіцієнт природної освітленості (КЕО) визначали з урахуванням світлопропускну здатності застакнення ( $\tau = 0,65$ ):

$$\text{КЕО} = 0,5 \times \text{К}_{\text{св}} \times \tau \times 100 = 3,25 \%$$

КЕО сягає 3,25 % перевищував мінімально допустимий рівень для приміщень утримання великої рогатої худоби у 2,2 рази, що свідчить про достатній рівень природного освітлення корівника № 1 у денний період.

Разом з тим у темний період доби та взимку освітлення у приміщенні забезпечувалось штучними електроджерелами, рівень яких становив лише 0,95 лк, що у 75 разів нижче нормованого значення.

Таким чином, природне освітлення дослідного корівника № 1 відповідає зоогігієнічним вимогам за світловим коефіцієнтом і коефіцієнтом природної освітленості, тоді як існуюча система штучного освітлення не забезпечує нормованої освітленості у темний період доби. Для формування стабільного світлового режиму тривалістю 16 год світла інтенсивністю 50-75 лк згідно загальнонормованих значень, рекомендованого для дійних корів, необхідна модернізація системи освітлення.

### **3.3.3. Аналіз впливу сезонних температурних режимів на поведінку дійних корів**

За результати оцінки тенденцій зміни клімату на території Черкаської області та визначення параметрів мікроклімату тваринницького приміщення для утримання дійних корів в СТОВ «Перемога» встановлено комплексний взаєв'язок між параметрами мікроклімату та терморегуляторними реакціями організму дійних корів (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

**Результати впливу температури в корівнику та температурних режимів  
навколишнього середовища на поведінку дійних корів ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )**

| Акт поведінки             | Період                                   |   |   | Норма       |
|---------------------------|--|---|---|-------------|
|                           | низько-<br>температурний<br>( $< -5$ °C) | високо-<br>температурний<br>( $> +25$ °C) | термо-<br>нейтральний<br>( $-5 \dots +25$ °C) |             |
| 1                         | 2  | 3   | 4   | 5           |
| Ранок (5...8 година)      |  |   |   |             |
| Температура тіла, °C      | 38,0±0,008                               | 38,2±0,026                                | 38,01±0,006                                   | 38,5...39,5 |
| Дихальні рухи,<br>рухи/хв | 24,3±1,81                                | 51,60±0,88                                | 37,62±0,43                                    | 10...30     |
| Лежання, хв               | 600±9,38                                 | 450±21,16                                 | 700±12,81                                     | 720         |
| Поїдання корму, хв        | 340,3±5,17                               | 180,3±2,52                                | 240±1,29                                      | 240         |
| Рух (ходьба), хв          | 55±6,49                                  | 70±5,11                                   | 95±2,29                                       | 55...105    |
| Стояння, хв               | 200±4,67                                 | 180±3,81                                  | 100±2,86                                      | 90...115    |
| Напування, хв             | 20±0,34                                  | 60±0,12                                   | 30±0,51                                       | 40...25     |
| Обід (11...14 година)     |  |   |   |             |
| Температура тіла, °C      | 38,01±0,011                              | 38,5±0,029                                | 38,2±0,008                                    | 38,5...39,5 |
| Дихальні рухи,<br>рухи/хв | 25,55±2,12                               | 63,50±1,53                                | 39,68±0,47                                    | 10...30     |
| Лежання, хв               | 806±8,93                                 | 400±8,15                                  | 710±11,23                                     | 720         |
| Поїдання корму, хв        | 256±4,31                                 | 179±4,29                                  | 240±1,69                                      | 240         |
| Рух (ходьба), хв          | 33±0,12                                  | 38±0,27                                   | 95±1,17                                       | 55...105    |
| Стояння, хв               | 181±2,35                                 | 148±2,86                                  | 90±5,22                                       | 90...115    |
| Напування, хв             | 26±0,14                                  | 31±0,22                                   | 25±0,14                                       | 40...25     |
| Вечір (18...20 години)    |  |   |   |             |
| Температура тіла, °C      | 38,2±0,021                               | 38,98±0,027                               | 38,7±0,006                                    | 38,5...39,5 |
| Дихальні рухи,<br>рухи/хв | 30±1,15                                  | 56,48±1,29                                | 40,86±0,45                                    | 10...30     |
| Лежання, хв               | 540±7,54                                 | 670±8,36                                  | 720±0,22                                      | 720         |
| Поїдання корму, хв        | 260±4,22                                 | 200±3,26                                  | 240±1,43                                      | 240         |
| Рух (ходьба), хв          | 75,1±0,19                                | 105,2±0,27                                | 105±0,12                                      | 55...105    |

Таблиця 3.7. продовження

| 1             | 2          | 3           | 4           | 5        |
|---------------|------------|-------------|-------------|----------|
| Стояння, хв   | 130,3±3,37 | 100,71±4,31 | 105,11±0,22 | 90...115 |
| Напування, хв | 15±0,51    | 35±0,11     | 25±0,22     | 40...25  |

За даними табл. 3.7. встановлена залежність поведінкових і фізіологічних реакцій дійних корів від температурного режиму свідчить про суттєве відхилення умов утримання від зоогігієнічного оптимуму у періоди холодого (< -5 °С) та теплового (> +25 °С) навантаження.

Встановлено, що температура тіла корів у всіх досліджуваних періодах залишалася в межах фізіологічної норми, однак у високотемпературний період спостерігалася тенденція до її підвищення порівняно з термонеутральним на 0,19...0,30 °С та з низькотемпературним - до 0,8 °С у вечірній час, що свідчить про зростання теплового навантаження на організм. Найбільш чутливим фізіологічним індикатором температурного впливу була частота дихальних рухів. У високотемпературний період вона перевищувала показники термонеутрального у 1,37-1,60 раза та низькотемпературного - на 23-26 %, досягаючи максимальних значень у денні години ( $63,50 \pm 1,53$  рухів/хв), що характеризує розвиток компенсаторної тахіпноє при тепловому стресі.

Поведінкові реакції дійних корів також істотно модифікувалися залежно від температурного режиму. У термонеутральний період тривалість лежання відповідала фізіологічно оптимальному рівню та становила  $710 \pm 11,23$  хв. За високотемпературного періоду вона зменшувалася у 1,56 раза вранці та у 1,80 раза в обід порівняно з термонеутральним періодом, що відображає порушення комфортної поведінки відпочинку. Водночас у низькотемпературний період тривалість лежання перевищувала термонеутральний рівень на 12-18 %, особливо в обідні години, що свідчить про реалізацію енергозберігальної поведінкової стратегії в умовах холодого навантаження.

Аналогічну температурну залежність встановлено для кормової активності. У високотемпературний період тривалість поїдання корму впродовж

добы зменшувалася на 16,7-25,4 % порівняно з термонеїтральним та на 18-30 % порівняно з низькотемпературним періодом, що узгоджується з науковими даними про адаптивну реакцією зниження теплопродукції за рахунок пригнічення споживання корму [1, 16]. Натомість у низькотемпературний період кормова активність була вищою вранці і тривала  $340,3 \pm 5,17$  хв, зменшувалася в обідній час на 24,7 % від ранкового рівня та підвищувалася ввечері лише на 1,6 % від обіднього рівня. У той же час, порівняно з термонеїтральним періодом у ранкові години поїдання корму було більшим на 41,7 %, тоді як в обідні та вечірні години перевищувало його лише на 6,7 % та 8,3 % відповідно.

Рухова активність корів у високотемпературний період зростала відносно низькотемпературного на 15-36 % та досягала верхніх меж фізіологічної норми у вечірній час (105 хв), що можна розглядати як прояв поведінкової терморегуляції (пошук більш сприятливих мікрокліматичних зон). Водночас тривалість стояння у цей період зменшувалася на 17-45 % порівняно з низькотемпературним і на 5-44 % порівняно з термонеїтральним, що відображає зміну позиційної поведінки з метою оптимізації тепловіддачі.

Найбільш виражені температурозалежні зміни встановлено за показником напування. У високотемпературний період тривалість споживання води перевищувала термонеїтральний рівень у 1,24–2,40 рази та низькотемпературний - у 1,2-2,0 рази, що свідчить про активацію водного обміну як провідного механізму тепловіддачі при тепловому навантаженні.

Таким чином, на основі власних експериментальних спостережень встановлено, що найбільша інтенсивність температурозалежних змін поведінкових і фізіологічних реакцій припадала на обідні години, коли у високотемпературний період реєстрували максимальні значення частоти дихання та мінімальні показники лежання і кормової активності. У вечірній період спостерігалася часткова нормалізація поведінкових реакцій, однак вони не досягали рівня термонеїтрального стану.

### **3.3.4. Показники продуктивності корів протягом різних середньорічних температурних періодів**

Погодні умови є одним із ключових екологічних чинників, що визначають рівень продуктивності та фізіологічну стабільність ВРХ, зокрема молочного напрямку. Високі температури та підвищена вологість спричиняють тепловий стрес, який призводить до зниження надоїв, погіршення синтезу молочних компонентів і ослаблення адаптаційних механізмів тварин [77]. Доведено, що зміни індексу ТНІ безпосередньо корелюють з падінням надоїв і зниженням жирності та білковості молока, що особливо проявляється у періоди літніх теплових хвиль [54]. Інтенсивність теплового навантаження також впливає на стабільність клітинних мембран та метаболічний стан, що відображається у підвищенні соматичних клітин і варіаціях електропровідності молока [152]. Зміни мікроклімату у тваринницьких приміщеннях здатні модифікувати поведінкові реакції корів, баланс споживання корму та води, що опосередковано впливає на продуктивність і якість сирової продукції [157]. Крім того, кліматичні стресори можуть змінювати ферментативну активність та мікробіологічні показники молока, що є критично важливим для безпеки харчового ланцюга [184]. Для молочної худоби діапазон термонеутральної температури становить від -5 до +25 °С, відповідно нижчі та вищі значення вважають значним стрес-фактором, здатним знизити добову продуктивність на 5...15 % [116]. Тому комплексне вивчення впливу кліматичних умов та температурних режимів мікроклімату корівника на молочну продуктивність та якість молока має важливе значення для адаптації технологій виробництва в умовах глобальних кліматичних змін.

Метою досліджень було проаналізувати вплив температурного режиму в різні температурні періоди року на молочну продуктивність корів та показники якості та безпечності молока.

За результати моніторингу температурних режимів навколишнього середовища та добових надоїв корів впродовж 2021-2023 років, встановлено, що

надої корів зазнають суттєвих коливань за різних температур навколишнього середовища (табл. 3.8).

Середньодобовий температурний режим грудня, січні та лютого 2021-2023 років ( $-0,1 \dots -2,2$  °C) відповідав нормованим значенням низькотемпературного періоду –  $< -5$  °C. У цей період середній добовий надій дійного стада становив  $26,9 \pm 0,4$  кг/гол:  $27,4 \pm 1,7$  кг/гол – у грудні,  $26,1 \pm 1,01$  кг/гол – у січні та  $27,2 \pm 1,4$  кг/гол впродовж лютого місяця. Крім того, слід зазначити, що температурні коливання впродовж  $18 \pm 3,8$  дів впродовж трьох зимових місяців, а саме раптове підвищення температури до  $+9,3 \dots +13,2$  °C, не призводило до суттєвого зниження надоїв в ці дні.

У той же час, визначено, що середньодобовий температурний режим впродовж березня, квітня, жовтня та листопада місяця 2021-2023 років ( $+1,8 \dots +11,5$  °C) відповідав нормованим значенням діапазону термонеутральної температури - від  $-5$  до  $+25$  °C. Максимальні температурні значення навколишнього середовища  $+15,6 \dots +23,4$  °C впродовж  $56,7 \pm 3,2$  діб (понад 50 % добового періоду) суттєво не впливають на середньодобові надої молока, які тримаються в цей період на рівні  $26,5 \pm 0,8$  кг/гол.

Тобто, під час максимального підвищення температури в цей період середньодобові надої знижуюються всього на  $0,35$  кг/гол, що в  $5,7$  разів менше, ніж у низькотемпературний період.

Найтривалішим визначено високотемпературний період (травень, червень, липень, серпень та вересень), який триває 5 місяців, тобто 152 доби на рік. Доведено, що у високотемпературний період ( $> +25$  °C) добові надої знижувалися до  $25,96 \pm 0,3$  кг/гол, що є найнижчим показником серед усіх трьох температурних періодів. Падіння продуктивності на  $0,94$  кг/гол порівняно з термонеутральною зоною та на  $0,89$  кг порівняно з низькотемпературним періодом свідчить про розвиток теплового стресу, який негативно впливає на молокопродуктивність.

Таблиця 3.8

**Добові надії молока впродовж останніх трьох лактацій за різних температурних умов  
навколишнього середовища ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )**

| Місяць року                                    | Температура, °C |     |               |     |       | Добовий надій, кг/гол            |             |   |
|--|-----------------|-----|---------------|-----|-------|----------------------------------|-------------|---|
|  | max             | діб | середня       | діб | норма | середній в<br>max<br>температуру | середній    | Норма для<br>породи<br>станом на<br>1.01.2024 |
| 1  | 2               | 3   | 4             | 5   | 6     | 7                                | 8           | 9   |
| <b>Низькотемпературний період (&lt;- 5 °C)</b> |                 |     |               |     |       |                                  |             |   |
| Грудень  | +9,3...+12,4    | 24  | -0,1...-0,8   | 69  | -2,6  | 27,1 ± 0,14                      | 27,4 ± 1,7  | 29,5 ± 5                                      |
| Січень   | +9,6...+13,2    | 19  | -0,2...-2,2   | 71  | -2,6  | 25,9 ± 0,37                      | 26,1 ± 1,01 | 29,5 ± 5                                      |
| Лютий  | +9,4...+12,2    | 11  | -0,4...+1,4   | 73  | -2,6  | 27,2 ± 0,21                      | 27,2 ± 1,4  | 29,5 ± 5                                      |
| <b>Високотемпературний період (&gt;+25 °C)</b> |                 |     |               |     |       |                                  |             |   |
| Травень  | +26,6...+29,3   | 60  | +14,7...+16,1 | 33  | +16,1 | 25,3 ± 0,29                      | 26,4 ± 2,0  | 29,5 ± 5                                      |
| Червень  | +32,0...+35,2   | 67  | +20,1...+21,4 | 23  | +19,8 | 25,7 ± 0,38                      | 26,5 ± 2,0  | 29,5 ± 5                                      |
| Липень   | +33,6...+34,5   | 84  | +20,8...+24,2 | 9   | +21,5 | 23,6 ± 0,18                      | 24,8 ± 2,4  | 29,5 ± 5                                      |
| Серпень  | +32,4...+35,0   | 56  | +21,4...+23,1 | 37  | +20,5 | 23,3 ± 0,29                      | 26,3 ± 2,1  | 29,5 ± 5                                      |

Таблиця 3.8. продовження

| 1                                     | 2             | 3  | 4             | 5  | 6     | 7           | 8          | 9        |
|---------------------------------------|---------------|----|---------------|----|-------|-------------|------------|----------|
| Вересень                              | +28,4...+28,9 | 74 | +13,3...+18,1 | 16 | +14,8 | 24,9 ± 0,14 | 25,8 ± 2,5 | 29,5 ± 5 |
| Термонеутральний період (-5...+25 °С) |               |    |               |    |       |             |            |          |
| Березень                              | +15,8..+20,3  | 51 | +1,8...+5,1   | 42 | +2,3  | 24,5 ± 0,18 | 24,9 ± 2,8 | 29,5 ± 5 |
| Квітень                               | +20,7...+23,4 | 57 | +7,8...+10,1  | 33 | +10,0 | 26,1 ± 0,1  | 26,6 ± 1,9 | 29,5 ± 5 |
| Жовтень                               | +19,1...+23,1 | 62 | +7,6...+11,5  | 31 | +8,4  | 27,7 ± 0,35 | 28,8 ± 0,7 | 29,5 ± 5 |
| Листопад                              | +15,6...+18,2 | 34 | +4,7...+11,5  | 56 | +2,6  | 27,9 ± 0,33 | 27,1 ± 1,3 | 29,5 ± 5 |

На наступному етапі досліджень вивчали особливості формування якісних показників молока за різних температурних умов (табл. 3.9).

**Таблиця 3.9**

**Показники якості та безпечності молока дійних корів впродовж 2021-2023 років за різних температурних умов ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )**

| Показник  | Дослідний період     |                     |                      |
|---|----------------------|---------------------|----------------------|
|   | низько-температурний | термо-нейтральний   | високо-температурний |
| Середньодобовий надій молока на 1 корову, кг                    | $26,9 \pm 0,4$       | $26,85 \pm 0,8$     | $25,96 \pm 0,3^*$    |
| Поїдання сухої речовини, кг/голову                              | $17,86 \pm 0,46$     | $18,06 \pm 0,59$    | $17,2 \pm 0,55^*$    |
| Вміст жиру в молоці, %  | $3,58 \pm 0,19$      | $3,7 \pm 0,02$      | $3,6 \pm 0,02$       |
| Вміст білку в молоці, %   | $3,47 \pm 0,19$      | $3,47 \pm 0,07$     | $3,32 \pm 0,04^*$    |
| Вміст соматичних клітин у молоці, тис/мл                        | $166 \pm 38$         | $181,4 \pm 18,73$   | $201,5 \pm 42,84$    |
| Загальна бактеріальна обсіменінність (ЗБО), КУО/см <sup>3</sup> | $55,33 \pm 13,68$    | $92,12 \pm 10,49^*$ | $406,8 \pm 118,26$   |

**Примітка:** \* -  $p < 0,05$

Аналіз таблиці 3.9. демонструє достовірний вплив температурного режиму на рівень споживання сухої речовини дійними коровами. Максимальне поїдання сухої речовини відмічено у термонеітральний період -  $18,06 \pm 0,59$  кг/гол., що на 1,1 % більше, ніж у холодний період, та на 4,8 % більше, ніж у жаркий період. Зменшення споживання корму в умовах високих температур є характерною ознакою теплового стресу та безпосередньо впливає на рівень продуктивності.

Встановлено, що масова частка жиру в молоці не мала достовірної залежності від температурного режиму утримання корів ( $p > 0,05$ ). Найвищу масову частку жиру в молоці спостерігали у термонеітральний період

( $3,70 \pm 0,02$  %), що на 0,12 % більше порівняно з низькотемпературним періодом і на 0,1 % - порівняно з високотемпературним. частка

Натомість масова білка у високотемпературний період ( $3,32 \pm 0,04$  %) була достовірно нижчою порівняно з холодним і термонеутральним ( $p < 0,05$ ): на 0,15 % або 4,3 % відповідно до їх рівня.

Вміст соматичних клітин у молоці поступово зростав зі збільшенням температури повітря:  $166 \pm 38$  тис/мл - у холодний період,  $181,4 \pm 18,73$  тис/мл - у термонеутральний,  $201,5 \pm 42,84$  тис/мл - у високотемпературний період. У високотемпературний період цей показник був на 21 % вищим, ніж у холодний, та на 11 %, ніж у термонеутральний.

Показник ЗБО виявив найвищу чутливість до температурних умов. У високотемпературний період він достовірно перевищував значення холодного та термонеутрального періодів ( $p < 0,05$ ). У низькотемпературний період він становив  $55,33 \pm 13,68$  КУО/см<sup>3</sup>, у термонеутральний –  $92,12 \pm 10,49$  КУО/см<sup>3</sup>, тоді як у високотемпературний період різко зростав до  $406,8 \pm 118,26$  КУО/см<sup>3</sup>. Тобто, у високотемпературний період ЗБО молока у 7,4 раза була вищою порівняно з холодним періодом та у 4,4 раза – порівняно з термонеутральним періодом. Кратність зростання ЗБО (у 7,4 раза відносно холодного періоду) має не лише статистичну, а й технологічну значущість, оскільки відповідає переходу молока з категорії екстра до першого гатунку. Отримані дані свідчать про значне погіршення санітарної якості молока за умов підвищеної температури ( $> +25$  °C), що може бути пов'язано з інтенсифікацією розвитку мікрофлори у зовнішньому середовищі, підвищеною вологістю, зниженням резистентності організму тварин та складністю підтримання гігієни доїння.

Зростання кількості соматичних клітин у молоці та ЗБО молока у високотемпературний період (травень, червень, липень, серпень та вересень) може свідчити про зростання ризику субклінічних маститів унаслідок теплового стресу та погіршення санітарного стану середовища.

Таким чином, в умовах високотемпературного періоду ( $> +25$  °C) у дослідному стаді 150 дійних корів за 152 дні (травень, червень, липень, серпень

та вересень) внаслідок зниження продуктивності до  $25,96 \pm 0,3$  кг/гол, та підвищення загального бактеріального обсіменіння до 406,8 тис./мл господарство недоотримує близько 21,4 тис. л молока екстра гатунку, що еквівалентно втраті близько 343 тис. грн доходу за сезон.

### **3.3.5. Аналіз впливу теплового стресу на репродуктивну функцію тварин**

Тепловий стрес (гіпертермія) є домінантним фактором, що знижує репродуктивну ефективність ВРХ, особливо в умовах високопродуктивних молочних порід, та виступає однією з найважливіших причин зниження показників запліднюваності й збільшення економічних втрат у молочному секторі [113].

На молекулярно-клітинному рівні підвищені температури призводять до активації окислювального стресу та порушення мітохондріальної функції в репродуктивних клітинах, що зумовлює погіршення життєздатності та компетентності ооцитів і ембріонів. Ці механізми пояснюють зниження якості ооцитів при впливі теплового навантаження та зменшення їхньої здатності до нормального завершення мейозу й подальшої ембріональної розвитку [138]. На рівні оогенезу і фолікулогенезу гіпертермія порушує динаміку росту фолікулів, процеси овуляції та знижує морфофункціональну якість ооцитів, що сприяє зростанню частоти невдалих запліднень і ранньої ембріональної загибелі [45, 74].

Крім того, тепловий стрес призводить до пригнічення прояву знаків еструсу та скорочення його тривалості, що знижує ефективність виявлення охоти та ускладнює своєчасне штучне осіменіння (зниження Insemination Rate і збільшення пропущених охит), що інтеграції автоматизованих систем моніторингу активності та модернізацію протоколів синхронізації овуляції у програми відтворення в теплий період року [49, 187].

Аналіз показників репродуктивної ефективності за 2021–2023 роки (CR, IR, PR) виявив суттєві міжрічні та сезонні коливання, що свідчать про вплив як

технологічних, так і фізіологічних чинників на ефективність відтворення стада (табл. 3.10).

**Таблиця 3.10**

**Результати осіменіння та запліднення корів за 2021-2023 роки**

| Місяць року | 2021 |      |      | 2022 |      |      | 2023 |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | CR   | IR   | PR   | CR   | IR   | PR   | CR   | IR   | PR   |
| Січень      | 35,6 | 44,3 | 15,5 | 36,5 | 48,4 | 17,7 | 34,4 | 44,4 | 15,1 |
| Лютий       | 25,3 | 39,5 | 9,7  | 41,7 | 37,9 | 15,7 | 42,5 | 50,5 | 21,3 |
| Березень    | 31,8 | 33,6 | 10,4 | 33,6 | 50,7 | 16,8 | 43,4 | 56,3 | 24,3 |
| Квітень     | 39   | 46,6 | 18,0 | 36,4 | 43,2 | 15,6 | 57,4 | 43,6 | 25,0 |
| Травень     | 38   | 46,6 | 17,4 | 34,7 | 46,2 | 15,9 | 33,1 | 58,5 | 19,3 |
| Червень     | 34,9 | 34,1 | 11,4 | 27,4 | 47,5 | 13,0 | 36   | 44,4 | 15,5 |
| Липень      | 23,5 | 24,6 | 5,5  | 31,6 | 49,8 | 15,7 | 27,9 | 51,1 | 14,1 |
| Серпень     | 20   | 31,7 | 6,1  | 27,7 | 44,2 | 12,2 | 9,8  | 46,0 | 4,3  |
| Вересень    | 24,4 | 27,4 | 6,5  | 44,8 | 45,8 | 20,5 | 27,9 | 50,0 | 13,9 |
| Жовтень     | 41,8 | 29,0 | 12,0 | 38,9 | 46,6 | 18,0 | 43,6 | 42,7 | 18,3 |
| Листопад    | 38,6 | 22,9 | 8,6  | 41,1 | 48,8 | 20,0 | 47,8 | 57,3 | 27,2 |
| Грудень     | 43   | 30   | 12,7 | 38,7 | 54,6 | 21,0 | 48,1 | 56,1 | 26,6 |

За даними таблиці 3.10. встановлено, що динаміка заплідненості (CR) демонструє загальну тенденцію до підвищення у 2023 році порівняно з 2021 та 2022 роками. Найвищі значення у 2023 році спостерігалися у квітні (57,4 %), жовтні (43,6 %) та грудні (48,1 %), що перевищує аналогічні періоди 2021-2022 років. Це свідчить про покращення технологічних умов, оптимізацію протоколів осіменіння чи зниження рівня теплового стресу в періоди з помірною температурою. Найнижчі показники CR у 2023 році відзначено у серпні (9,8 %), що є критично низьким значенням та вказує на сильний негативний вплив

високих температур у літні місяці. Подібна тенденція простежувалась і у 2021 (20,0 %) та 2022 (27,7 %), що підтверджує повторюваний сезонний ефект.

Інтенсивність осіменіння (IR) у 2023 році в середньому є вищим, ніж у 2021-2022 роках, що відображає більш ефективну систему виявлення охоти. Значення IR перевищували 50 % у лютому (50,5 %), березні (56,3 %), травні (58,5 %), липні (51,1 %) та листопаді (57,3 %). Помітне збільшення IR у зимово-весняний період може бути результатом зниження теплового навантаження, а також оптимізації селекційно-технологічної роботи. Водночас у серпні 2023 року IR становив лише 46,0%, що корелює зі зниженим CR та PR, що вказує на комплексний негативний вплив сезонного перегрівання на поведінкові прояви еструсу.

У той же час, рівень тільності (PR) є інтегральним і відображає сукупний вплив як якості осіменіння, так і фізіологічного стану дослідних корів. Встановлено, що у 2023 році PR досяг найвищих значень за весь період спостережень: березень -24,3 %, квітень - 25,0 %, листопад - 27,2 %, грудень - 26,6 %. Порівняно з 2021 роком у ці місяці рівень тільності зріс у 1,5–2,5 рази. Це свідчить про помітне підвищення ефективності відтворення стада. Критичним періодом у 2023 році знову став серпень - лише 4,3 %. Аналогічне падіння спостерігалось у 2021 (6,1 %) та 2022 (12,2 %), що дозволяє зробити висновок про стабільний негативний вплив літніх температур на ранні стадії ембріонального розвитку.

Таким чином, встановлено, що 2021...2023 роки демонструють чітку сезонність репродуктивних показників: найнижча ефективність спостерігається влітку (липень–серпень), що узгоджується з негативним впливом теплового стресу на прояв еструсу, якість гамет і виживаність ембріонів. 2023 рік характеризується істотним підвищенням CR, IR і PR, що свідчить про поліпшення системи менеджменту відтворення, а також можливе посилення контролю за годівлею та умовами утримання. Найвищі показники тільності (PR) у 2023 році були зафіксовані у холодні та помірні місяці, що підтверджує високу чутливість корів до температурного фактору. У той же час, різке падіння

показників CR, IR і PR у серпні кожного року вказує на потребу впровадження заходів корекції систем охолодження (нових протоколів охолодження) та антистресових заходів для зниження впливу високих температур.

Для оцінки ефективності відтворення стада було проаналізовано ключові показники репродуктивної функції корів за 2021–2023 роки. Представлені в таблиці 3.11. дані свідчать про суттєві відхилення основних репродуктивних показників від рекомендованих галузевих норм, що дозволяє оцінити ефективність системи відтворення стада та визначити ключові проблемні зони.

**Таблиця 3.11**

**Результати оцінки відтворення стада за 2021-2023 роки**

| Показники                 | Дослідні роки |      |      | Нормований показник |
|---------------------------|---------------|------|------|---------------------|
|                           | 2021          | 2022 | 2023 |                     |
| Індекс осіменіння         | 2,25          | 2,19 | 2,45 | 1.8 - 2.0           |
| Сервіс період, діб        | 161           | 165  | 168  | 85 - 110            |
| Міжотельний інтервал, діб | 443           | 435  | 448  | 365 - 380           |
| Вихід телят, %            | 67            | 51,2 | 60   | 85                  |
| Рівень отелень, %         | 95,2          | 94,5 | 95,2 | 85 - 95             |
| Тривалість тільності, діб | 278           | 276  | 276  | 275 - 285           |

За результатами табл. 3.11, встановлено, що у 2021–2023 роках індекс осіменіння коливався в межах 2,19...2,45 при нормі 1,8–2,0. Найвищий показник зафіксовано у 2023 році (2,45), що вказує на збільшення кількості осіменінь, необхідних для настання тільності та може свідчити про зниження репродуктивної спроможності корів, порушення виявлення охоти або негативний вплив теплового стресу в літній період.

Встановлено, що тривалість сервіс-періоду у всі досліджувані роки суттєво перевищує нормативні значення (85–110 діб), демонструючи стабільну тенденцію до подовження. У 2021 році сервіс-період становив 161 добу, що

перевищувало верхню межу норми на 46,4 %. У 2022 році цей показник зріс до 165 діб, тобто був вищим за норматив на 50,0 %. Найбільше відхилення зафіксовано у 2023 році - 168 діб, що перевищує норму на 52,7 %. Таке прогресуюче збільшення сервіс-періоду свідчить про системні порушення у виявленні статевої охоти, ефективності осіменіння та відновленні репродуктивної функції корів після отелення.

Міжотельний інтервал становить 435-448 діб при нормі 365-380 діб, що свідчить про значне погіршення річного циклу отелення. Всі значення істотно перевищують норматив, що означає втрату одного отелення приблизно кожні 14-16 місяців замість оптимальних 12 місяців. Найгірший показник у 2023 році (448 діб) корелює з подовженим сервіс-періодом, підтверджуючи порушення динаміки відтворення.

Показник виходу телят у всі досліджувані роки був суттєво нижчим за нормований рівень (85 %), що свідчить про значні втрати на різних етапах відтворення. У 2021 році вихід телят становив 67 %, що було на 21,2 % нижче норми. У 2022 році спостерігалось найбільше відхилення - 51,2 %, тобто на 39,8 % нижче від рекомендованого рівня, що може вказувати на критичний вплив стресових або патологічних чинників. У 2023 році значення частково покращилося до 60 %, однак все ще залишалося на 29,4 % нижчим від нормованого показника. Такі відхилення демонструють системну проблему у репродуктивному ланцюгу, що може бути пов'язана з низькою заплідненістю, підвищеною ембріональною або плодною смертністю та порушеннями у менеджменті відтворення.

Попри інші негативні показники, рівень отелень та тривалість тільності залишаються відносно стабільним і знаходяться у межах нормованих значень впродовж дослідних років.

Таким чином, усі ключові репродуктивні показники (індекс осіменіння, сервіс-період, міжотельний інтервал, вихід телят) демонструють відхилення від нормованих значень, що вказує на низьку загальну ефективність відтворення стада. Подовжений сервіс-період та міжотельний інтервал свідчать про системні

проблеми з виявленням охоти, ефективністю осіменіння і відновленням репродуктивної функції після отелення. Серед всіх дослідних років, 2022 рік характеризується найгіршими показниками (особливо вихід телят), що може свідчити про вплив зовнішніх стресових факторів, насамперед теплового стресу.

Отримані результати обґрунтовують необхідність розробки стратегій адаптації і пом'якшення (охолодження, зміни менеджменту, селекція на термотолерантність) температурного впливу з метою покращення відтворювальної функції ВРХ.

### **3.3.6. Аналіз впливу мікроклімату приміщення, ректальної температури та кліматичних умов на показники відтворення стада**

Відтворювальна здатність молочної худоби є ключовим чинником ефективності виробництва, стабільності валових надоїв та економічної результативності молочного скотарства. Упродовж останнього десятиліття особливу увагу науковців привертає вплив теплового навантаження на фізіологічний стан корів, зокрема на перебіг еструсу, якість статевих клітин та результативність осіменіння. Згідно з даними сучасних досліджень, зміни температурних параметрів навколишнього середовища та мікроклімату тваринницьких приміщень спричиняють активацію механізмів теплового стресу, які порушують терморегуляцію, метаболізм та гормональну регуляцію статевої функції [55].

Одним із найбільш чутливих показників фізіологічної відповіді корів на теплове навантаження є ректальна температура, яка відображає внутрішнє теплове навантаження організму та корелює з рівнем індексу теплового стресу (ТНІ). Підвищення ректальної температури понад 38.8–39.0 °C асоціюється зі зниженням виявлення охоти, порушенням фолікулогенезу та зменшенням шансів на успішне запліднення [129]. У низці наукових робіт встановлено, що навіть короткотривале підвищення температури тіла на 0,3–0,5 °C здатне зменшувати ймовірність запліднення на 5–12 % [168].

Температурний режим корівника також відіграє ключову роль у формуванні репродуктивної відповіді. Недостатня вентиляція, надмірна густина утримання, акумуляція тепла та висока відносна вологість поглиблюють рівень теплового навантаження та негативно впливають на поведінкову та гормональну активність корів [157]. Встановлено, що мікрокліматичні параметри приміщення мають прямий зв'язок із частотою прояву еструсу та його інтенсивністю, що безпосередньо впливає на показники IR, CR і PR [88].

Сучасні дослідження (2023–2025 рр.) підтверджують, що глобальне зростання температур, збільшення частоти теплових хвиль та зміни сезонних характеристик мікроклімату корівників призводять до довготривалого термічного навантаження на високопродуктивних корів. У свою чергу, це спричиняє зсув фаз еструсу, погіршення якості ооцитів, зниження виживаності ембріонів на ранніх стадіях та зменшення ефективності першого осіменіння [199].

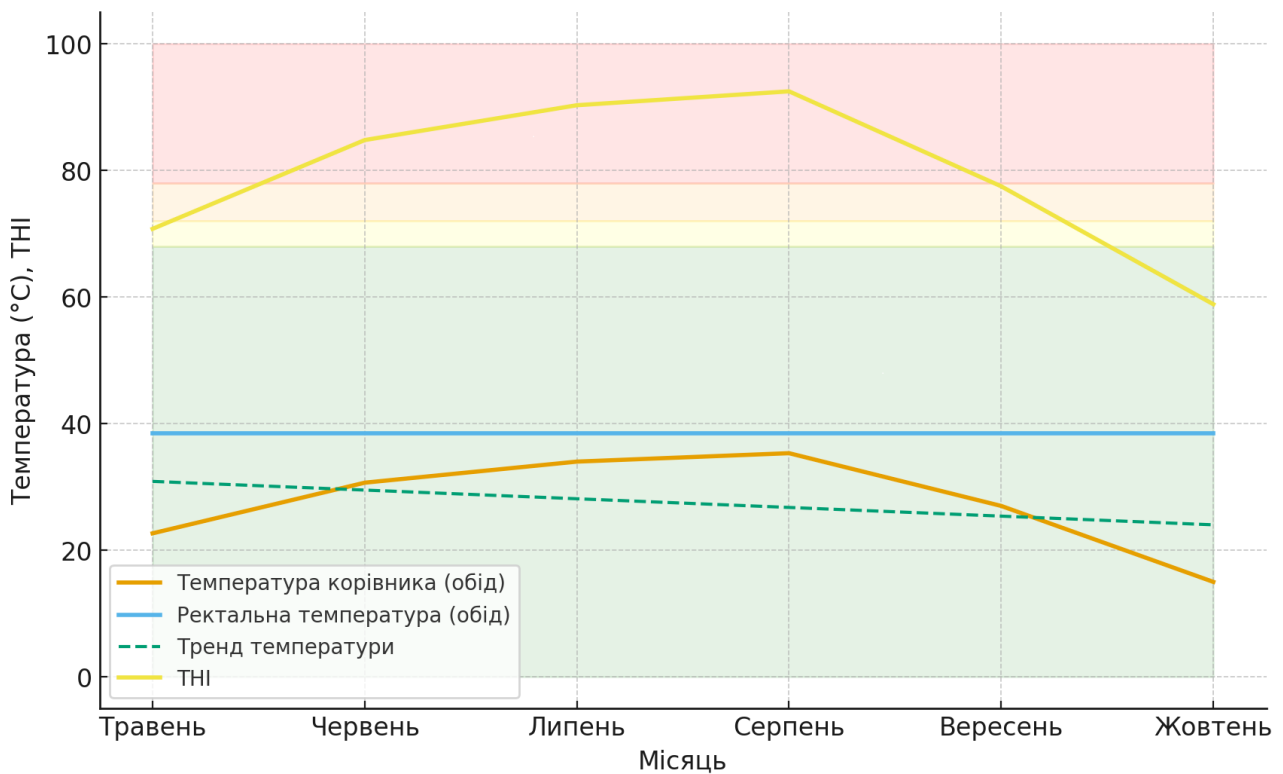
Отже, вивчення взаємозв'язку між ректальною температурою, температурними параметрами навколишнього середовища, мікрокліматом корівника та результативністю осіменіння є актуальним науковим завданням. Розуміння цих взаємозв'язків дозволить удосконалити системи моніторингу стану тварин та оптимізувати технології відтворення, зменшуючи репродуктивні втрати в умовах кліматичних змін.

За результатами моніторингу 2021-2023 років (табл. 3.12), встановлено наявність чіткої та відтворюваної залежності між температурою мікроклімату корівника та ректальною температурою тіла корів. Впродовж трьох років спостережень, визначено, що зміна температурних умов корівника відповідно відображалася на фізіологічній температурі тіла ВРХ, що підтверджує високу чутливість молочної худоби до параметрів мікроклімату, особливо в теплий період року.

**Результати температури мікроклімату корівника та ректальної температури корів впродовж доби (ранок, обід, вечір) ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )**

| Місяць року | Середнє значення температурних режимів впродовж 2021...2023 років |                                  |                                   |                                  |                                   |                                  |
|-------------|---|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|             | ранок<br>5...8 година   |                                  | обід<br>11...14 година            |                                  | вечір<br>18...20 година           |                                  |
|             | Температурний режим корівника, °C                                 | Ректальна температура тіла корів | Температурний режим корівника, °C | Ректальна температура тіла корів | Температурний режим корівника, °C | Ректальна температура тіла корів |
| Травень     | 12±1,15   | 38±0,1                           | 22,67±1,76                        | 38,5±0,1                         | 18,67±2,33                        | 39±0,1                           |
| Червень     | 17,33±1,2   | 38±0,1                           | 30,67±1,33                        | 38,5±0,1                         | 24,67±1,67                        | 39±0,1                           |
| Липень      | 19,7±1,45   | 38±0,1                           | 34±1,15                           | 38,5±0,1                         | 26,33±1,33                        | 39±0,1                           |
| Серпень     | 17,7±2,02   | 38±0,1                           | 35,33±1,33                        | 38,5±0,1                         | 31,33±0,67                        | 39±0,1                           |
| Вересень    | 12,67±1,33  | 38±0,1                           | 27±1,15                           | 38,5±0,1                         | 21±0,58                           | 39±0,1                           |
| Жовтень     | 10±1,15   | 38±0,1                           | 15±0,65                           | 38,5±0,1                         | 12,33±1,2                         | 39±0,1                           |

Встановлено, що у ранкові години (з 5 до 8 години ранку), за умов нижчих температур корівника ( $10 \pm 1,15 \dots 19,7 \pm 1,45$  °C) ректальна температура корів залишалася стабільною та знаходилася в межах фізіологічної норми  $39 \pm 0,5$  °C. Це свідчить про ефективне нічне охолодження тіла тварини та відсутність теплового стресу на початку доби. Проте в денний (з 11 до 14 години) і вечірній періоди (з 18 до 20 години), коли температура всередині приміщення підвищувалася, спостерігалось відповідне зростання ректальної температури, що вказує на активацію теплового навантаження на організм. Найбільш виражені зміни відзначені в обідню пору (рис. 3.5), особливо в червні-вересні, коли температура корівника сягала максимальних значень ( $27 \pm 1,15 \dots 35,33 \pm 1,33$  °C) і формувала умови середнього та високого теплового стресу.



**Рис. 3.5.** Результати температури корівника, ректальної температури та ТНІ (обідній період)

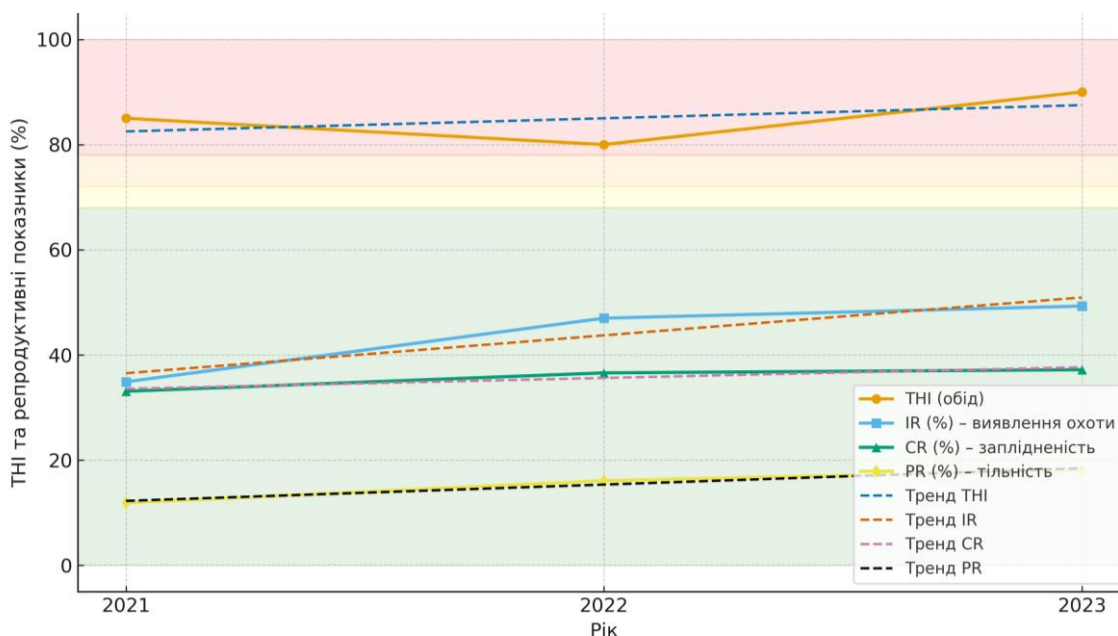
За результатами рис. 3.5. можна зробити висновок, що інтегральний показник, який відображає комбінований вплив температури повітря та відносної вологості на теплове навантаження на організм тварини (ТНІ, Temperature–Humidity Index) в обідній період (з 11 до 14 години) у корівнику характеризується найвищими температурами та найвищим рівнем ТНІ. Впродовж 2021-2023 років, щороку ТНІ з червня по вересень включно досягає критичної зони важкого теплового стресу (>78). Це створює суттєву загрозу для фізіологічного стану тварин, порушує тепловий баланс і негативно позначається на ефективності відтворення. У той же час, індекс ТНІ у травні та жовтні щорічно відповідали комфортній зоні (<68) та не несуть ризику теплового стресу.

Аналіз даних температурного режиму у корівнику (ранок, обід, вечір), ректальної температури тіла корів та індексу теплового стресу ТНІ свідчить про чітку сезонну динаміку теплового навантаження, яке безпосередньо узгоджується зі змінами ефективності відтворення - індексом охоти (IR),

коефіцієнтом заплідненості після осіменіння (CR) та результативністю осіменіння (PR) (табл. 3.12).

Встановлено, що в ранковий період відтворні показники впродовж 2021-2023 років у місяцях з мінімальним тепловим навантаженням (жовтень–квітень) були найвищими: CR становив 38,6-48,1 %, IR - 42,7-57,3 %, PR - 18,0-27,2 %.

У той же час, в обідній період ректальна температура корів зростала до 38,5°C, що відображає активацію компенсаторних механізмів терморегуляції у відповідь на надмірне теплове навантаження. У цей проміжок доби (з 11 до 14 години) з червня по вересень включно, коли ТНІ перевищував 78 (важкий тепловий стрес) спостерігалось суттєве падіння відтворної здатності: CR знижувався до 20,0-27,7 % влітку, IR зменшувався до 24,6-34,1 %, а PR - до критичних 4,3-12,2 %, що особливо спостерігалось у серпні 2023 р. (PR = 4,3 %) та серпні 2021 р. (PR = 6,1 %). Отже, високі обідні температури та значення ТНІ >78 призводять до зниження IR на 10-20 %, CR - на 20-30 %, PR - на 30-70 % порівняно із сезонними мінімальними значеннями ТНІ (рис. 3.6).



**Рис. 3.6.** Динаміка обіднього індексу ТНІ та репродуктивних показників корів (IR, CR, PR) у 2021-2023 рр.

Дані рисунку 3.6. демонструють чітку залежність між тепловим навантаженням та відтворною здатністю корів. Впродовж дослідних трьох років, у 2021 році обідній ТНІ досягав найвищих значень ( $\approx 85$ ), що відповідало зоні важкого теплового стресу.

Вечірні показники відтворення демонстрували зниження рівня IR та CR, проте PR у літні місяці, що узгоджується з накопиченням теплового стресу протягом доби.

Впродовж усіх трьох дослідних років у піковий літній період відбувається максимальне зниження IR, CR і PR, що повністю узгоджується з температурними кривими обіднього періоду. У місяцях з мінімальним тепловим навантаженням (жовтень–квітень) реєструються найвищі значення показників відтворення: IR - до 57 %, CR - до 48 %, PR - до 27 %. Враховуючи добові температурні режими, встановлено, що ранкові значення температури та ТНІ перебувають у комфортній зоні, а отже є оптимальними для штучного осіменіння корів. Проте, наявність пікового теплового навантаження в обідній час є достатнім для формування стійкого негативного впливу на репродуктивну функцію.

Таким чином, встановлено, що підвищення температури корівника призводить до пропорційного зростання ректальної температури тіла корів, а ступінь цього впливу залежить від тривалості та інтенсивності теплового навантаження. Отримані результати підтверджують необхідність постійного моніторингу параметрів мікроклімату в корівниках та впровадження систем охолодження в періоди підвищеного температурного ризику для запобігання тепловому стресу та його негативним наслідкам для здоров'я та продуктивності тварин.

### **3.4. Адаптаційні особливості дійних корів за зміни умов утримання та оптимізації параметрів мікроклімату**

На сучасному етапі розвитку молочного скотарства ключового значення набуває впровадження економічно ефективних і ресурсозберігаючих систем

утримання корів, які одночасно забезпечують високу продуктивність, знижують виробничі витрати та відповідають базовим фізіологічним потребам тварин. Підвищення вимог до добробуту, екологічної сталості та соціальної прийнятності виробництва молока стимулює перегляд традиційних рішень щодо конструкції корівників, планування технологічних зон і організації мікроклімату.

Сучасні наукові дані свідчать, що тип утримання (прив'язне/безприв'язне, відкриті та напіввідкриті рішення, системи з автоматизованим доїнням) може суттєво впливати на стан добробуту, технологічну ефективність та загальну сталість виробництва. Перехід від прив'язного утримання до безприв'язного із застосуванням автоматизованих систем доїння асоціюють із покращенням показників добробуту та виробничих параметрів, а також із потенційним зниженням екологічного навантаження на одиницю продукції [62]

Нашою метою було проаналізувати поведінкові реакції, продуктивність та якісний склад молока, дійних корів в процесі адаптації їх до нових умов утримання та доїння в дослідному корівнику №2. В дослідному господарстві СТОВ «Перемога» корів в дослідному корівнику №1 утримували на прив'язі у капітальному приміщенні на 200 корів з доїнням у молокопровід (УДМ-200), а потім переводили в новозбудований дослідний корівник №2 на безприв'язно-боксове утримання у капітальному приміщенні на 580 корів (4 бокси по 145 голови) та доїння на установці «Карусель».

#### **3.4.1. Загальна характеристика новозбудованого дослідного корівника №2 СТОВ «Перемога»**

Результати оцінки температурно-вологісного режиму, рівня освітленості, кратності повітрообміну та теплового навантаження на тварин у дослідному корівнику № 1, а також аналіз регіональної тенденції до підвищення середньорічної температури повітря та температур у високотемпературний період в умовах Золотоніського району Черкаської області стали науково-

практичним підґрунтям для архітектурно-будівельного проєктування та подальшого зведення нового корівника безприв'язного типу.

Під час розроблення об'ємно-планувальних і конструктивних рішень будівлі враховано вимоги чинних нормативних документів у галузі будівництва та проєктування сільськогосподарських будівель, зокрема ДБН В.2.2-8:2018 «Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення», а також загальні положення щодо забезпечення санітарно-гігієнічних та мікрокліматичних параметрів відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» і вимоги до природного та штучного освітлення згідно з ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Дослідний корівник № 2 (рис. 3.7, додаток 4-6) являє собою новозбудовану капітальну будівлю для безприв'язного утримання дійних корів, виконану за каркасною конструктивною схемою з урахуванням сучасних технологічних вимог до тваринницьких приміщень. Архітектурно-планувальні рішення будівлі були розроблені на основі результатів власних досліджень параметрів мікроклімату в корівнику № 1, що дозволило оптимізувати систему природної вентиляції, освітлення та організацію внутрішнього простору з метою забезпечення належного рівня термокомфورتу тварин.

При проєктуванні також враховано принципи гуманного поводження з тваринами та концепцію «п'яти свобод», запропоновану John Webster [194], що передбачає створення умов утримання, які мінімізують стресові фактори та сприяють реалізації природної поведінки тварин.

Об'ємно-планувальні параметри корівника були визначені з урахуванням науково обґрунтованих рекомендацій щодо будівництва приміщень для безприв'язного утримання дійних корів. Зокрема, проєктом передбачено ширину будівлі 32,5 м, висоту в коньку 10,5 м, ширину кормового столу 5,0 м, а також гнойові проходи шириною 2,8–3,6 м, що відповідає сучасним технологічним вимогам та рекомендаціям у галузі проєктування тваринницьких комплексів [3, 20].



**Рис. 3.7.** Дослідний корівник №2 та дослідні тварини СТОВ «Перемога»

Новозбудований корівник № 2 запроєктований у вигляді одноповерхової прямокутної будівлі каркасного типу (додаток 4-6). Несівні конструкції виконані із збірних залізобетонних елементів, а покриття даху - з металевих профільованих листів по металевих фермах. Таке конструктивне рішення відповідає вимогам проєктування сільськогосподарських будівель та забезпечує необхідну просторову жорсткість і довговічність споруди відповідно до вимог ДБН В.2.2-8:2018 «Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення».

Ширина будівлі становить 36 м, що на 10,8 % перевищує рекомендоване значення, наведене у НТП-АПК 01.05:2012 «Скотарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми)». Збільшення ширини забезпечує достатній внутрішній простір для раціонального формування функціональних зон годівлі, відпочинку та пересування тварин, що відповідає сучасним технологічним принципам організації безприв'язного утримання.

Довжина приміщення становить 150 м, що майже вдвічі перевищує довжину дослідного корівника №1. Такий параметр зумовлений більшою проектною місткістю приміщення - 580 корів. Для порівняння, відповідно до нормативних рекомендацій НТП-АПК 01.05:2012 «Скотарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми)», при утриманні 1000 корів довжина корівника має становити близько 94 м. Таким чином, прийняті об'ємно-планувальні параметри свідчать про масштабування будівлі відповідно до фактичної чисельності поголів'я ферми та прийнятої технологічної схеми утримання.

У планувальній структурі корівника передбачено чотири гнойові проходи. Два проходи шириною по 4,0 м розташовані вздовж кормового столу, ще два проходи шириною 3,2 м - між рядами боксів у зоні відпочинку тварин. Такі параметри перевищують науково обґрунтовані значення 2,8-3,6 м, наведені у рекомендаціях CIGR (2014), на 25-61 %. Збільшена ширина проходів забезпечує безперешкодний двобічний рух тварин (з урахуванням довжини тулуба двох корів), вільний доступ до кормового столу та напувалок, а також сприяє зменшенню міжтваринної конкуренції, травматизму та стресових ситуацій. При цьому вона перевищує мінімальну нормативну ширину проходів 2,9-3,2 м, необхідну для безпечного пересування корів у зоні годівлі та напування.

Для механізованого видалення гною у гнойових проходах корівника № 2 встановлено автоматизовану дельтаскреперну систему. Робочий орган скрепера має V-подібну форму і складається з двох шарнірно з'єднаних секцій із симетричними крилами, що забезпечує згрібання гнойової маси по всій ширині проходу та її транспортування до поперечного гнойового каналу. У робочому положенні крила скрепера розкриваються на 3,2 та 4,0 м відповідно, що відповідає ширині гнойових проходів корівника № 2 та забезпечує повне (100 %) очищення їх поверхні.

Автоматичний режим роботи електропривода системи налаштовано з інтервалом 1 година, що у 12 разів частіше, ніж у дослідному корівнику № 1. Робочий хід скрепера здійснюється у прямому напрямку зі швидкістю 5 м/хв, тоді як зворотний рух відбувається зі швидкістю, зменшеною вдвічі. Такий

кінематичний режим, відповідно до технічних характеристик установки, запобігає повторному перетягуванню гнойової маси, забезпечує рівномірне очищення проходів та не перешкоджає вільному переміщенню тварин під час роботи системи гноєвидалення.

Зона відпочинку тварин обладнана індивідуальними боксами розміром 1,2×2,2 м, що відповідає загальноприйнятим зоогігієнічним нормам для дійних корів середньої та великої живої маси. Між боксами встановлені металеві розділювачі, які забезпечують індивідуалізацію місць лежання та сприяють формуванню стабільної поведінкової структури стада.

Приміщення корівника поділено на чотири технологічні секції, кожна з яких розрахована на утримання 145 корів. Тип утримання – безприв'язний у групових загонах із вільним доступом до кормового столу, розташованого вздовж центрального кормового проходу. На кормовому столі встановлено систему фіксації тварин типу «Headlock», яка дає змогу здійснювати індивідуальну фіксацію корів під час проведення ветеринарних, зоотехнічних або технологічних маніпуляцій.

Внутрішній простір будівлі організовано за функціонально-технологічним принципом і поділено на основні зони:

1. зону відпочинку (боксы для лежання);
2. кормову зону (кормовий стіл уздовж центрального проходу);
3. гнойові проходи;
4. зону напування тварин.

На відміну від корівника № 1, у якому функціонує виключно природна система вентиляції, що базується на тепловій тязі (стековому ефекті) та вітровому тиску, система вентиляції корівника № 2 запроєктована з урахуванням експериментальних результатів досліджень мікроклімату, отриманих у корівнику № 1. Конструктивне рішення вентиляції включає бокові та торцеві вентиляційні прорізи, підвісні вентилятори, а також світло-вентиляційний гребінь у покритті будівлі. Така схема відповідає вимогам до забезпечення

нормативних параметрів повітрообміну та мікроклімату згідно з ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

З метою оптимізації параметрів мікроклімату та експериментальної оцінки ефективності різних систем повітророзподілу у приміщенні встановлено 12 підвісних рециркуляційних вентиляторів високого тиску AirBlaster Precision Velocity (J&D Manufacturing, USA). Застосована технологія Precision Velocity, за даними наукових досліджень [110, 150], забезпечує формування спрямованого повітряного потоку зі стабільною швидкістю на значній відстані. Крім того, на фасадних стінах будівлі змонтовано 32 осьові вентилятори надвисокої продуктивності типу MAGNUM 58” (J&D Manufacturing, USA), які забезпечують інтенсивний повітрообмін у період високих температур (додаток 3).

З метою зниження теплового навантаження на тварин у високотемпературний період року в корівнику № 2 змонтовано систему адіабатичного охолодження повітря шляхом туманоутворення (додаток 7). Система передбачає розпилення води у вигляді дрібнодисперсного аерозолі у зоні циркуляції повітря, що сприяє інтенсифікації теплообміну та зниженню температури повітря у приміщенні. Її встановлення здійснено з метою експериментальної апробації ефективності даного способу зменшення теплового стресу у дійних корів у поєднанні з системою механічної вентиляції.

На відміну від дослідного корівника № 1, де освітлення приміщення забезпечувалося виключно штучним способом за допомогою ламп розжарювання (158 ламп потужністю 75 Вт кожна), у корівнику № 2 передбачено комбіновану систему освітлення, яка поєднує природне освітлення у світлу частину доби та штучне освітлення у вечірній і нічний періоди. Таке рішення відповідає вимогам забезпечення нормативних показників освітленості виробничих приміщень згідно з ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Для організації природного освітлення у конструкції покриття по поздовжній осі будівлі влаштовано світловий коньок шириною 5 м на висоті 8,6 м від рівня підлоги. Конструктивно він виконаний у вигляді безперервного

повздовжнього прорізу зі світлопрозорими вставками у верхній частині даху, що забезпечує рівномірне надходження природного світла у внутрішній простір корівника та одночасно виконує функцію вентиляційного прорізу для видалення теплого повітря з підпокрівельної зони. Таке об'ємно-планувальне рішення сприяє покращенню природної освітленості та ефективності природної вентиляції будівлі.

У вечірній час та темну пору доби освітлення приміщення забезпечується системою штучного освітлення на основі світлодіодних (LED) світильників. Світильники розміщені у чотири поздовжні ряди по ширині будівлі, по 15 світильників у кожному ряду. Відстань між рядами становить 8–9 м, а крок розташування світильників уздовж ряду – близько 10 м. Загальна кількість світильників у корівнику становить 60 одиниць.

Кожний світильник має потужність 200 Вт, світловий потік 22000–30000 лм, кут розсіювання світла 90–120° та ступінь захисту корпусу IP65–IP67, що відповідає умовам експлуатації у приміщеннях з підвищеною вологістю та запиленістю. Використання світлодіодних джерел світла забезпечує енергоефективність освітлювальної системи, рівномірний розподіл світлового потоку та тривалий термін експлуатації обладнання.

Застосована схема розміщення світильників забезпечує рівень освітленості у зоні утримання тварин на рівні близько 200 лк, що відповідає рекомендованим параметрам освітленості для приміщень утримання великої рогатої худоби та вимогам до виробничих приміщень відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

### **3.4.2. Гігієнічна оцінка системи освітлення корівника**

Корівник № 2 обладнаний комбінованою системою освітлення, що включає природне верхнє освітлення через світлопрозорий коньок та багаторежимне штучне освітлення світлодіодними світильниками білого і червоного спектра.

Геометричні розміри приміщення становлять  $150 \times 36 \times 10,5$  м, відповідно площа підлоги –  $5400 \text{ м}^2$ .

У літній період (червень–серпень) 2025 року на території Золотоніського району Черкаська області тривалість світлового дня становила  $15,3 \pm 0,53$  год, а висота Сонця в кульмінації –  $48\text{--}66^\circ$  (табл. 3.13)

**Таблиця 3.13**

**Тривалість світлового дня та висота Сонця у літній період в зоні розташування господарства ( $M \pm m$ )**

| Дослідний параметр               | Місяць року           |                       |                       | Середнє значення      |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                  | Червень               | Липень                | Серпень               |                       |
| Тривалість світлового дня, год   | $16,1 \pm 0,25$       | $15,5 \pm 0,3$        | $14,3 \pm 0,5$        | $15,3 \pm 0,53$       |
| Висота Сонця (з 11 до 14 години) | $63\text{--}66^\circ$ | $60\text{--}65^\circ$ | $48\text{--}60^\circ$ | $60,7 \pm 3,38^\circ$ |

За таких астрологічних умов впродовж природне освітлення забезпечувалось світлопрозорим коньком ( $5 \times 150$  м) із прозорого полікарбонату, розташованим уздовж поздовжньої осі будівлі над кормовим столом. Площа світлопрорізу становить:

$$S_k = 5 \times 150 = 750 \text{ м}^2$$

Відповідно, відношення площі верхнього світлопрорізу до площі підлоги становить 1:7,2, що на 39 % перевищує нормований діапазон для приміщень утримання ВРХ (1:10–1:15) згідно ВНТП-АПК-01.05.

Середня освітленість від білого LED-освітлення становить 192 лк, що перевищує нормовані зоогігієнічні вимоги до освітлення зон утримання дійних корів згідно ВНТП-АПК-01.05: у зоні відпочинку корів – у 2,6 рази ( $192/75$ ), а у зоні кормового столу – у 1,3 рази ( $192/150$ ). У той же час, згідно європейських рекомендацій CIGR Section II Working Group [67], оптимальна освітленість зон утримання та годівлі молочної худоби становить близько 150–200 лк, а згідно

матеріалів бази FAO AGRIS [148] освітленість кормового столу  $202 \pm 19,9$  лк забезпечує підвищення молочної продуктивності корів. Таким чином, згідно європейських вимог, отриманий показник середньої освітленості корівника №2 192 лк відповідає встановленій нормі.

### **3.4.3. Адаптивна оптимізація параметрів мікроклімату корівника в умовах підвищених температур навколишнього середовища**

На наступному етапі дослідження проаналізовано відмінності параметрів мікроклімату дослідних корівників в обідній (найспекотніший) час у високотемпературний період року ( $> +25$  °C) на етапі введення корівника №2 в експлуатацію (без монтажу будь-яких технічних засобів активного охолодження) (табл. 3.14).

За результатами дослідження встановлено, що зміни параметрів мікроклімату новозбудованого корівника №2 порівняно з корівником №1 зумовлені конструктивними та вентиляційними особливостями, при цьому корівник №2 на момент дослідження функціонував без встановлення технічних засобів активного охолодження встановлено.

**Таблиця 3.14**

#### **Результати дослідження параметрів мікроклімату дослідних корівників в обідній час у високотемпературний період ( $>+25$ °C) ( $M \pm m$ , $n=3$ )**

| Дослідний показник     | Дослідний корівників |                 |
|------------------------|----------------------|-----------------|
|                        | корівник №1          | корівник №2     |
| Температура, °C        | $31,3 \pm 1,15$      | $30 \pm 1,67$   |
| Відносна вологість, %  | $84,0 \pm 0,76$      | $77,1 \pm 1,21$ |
| Швидкість повітря, м/с | $0,9 \pm 0,5$        | $2,0 \pm 0,5$   |
| ТНІ, од.               | $85,6 \pm 0,2$       | $83,3 \pm 0,15$ |

Аналізуючи дані табл. 3.14. встановлено, що температура повітря у новозбудованому корівнику №2 становила  $30,0 \pm 1,67$  °C, що на 1,3 °C нижче порівняно з корівником №1. Відносна вологість у корівнику №2 також була меншою і становила  $77,1 \pm 1,21$  % проти  $84,0 \pm 0,76$  % у корівнику №1, тобто знижувалася на 6,9 %.

Найбільш виражена різниця встановлена за швидкістю руху повітря: у корівнику №2 вона досягала  $2,0 \pm 0,5$  м/с, тоді як у корівнику №1 становила  $0,9 \pm 0,5$  м/с, тобто була більш ніж у 2,2 раза вищою. Відповідно інтегральний показник теплового навантаження - температурно-вологісний індекс (ТНІ) - у корівнику №2 становив  $83,3 \pm 0,15$  од., що на 2,3 од. нижче, ніж у корівнику №1 ( $85,6 \pm 0,2$  од.), що характеризує менший ступінь теплового напруження мікроклімату.

Встановлені відмінності параметрів повітряного середовища зумовлені різними вентиляційними рішеннями будівель. У корівнику №1 функціонує традиційна природна вентиляція на основі теплової тяги (стекового ефекту) та вітрового тиску через бічні огорожувальні конструкції, при цьому механічні засоби переміщення повітря відсутні. Натомість у корівнику №2 в покрівлі по поздовжній осі будівлі передбачено світловий коньок шириною 5 м, розташований на висоті 8,6 м, виконаний у вигляді безперервного поздовжнього прорізу зі світлопрозорими вставками у верхній частині даху. Така конструкція забезпечує формування безперервного висхідного потоку теплого та вологого повітря по всій довжині будівлі, інтенсифікує природний повітрообмін і сприяє ефективнішому видаленню тепла та водяної пари з підпокрівельного простору. Саме цим пояснюються нижчі температура і вологість повітря та більш ніж удвічі вища швидкість його руху в зоні розміщення тварин у корівнику №2 порівняно з корівником №1.

У той же час, незважаючи на встановлені переваги мікроклімату корівника №2 порівняно з корівником №1, отримані значення температури повітря ( $30 \pm 1,67$  °C), відносної вологості ( $77,1 \pm 1,21$  %) та температурно-вологісного індексу (ТНІ  $83,3 \pm 0,15$  од.) у високотемпературний період залишаються в межах

зони вираженого теплового навантаження для високопродуктивних дійних корів. Це свідчить, що природна вентиляція навіть удосконаленої конькової конструкції не забезпечує формування термонеїтральних або комфортних умов утримання в умовах літнього клімату Черкаської області.

За даними досліджень європейських і німецьких авторів [101, 155] за температурно-вологісного індексу понад 80 , у дійних корів зберігається виражене теплове навантаження, що супроводжується посиленням дихання, порушенням фізіологічних функцій та зниженням продуктивності. Це підтверджує недостатність лише природної вентиляції для стабілізації мікроклімату та обґрунтовує необхідність застосування активних систем охолодження у корівниках у періоди теплового навантаження.

Для зниження теплового навантаження на тварину на наступному етапі апробована система примусової вентиляції у поєднанні зі зрошенням (табл. 3.15).

**Таблиця 3.15**

**Результати дослідження параметрів мікроклімату корівників за використання примусової вентиляції та зрошення ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )**

| Дослідний показник     | Дослідний корівник |   |
|------------------------|--------------------|---|
|                        | корівник №1        | корівник №2<br>(вентилятори+дрібнодисперсний туман) |
| Температура, °C        | 31,3 ± 1,15        | 27,0 ± 1,12   |
| Відносна вологість, %  | 84,0 ± 0,76        | 88,5 ± 0,87   |
| Швидкість повітря, м/с | 0,9 ± 0,5          | 2,0 ± 0,5   |
| ТНІ, од.               | 85,6 ± 0,2         | 79,8 ± 0,12   |

Після монтажу вентиляторів у поєднанні з системою дрібнодисперсного зрошення (туман) у корівнику №2 за умов високотемпературного періоду (>+25 °C) відмічено виражену зміну параметрів повітряного середовища, що

свідчить про зниження теплового навантаження на тварин. Температура повітря в зоні утримання корів зменшилася до  $27,0 \pm 1,12$  °C, що на 4,3 °C нижче порівняно з корівником №1. У той же час, одночасно зростала швидкість руху повітря до  $2,0 \pm 0,5$  м/с, тобто була більш ніж у 2,2 рази вищою, ніж у корівнику №1 ( $0,9 \pm 0,5$  м/с). За даними науковців [151] це підсилює конвективну тепловіддачу та сприяє відведенню тепла від тіла тварин.

Водночас застосування туманного зрошення зумовило підвищення відносної вологості повітря до  $88,5 \pm 0,87$  %, що на 4,5 % перевищувало рівень у корівнику №1. Така динаміка за даними науковців [108] є закономірною, оскільки охолодження реалізується переважно за рахунок адіабатичного випаровування води в повітрі, яке забезпечує зниження температури, але супроводжується зростанням вологості. Підвищена відносна вологість, своєю чергою, зменшує ефективність природного випаровування з поверхні тіла корови, що є одним із ключових фізіологічних механізмів терморегуляції у період спеки [206].

Температурно-вологісний індекс (ТНІ) у корівнику №2 знизився на 5,8 од. порівняно з корівником №1 та становив  $79,8 \pm 0,12$  од. Таке зниження ТНІ є суттєвим і вказує на перехід умов утримання від зони важкого теплового стресу до рівня помірного теплового навантаження. Разом із тим ефективність системи «вентилятори + туман» залишається критично залежною від кратності повітрообміну, оскільки за недостатнього видалення зволоженого повітря можливе формування ефекту «сауни», коли підвищена вологість нівелює охолоджувальний вплив і обмежує тепловіддачу організму.

Отже, комбінація примусової вентиляції з дрібнодисперсним зрошенням у корівнику №2 забезпечила виражене зниження температури та ТНІ до помірного теплового стресу (72–78 од.) за одночасного зростання швидкості руху повітря. Однак, підвищення відносної вологості визначало необхідність підтримання достатнього повітрообміну як обов'язкової ветеринарно-гігієнічної умови стабільної ефективності цієї технології.

З метою усунення встановлених обмежень ефективності випаровувального охолодження наступний етап дослідження було спрямовано на оцінку ефективності конструктивного ущільнення приміщення та впровадження тунельної вентиляції як керованої системи повітрообміну, спрямованої на стабілізацію температурно-вологісного режиму та формування теплового комфорту тварин у високотемпературний період.

У високотемпературний період року (травень-вересень) проведено порівняльну гігієнічну оцінку параметрів мікроклімату корівника №2 за трьох конструктивно-вентиляційних варіантів: без ущільнення, з ущільненням з однієї сторони та з ущільненням з трьох сторін у поєднанні з тунельною вентиляцією. Отримані результати (табл. 3.16) свідчать про суттєвий вплив ступеня керованості повітрообміну на температурно-вологісний режим приміщення та рівень теплового навантаження на дійних корів.

**Таблиця 3.16**

**Результати ефективності конструктивного ущільнення приміщення та впровадження тунельної вентиляції ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )**

| Дослідний параметр              | Конструктивне рішення    |  |  |
|---------------------------------|--------------------------|--|--|
|                                 | без елементів ущільнення | з елементами ущільнення з однієї сторони | з елементами ущільнення з трьох сторін (тунельна вентиляція) |
| Температура, °C                 | 31,3 ± 1,15              | 27,0 ± 1,12                              | 25,2 ± 0,15  |
| Відносна вологість, %           | 84,0 ± 0,76              | 88,5 ± 0,87                              | 74,5 ± 0,37  |
| Швидкість повітря, м/с          | 0,9 ± 0,5                | 1,6 ± 0,1                                | 3,1 ± 0,1  |
| ТНІ, од.                        | 85,6 ± 0,2               | 79,8 ± 0,12                              | 78,2 ± 0,1   |
| Кратність повітрообміну, об/год | 27,5 ± 0,76              | 70 ± 1,35                                | 70 ± 1,35  |

За базових умов без ущільнення параметри мікроклімату корівника №2 відповідали показникам корівника №1 та характеризувалися кратністю

повітрообміну  $27,5 \pm 0,76$  об/год і ТНІ  $85,6 \pm 0,2$  од. Конструктивне ущільнення з однієї сторони покращувало тепловіддачу завдяки стабілізації повітряних потоків і підсиленню вентиляції, однак супроводжувалося зростанням відносної вологості до  $88,5 \pm 0,87$  %, що обмежує ефективність випарувальної терморегуляції корів.

Найбільш виражені позитивні зміни встановлено за умови ущільнення корівника №2 з трьох сторін із впровадженням тунельної вентиляції. За цього варіанта температура повітря знизилася до  $25,2 \pm 0,15$  °С, що на 6,1 °С менше порівняно з базовими умовами (без ущільнення) та на 1,8 °С – порівняно з одностороннім ущільненням. Відносна вологість становила  $74,5 \pm 0,37$  %, що на 9,5 % нижче базового рівня (без ущільнення) та на 14,0 % нижче варіанта з одностороннім ущільненням. Одночасно швидкість руху повітря зросла до  $3,1 \pm 0,1$  м/с, тобто більш ніж у 3,4 раза перевищувала показник без ущільнення, що свідчить про формування інтенсивного керованого повітряного потоку в зоні розміщення тварин.

Інтегральний показник теплового навантаження (ТНІ) за тунельної вентиляції становив  $78,2 \pm 0,1$  од., що на 7,4 од. нижче порівняно з базовими умовами (без ущільнення) та на 1,6 од. нижче варіанта з одностороннім ущільненням, що відповідає переходу умов утримання з зони вираженого теплового стресу до рівня помірного теплового навантаження. При цьому кратність повітрообміну стабільно підтримувалася на рівні  $70 \pm 1,35$  об/год, що підтверджує ефективність тунельної вентиляції як керованої системи повітрообміну.

Отримані результати свідчать, що конструктивне ущільнення корівника саме по собі покращує температурні показники, однак без керованої вентиляції супроводжується надмірним накопиченням вологи. Натомість поєднання ущільнення з трьох сторін з тунельною вентиляцією забезпечує одночасну стабілізацію температури, зниження відносної вологості та формування інтенсивного спрямованого повітряного потоку, що створює найбільш

сприятливий температурно-вологісний режим для дійних корів у високотемпературний період.

Таким чином, впровадження тунельної вентиляції у конструктивно ущільненому корівнику з трьох сторін забезпечує найефективніше зниження теплового навантаження та формування стабільного керованого мікроклімату, що характеризується оптимальнішими значеннями температури, відносної вологості, швидкості руху повітря та температурно-вологісного індексу порівняно з неущільненим та частково ущільненим (з однієї сторони) приміщенням.

Водночас, для комплексної зоогігієнічної оцінки ефективності досліджених інженерних рішень та визначення оптимальної технології адаптивного утримання необхідно враховувати не лише параметри мікроклімату, але й біологічну відповідь тварин. Тому для формування загального висновку щодо доцільності застосування конструктивного ущільнення та тунельної вентиляції як адаптивної технології наступним етапом досліджень передбачено вивчення поведінкових реакцій дійних корів, показників продуктивності та показників якості та безпечності молока в умовах адаптації стада до зазначених інженерних рішень.

#### **3.4.4. Поведінкові реакції дійних корів у період адаптації до вдосконаленої системи вентиляції корівника**

Метою даного етапу дослідження було науково обґрунтувати вплив різних варіантів мікрокліматичних умов у реконструйованому корівнику № 2 із безприв'язним боксовим утриманням (без елементів ущільнення; з ущільненням з однієї сторони; з ущільненням з трьох сторін — тунельна вентиляція) на формування поведінкових актів та фізіологічних реакцій дійних корів у період адаптації, з метою визначення найбільш ефективного інженерно-технологічного рішення для забезпечення зоогігієнічного благополуччя та мінімізації проявів теплового стресу.

Адаптація дійних корів до нових умов утримання в реконструйованому корівнику № 2 із безприв'язною боксовою технологією супроводжувалася вираженою перебудовою добової структури поведінкових актів (табл. 3.17.), що залежала від рівня вентиляції та ступеня ущільнення огорожувальних конструкцій приміщення. Встановлено, що найменш сприятливі мікрокліматичні умови (без ущільнення або ущільнення з однієї сторони) зумовлювали зміщення поведінкового бюджету в бік збільшення часу стояння та зменшення тривалості лежання і поїдання корму, тоді як оптимальні параметри мікроклімату (тунельна вентиляція) забезпечували формування поведінки, максимально наближеної до фізіологічної норми.

**Таблиця 3.17**

**Результати дослідження поведінки тварин у корівнику №2 за різних мікрокліматичних умов у високотемпературний період (>+25 °С) (M±m)**

| Акт поведінки          | Мікрокліматичні умови    |  |  |
|------------------------|--------------------------|--|--|
|                        | без елементів ущільнення | з елементами ущільнення з однієї сторони | з елементами ущільнення з трьох сторін (тунельна вентиляція) |
| 1                      | 2                        | 3  | 4  |
| ранок (5...8 година)   |                          |  |  |
| Температура тіла, °С   | 38,2 ± 0,026             | 38,2 ± 0,026                             | 38,01 ± 0,006  |
| Дихальні рухи, рухи/хв | 55,60 ± 0,88             | 51,60 ± 0,88                             | 32,62 ± 0,43   |
| Лежання, хв            | 400 ± 21,16              | 450 ± 21,16                              | 720 ± 12,81  |
| Поїдання корму, хв     | 160,3 ± 2,52             | 180,3 ± 2,52                             | 240 ± 1,29   |
| Рух (ходьба), хв       | 60 ± 5,11                | 70 ± 5,11                                | 100 ± 2,29   |
| Стояння, хв            | 190 ± 3,81               | 180 ± 3,81                               | 105 ± 2,86   |

Таблиця 3.17. продовження

| 1                         | 2             | 3             | 4             |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Напування, хв             | 55 ± 0,14     | 60 ± 0,62     | 25 ± 0,12     |
| обід (11...14 година)     |               |               |               |
| Температура тіла, °С      | 38,5 ± 0,029  | 38,5 ± 0,029  | 38,2 ± 0,008  |
| Дихальні рухи,<br>рухи/хв | 68,50 ± 1,53  | 63,50 ± 1,53  | 30,68 ± 0,47  |
| Лежання, хв               | 350 ± 8,15    | 400 ± 8,15    | 710 ± 11,23   |
| Поїдання корму, хв        | 149 ± 4,29    | 179 ± 4,29    | 240 ± 1,69    |
| Рух (ходьба), хв          | 32 ± 0,27     | 38 ± 0,27     | 95 ± 1,17     |
| Стояння, хв               | 198 ± 2,86    | 148 ± 2,86    | 105 ± 5,22    |
| Напування, хв             | 71 ± 0,22     | 31 ± 0,22     | 25 ± 0,14     |
| вечір (18...20 година)    |               |               |               |
| Температура тіла, °С      | 38,98 ± 0,027 | 38,98 ± 0,027 | 38,7 ± 0,006  |
| Дихальні рухи,<br>рухи/хв | 46,48 ± 1,29  | 56,48 ± 1,29  | 30,86 ± 0,45  |
| Лежання, хв               | 570 ± 8,36    | 670 ± 8,36    | 720 ± 0,22    |
| Поїдання корму, хв        | 130 ± 3,26    | 200 ± 3,26    | 240 ± 1,43    |
| Рух (ходьба), хв          | 65,2 ± 0,27   | 105,2 ± 0,27  | 105 ± 0,12    |
| Стояння, хв               | 85,71 ± 4,31  | 100,71 ± 4,31 | 105,11 ± 0,22 |
| Напування, хв             | 45 ± 0,11     | 35 ± 0,11     | 25 ± 0,22     |

За даними таблиці 3.17. у ранковий період адаптації (5...8 год) за умов недостатнього повітрообміну (ущільнення з однієї сторони) тривалість лежання становила лише 400 ± 8,15 хв, що на 44,4 % менше від фізіологічної норми, тоді як час стояння був у 1,7 раза більше нормованого показника. За покращення вентиляції (ущільнення з трьох сторін) тривалість лежання зростала до 720 ± 12,81 хв, а стояння зменшувалося до 105 ± 2,86 хв, що свідчило про

завершення первинної адаптації та формування комфортної позиційної поведінки аналогічної фізіологічно нормованим показникам. Аналогічна тенденція простежувалася щодо кормової активності: поїдання корму збільшувалося від  $160,3 \pm 2,52$  хв до  $180 \pm 3,81$  хв у менш вентильованих секціях та майже вдвічі (до  $240 \pm 1,29$  хв) за тунельної вентиляції, що відповідало видовій нормі.

У денний період (11...14 год), який характеризувався максимальним тепловим навантаженням, адаптаційні відмінності проявлялися найбільш чітко. У корів за умови утримання в приміщенні без ущільнення рухова активність становила  $32 \pm 0,27$ хв, за ущільнення приміщення з однієї сторони –  $38 \pm 0,27$  хв. Крім того, за таких мікрокліматичних параметрів (вентиляції) спостерігали зростання частоти дихальних рухів до  $63,50 \pm 1,53$ ... $68,50 \pm 1,53$  рух/хв, що у 2,1...2,3 рази вище норми та свідчить про тепловий дискомфорт і напруження механізмів терморегуляції. У той же час, за тунельного типу вентиляції рухова активність збільшувалась у 2,5...3,0 рази, а частота дихання зменшувалась у 2 рази сягаючи  $30,68 \pm 0,47$  рух/хв, що відповідало верхній межі фізіологічної норми. У той же час поведінкові акти лежання ( $710 \pm 11,23$  хв) і поїдання корму ( $240 \pm 1,69$  хв) залишалися стабільними, що підтверджує ефективність адаптації до мікрокліматичних умов за умов тунельної вентиляції.

У вечірній період (18...20 год) після зниження температурного навантаження відмічалось часткове відновлення поведінкової рівноваги навіть у менш сприятливих секціях (без ущільнення та з ущільненням з однієї сторони), однак повна нормалізація показників спостерігалася лише за тунельного типу вентиляції. Так, тривалість лежання у корів за умови ущільнення корівника з однієї сторони була на 20,8 % менше фізіологічної норми, тоді як за ущільнення з трьох сторін (тунельного типу) відповідала нормованому значенню. Час поїдання корму за тунельного типу вентиляції зростав до  $240 \pm 1,43$  хв (у 1,8 рази більше), а стояння зменшувалося до межі нормованого показника – до  $105,11 \pm 0,22$  хв.

Таким чином, поведінковий профіль дійних корів у період адаптації до нових умов безприв'язного утримання в реконструйованому корівнику № 2 закономірно залежить від ефективності вентиляції та параметрів мікроклімату приміщення. За обмеженого повітрообміну на початкових етапах адаптації спостерігали зменшення тривалості лежання та поїдання корму, підвищення часу стояння і частоти дихання, що свідчить про поведінковий дискомфорт і теплове навантаження. Найбільш повне формування стабільної структури добового поведінкового бюджету, що відповідало біологічним нормам високопродуктивних корів, забезпечувала тунельна вентиляція, яка сприяла швидкому завершенню адаптаційних процесів та зниженню проявів теплового стресу згідно візіологічним показникам поведінкових актів.

### **3.4.5. Продуктивність дійних корів та показники якості й безпечності молока за різних адаптивних технологій утримання**

Отримані результати (табл. 3.18) свідчать, що адаптивні технологічні рішення мікроклімату корівника у високотемпературний період суттєво впливають на продуктивність, санітарно-гігієнічні та фізико-хімічні показники молока дійних корів. За умов високої температури повітря (>+25 °C) перехід від утримання без елементів ущільнення до варіантів із ущільненням однієї сторони, а особливо з трьох сторін із тунельною вентиляцією, супроводжувався різким підвищенням середньодобового надою та споживання сухої речовини. Зокрема, середньодобовий надій зростав із 25,96 кг за відсутності ущільнення до 33,2 кг за ущільнення з однієї сторони та 36,78 кг - за ущільнення з трьох сторін, що відповідало збільшенню продуктивності на 27,9 та 41,7 %. Аналогічна тенденція відмічена щодо поїдання сухої речовини, яке зростало з 17,3 до 22,1 і 24,5 кг/гол, тобто на 27,7 та 41,6 % відповідно.

Зростання споживання сухої речовини від  $17,3 \pm 0,55$  кг/гол за відсутності ущільнення до  $22,1 \pm 0,31$  і  $24,5 \pm 0,37$  кг/гол за ущільнення однієї та трьох сторін супроводжувалося достовірним підвищенням середньодобового надою від

25,96 ± 0,3 кг до 33,2 ± 0,11 і 36,78 ± 0,24 кг відповідно (p<0,05), що підтверджує пряму залежність молочної продуктивності від рівня кормоспоживання за різних мікрокліматичних умов утримання. Найвищі значення відмічено за ущільнення з трьох сторін із тунельною вентиляцією - 36,78 ± 0,24 кг молока і 24,5 ± 0,37 кг сухої речовини на голову, що перевищувало варіант без ущільнення на 10,82 кг молока (41,7 %) і 7,2 кг сухої речовини (41,6 %), а варіант з ущільненням однієї сторони – на 3,58 кг (10,8 %) і 2,4 кг (10,9 %) відповідно (p<0,001).

**Таблиця 3.18**

**Показники якості та безпечності молока дійних корів за адаптивних умов утримання у високотемпературний період (> +25 °С), (M±m, n=3)**

| Показник  | Мікрокліматичні умови    |  |  |
|---|--------------------------|--|--|
|   | без елементів ущільнення | з елементами ущільнення з однієї сторони | з елементами ущільнення з трьох сторін (тунельна вентиляція) |
| Середньодобовий надій молока на 1 корову, кг                    | 25,96 ± 0,3              | 33,2 ± 0,11                              | 36,78 ± 0,24   |
| Поїдання сухої речовини, кг/голову                              | 17,3 ± 0,55              | 22,1 ± 0,31                              | 24,5 ± 0,37  |
| Масова частка жиру в молоці, %                                  | 3,60 ± 0,02              | 3,48 ± 0,04                              | 3,50 ± 0,02  |
| Масова частка білку в молоці, %                                 | 3,32 ± 0,04              | 3,38 ± 0,06                              | 3,40 ± 0,04  |
| Вміст соматичних клітин у молоці, тис/мл                        | 296,33 ± 7,21            | 249,5 ± 21,84                            | 235,67 ± 23,25   |
| Загальна бактеріальна обсіменінність (ЗБО), КУО/см <sup>3</sup> | 287,8 ± 71,12            | 146,67 ± 42,84                           | 90,33 ± 9,84   |

**Примітка:** p<0,05; p>0,05; p<0,001

Отримані співвідношення свідчать, що зростання продуктивності за різних адаптаційних технологій утримання супроводжувалося пропорційним підвищенням кормоспоживання: при збільшенні поїдання сухої речовини на 4,8 кг/гол (від 17,3 до 22,1 кг) надій зростав на 7,24 кг, а при подальшому збільшенні споживання ще на 2,4 кг (до 24,5 кг) - на 3,58 кг молока. Таким чином, покращення повітрообміну за рахунок ущільнення корівника, особливо у варіанті тунельної вентиляції, забезпечувало зростання споживання корму на 41,6 % і відповідне підвищення молочної продуктивності на 41,7 %, що кількісно відображає зменшення теплового навантаження на організм корів у високотемпературний період, що сприяє нормалізації метаболічних процесів і відновленню продуктивності.

Зміни фізико-хімічного складу молока за різних варіантів ущільнення корівника у високотемпературний період мали менш виражений характер порівняно з продуктивністю. Масова частка жиру становила  $3,60 \pm 0,02$  % за відсутності ущільнення,  $3,48 \pm 0,04$  % – за ущільнення з однієї сторони та  $3,50 \pm 0,02$  % - за ущільнення з трьох сторін, тобто була нижчою відносно контролю на 0,12 та 0,10 процентних пункти відповідно. Різниця між варіантами без ущільнення і з трьох сторін була статистично достовірною ( $p < 0,05$ ), тоді як між варіантами ущільнення однієї та трьох сторін достовірних відмінностей не встановлено ( $p > 0,05$ ). Зниження відсотка жиру за умови адаптивного покращення мікроклімату корівника пояснюється ефектом розведення – зростанням об'єму молока при відносно стабільному абсолютному синтезі жиру на фоні істотного підвищення надоїв за зменшення теплового стресу [198].

Масова частка білка молока становила  $3,32 \pm 0,04$  % за відсутності ущільнення,  $3,38 \pm 0,06$  % - за ущільнення з однієї сторони та  $3,40 \pm 0,04$  % – за ущільнення з трьох сторін, тобто підвищувалася на 0,06 і 0,08 процентних пункти відповідно, однак статистично достовірних відмінностей між варіантами не встановлено ( $p > 0,05$ ). Відомо [58], що синтез білка молока є більш чутливим до дефіциту енергії та амінокислот, ніж синтез жиру, тому нормалізація

кормоспоживання та рубцевої ферментації за кращого мікроклімату сприяє підвищенню білковості молока.

Зменшення вмісту соматичних клітин і бактеріального обсіменіння молока за умов покращеного повітрообміну корівника має чітке кількісне підтвердження. За відсутності ущільнення вміст соматичних клітин становив  $296,33 \pm 7,21$  тис./мл, тоді як за ущільнення з однієї сторони знижувався до  $249,50 \pm 21,84$  тис./мл (на  $46,83$  тис./мл, або  $15,8$  %), а за ущільнення з трьох сторін із тунельною вентиляцією – до  $235,67 \pm 23,25$  тис./мл (на  $60,66$  тис./мл, або  $20,5$  %). Аналогічна закономірність встановлена для загального бактеріального обсіменіння молока:  $287,80 \pm 71,12$  тис./мл без ущільнення,  $146,67 \pm 42,84$  тис./мл за ущільнення з однієї сторони (зменшення у  $2,0$  раза) та  $90,33 \pm 9,84$  тис./мл за ущільнення з трьох сторін (зменшення у  $3,2$  раза).

За результатами мікробіологічних досліджень патогенну мікрофлору не виявлено. Дослідження вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  встановили, що їхній вміст не перевищував допустимих рівнів, установлених національним стандартом.

Таким чином, адаптаційні технології покращення мікроклімату, особливо ущільнення корівника з трьох сторін із тунельною вентиляцією, забезпечували зниження вмісту соматичних клітин на  $20,5$  % і загального бактеріального обсіменіння більш ніж утричі порівняно з утриманням без ущільнення, що кількісно підтверджує їх ефективність щодо підвищення санітарної якості молока в умовах високотемпературного періоду ( $>+25$  °C).

Отримані дані доводять, що застосування адаптаційних технологій ущільнення та вентиляції корівника у високотемпературний період забезпечує істотне підвищення молочної продуктивності корів за відносно стабільного фізико-хімічного складу молока. Найбільш ефективним варіантом виявилось ущільнення корівника з трьох сторін у поєднанні з тунельною вентиляцією, яке забезпечувало максимальне споживання сухої речовини, найвищі надої та найкращі санітарно-гігієнічні показники молока порівняно з іншими дослідженими умовами утримання, що свідчить про його перевагу як

технологічного заходу зменшення теплового стресу корів у високотемпературний період.

### 3.4.6. Результати амінокислотного складу яловичини за адаптивного утримання тварин

Одним із ключових показників біологічної цінності м'яса є його амінокислотний склад, який відображає повноцінність білка та визначає його харчову значущість.

За результатами узагальнення даних досліджень встановлено, що у м'язовій тканині (*m. longissimus dorsi*) бичків віком 24 місяці за умови застосування технології ущільнення корівника з трьох сторін у поєднанні з тунельною вентиляцією та туманним охолодженням забезпечує формування повноцінного амінокислотного профілю (табл. 3.19).

**Таблиця 3.19**

#### Результати кількісного аналізу амінокислотного складу м'яса ВРХ віком 24 місяці за умов адаптаційного утримання ( $M \pm m$ , $n=20$ )

| Замінні амінокислоти | Вміст, г/100 г білка | Незамінні амінокислоти | Вміст, г/100 г білка |
|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Глутамінова кислота  | 12,87 ± 0,21         | Лізин                  | 7,34 ± 0,15          |
| Аспарагінова кислота | 8,12 ± 0,17          | Лейцин                 | 6,48 ± 0,14          |
| Аланін               | 4,93 ± 0,11          | Аргінін                | 6,21 ± 0,13          |
| Пролін               | 4,36 ± 0,10          | Валін                  | 4,39 ± 0,10          |
| Гліцин               | 4,08 ± 0,09          | Фенілаланін            | 4,12 ± 0,08          |
| Серин                | 3,72 ± 0,08          | Треонін                | 3,88 ± 0,09          |
| Тирозин              | 3,11 ± 0,07          | Ізолейцин              | 3,74 ± 0,09          |
| -                    | -                    | Гістидин               | 2,94 ± 0,07          |
| -                    | -                    | Метіонін               | 2,32 ± 0,06          |

За даними таблиці 3.19 встановлено, що амінокислотний склад м'язовій тканини ВРХ представлений 16 амінокислотами, з яких 9 належать до незамінних, а 7 – до замінних. У структурі амінокислот домінують замінні амінокислоти, частка яких становила  $67,90 \pm 0,55$  г/100 г білка, тоді як сумарний вміст незамінних амінокислот досягав  $32,10 \pm 0,42$  г/100 г білка. Таке співвідношення ( $\approx 2,1:1$ ) свідчить про збалансованість білкового складу м'яса.

Серед замінних амінокислот найбільший вміст характерний для глутамінової кислоти ( $12,87 \pm 0,21$  г/100 г білка) та аспарагінової кислоти ( $8,12 \pm 0,17$  г/100 г білка), що обумовлює формування органолептичних властивостей м'яса. Серед незамінних амінокислот домінують лізин ( $7,34 \pm 0,15$  г/100 г білка), лейцин ( $6,48 \pm 0,14$  г/100 г білка) та аргінін ( $6,21 \pm 0,13$  г/100 г білка).

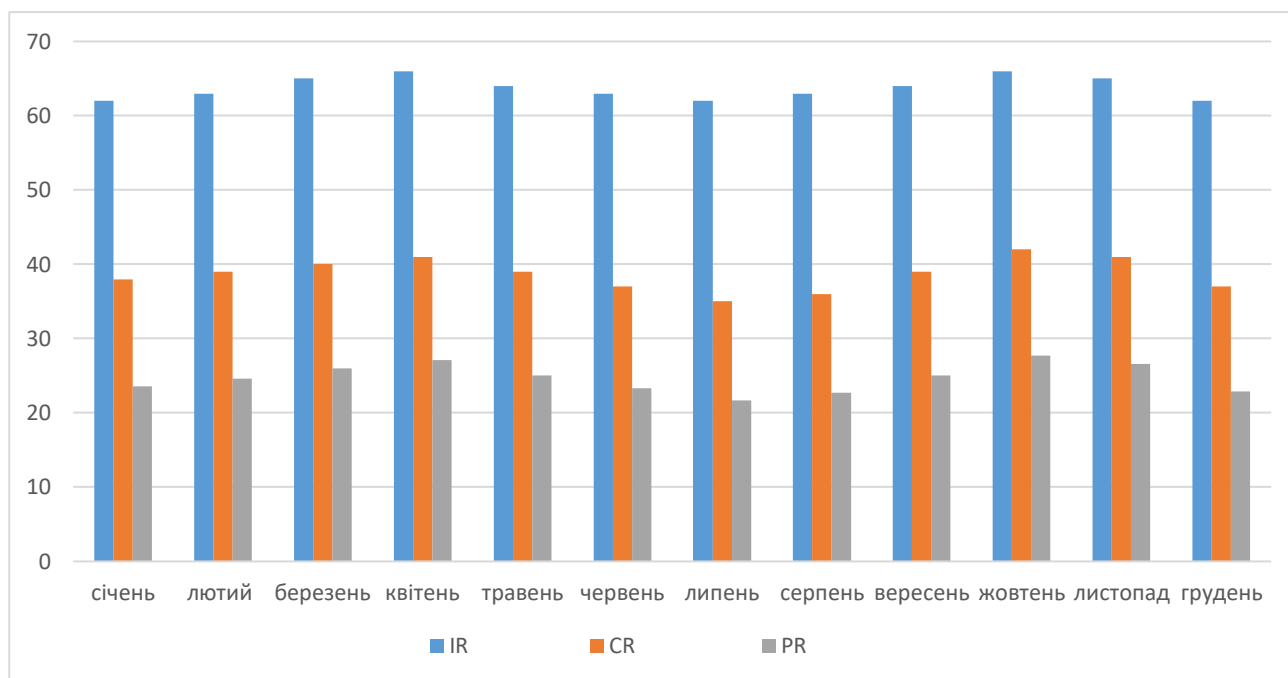
Найменші значення серед незамінних амінокислот встановлено для метіоніну ( $2,32 \pm 0,06$  г/100 г білка) та гістидину ( $2,94 \pm 0,07$  г/100 г білка), що відповідає загальнобіологічним закономірностям формування білкового складу яловичини.

Отримані результати свідчать, що у ВРХ у віці 24 місяці за умов адаптаційного утримання у високотемпературний період (травень-вересень) формується високоякісний амінокислотний профіль м'яса, який характеризується високою біологічною цінністю, збалансованістю та відповідністю фізіологічним потребам людини.

#### **3.4.7. Показники репродуктивної функції дійних корів за адаптивного утримання**

Аналіз репродуктивної функції впродовж 2025 року (рис. 8.) свідчить, що застосування технології ущільнення корівника №2 з трьох сторін у поєднанні з тунельною вентиляцією та туманним охолодженням забезпечує стабілізацію перебігу репродуктивних процесів. Встановлено, що середньорічні значення показників відтворення становили: індекс осіменіння –  $63,75 \pm 0,43$  %,

коефіцієнт запліднення –  $38,67 \pm 0,62$  %, рівень заплідненості стада –  $24,68 \pm 0,55$  %.



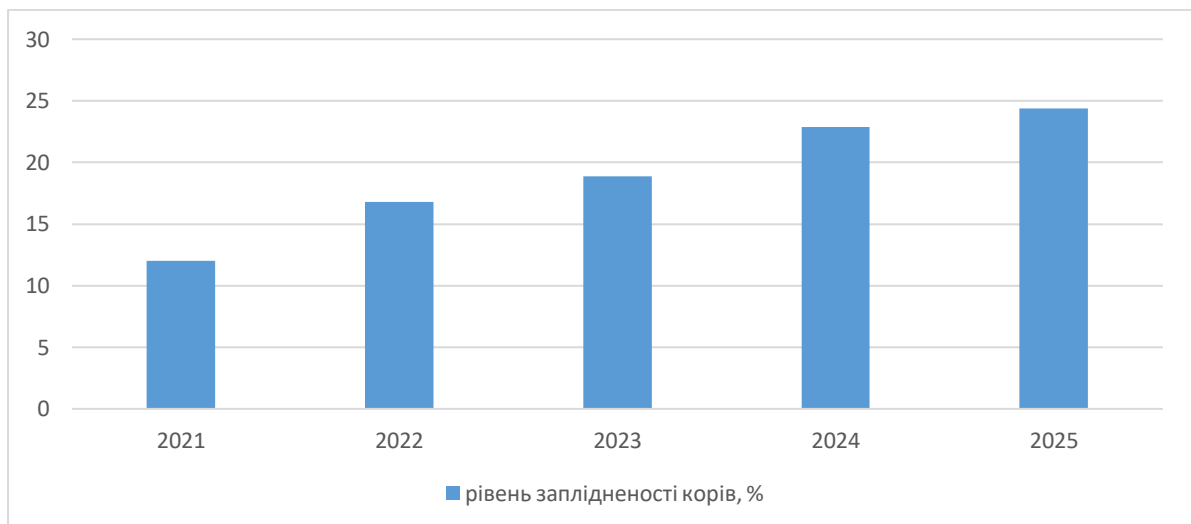
**Рис. 3.8.** Результат показників репродуктивної функції в дійних корів, які утримуються в корівнику №2 з ущільненням з трьох сторін у поєднанні з тунельною вентиляцією та туманним охолодженням, %

Порівняльний аналіз репродуктивної функції дійних корів за умов утримання в корівнику № 1 (без інтенсивної системи охолодження) та корівнику № 2, обладнаним ущільненням огорожувальних конструкцій з трьох сторін, тунельною вентиляцією та туманним охолодженням повітря демонструє, що за умов адаптивного утримання дійних корів в корівнику № 2 рівень заплідненості у високотемпературний період (травень, червень, липень, серпень, вересень) становив 21,7–25,0 %, із середнім значенням 23,5 %, тобто був у 1,5–3,0 раза вищим, ніж у корівнику № 1 у відповідні місяці.

Порівняння сезонної динаміки показало, що в корівнику № 1 різниця між термонеутральним (березень, квітень, жовтень, листопад) і високотемпературним (травень, червень, липень, серпень, вересень) періодами була різко вираженою та досягала 10-20 відсоткових пунктів, тоді як у корівнику № 2 - лише 3,4 відсоткового пункта. Це свідчить про істотне пом'якшення сезонного впливу температурного фактора за умови оптимізованого мікроклімату.

Статистичне порівняння показало, що рівень заплідненості у високотемпературний період у корівнику № 2 був достовірно вищим, ніж у корівнику № 1 ( $p < 0,01$ ), що підтверджує ефективність застосування систем вентиляції та туманного охолодження у зниженні теплового навантаження на організм корів. Відсутність критичного літнього падіння фертильності порівняно з корівником № 1 свідчить про визначальну роль оптимізації мікроклімату як технологічного чинника підвищення відтворної здатності дійних корів.

Аналізуючи рівень заплідненості дійних корів впродовж 2021-2025 років (рис. 3.9) встановлено, що рівень заплідненості корів у стаді мав чітку тенденцію до зростання протягом усього періоду спостережень: з 12,0 % у 2021 р. до 24,4 % у 2025 р.



**Рис. 3.9.** Рівень заплідненості корів впродовж 2021-2025 рр., %

За даними рис. 3.9. максимальне значення показника отримано у 2025 р., коли корівник № 2 функціонував за умови оптимізованого адаптивного температурно-вологісного режиму (з ущільненням з трьох сторін у поєднанні з тунельною вентиляцією та туманним охолодженням). Порівняно з 2021 роком рівень заплідненості підвищився у 2,0 рази.

На наступному етапі досліджень проведено оцінку ефективності відтворення стада за ключовими показниками репродуктивної функції корів за 2024–2025 роки. Встановлено, що утримання тварин у 2025 р. в корівнику № 2 з гігієнічно оптимізованими параметрами мікроклімату (ущільненням

огороджувальних конструкцій з трьох сторін, тунельною вентиляцією та системою туманного охолодження) супроводжувалося достовірним покращенням репродуктивної здатності стада (табл. 3.18).

**Таблиця 3.18**

**Результати оцінки відтворення стада за адаптивного утримання  
впродовж 2024-2025 років (n = 150)**

| № з/п | Дослідний показник        | Рік дослідження |      | Нормований показник |
|-------|---------------------------|-----------------|------|---------------------|
|       |                           | 2024            | 2025 |                     |
| 1     | Індекс осіменіння         | 2,3             | 2,1  | 1,8 - 2.0           |
| 2     | Сервіс період, діб        | 135             | 115  | 85 - 110            |
| 3     | Міжотельний інтервал, діб | 415             | 395  | 365 - 380           |
| 4     | Вихід телят, %            | 86              | 92   | 85                  |
| 5     | Рівень отелень, %         | 88              | 92   | 85 - 95             |
| 6     | Тривалість тільності, діб | 276             | 276  | 275 - 285           |

**Примітка:** Зміни показників відтворення стада за гігієнічно оптимізованих умов утримання у 2025 р. порівняно з 2024 р. є статистично достовірними при  $p \leq 0,05$ .

Індекс осіменіння у 2025 р. знизився з 2,3 до 2,1 осіменіння на одну тільність (на 8,7 %), що свідчить про підвищення запліднюваності корів за умов зменшеного теплового навантаження та стабілізації температурно-вологісного режиму повітряного середовища. Відхилення від верхньої межі фізіологічної норми зменшилося утричі – з 15 % до 5 %. За суцільного обліку стада встановлені відмінності між роками є статистично значущими для генеральної сукупності ( $p \leq 0,05$ ).

Сервіс-період у 2025 р. скоротився зі 135 до 115 діб (на 20 діб; 14,8 %) і наблизився до гігієнічно обґрунтованого оптимуму (до 110 діб). Зменшення тривалості післяотельного безпліддя свідчить про швидше відновлення функціонального стану репродуктивної системи корів за умов покращеного

мікроклімату, достатньої вентиляції та зниження теплового стресу. Ступінь перевищення гігієнічного нормативу достовірно зменшився з 22,7 % до 4,5 %, тобто у 5,0 раза ( $p \leq 0,05$ ).

Міжотельний інтервал у 2025 р. зменшився з 415 до 395 діб (на 20 діб; 4,8 %), а ступінь перевищення фізіологічного нормативу (365–380 діб) достовірно скоротився у 2,3 раза, що свідчить про нормалізацію ритмічності відтворного циклу стада в умовах гігієнічно оптимізованого повітряного середовища та стабілізації теплового балансу організму корів.

Вихід телят достовірно підвищився з 86 до 92 % (на 6 в.п.; 7,0 %), а рівень отелень достовірно зріс з 88 до 92 % (на 4 в.п.; 4,5 %). Збільшення частки реалізованих тільностей у стаді чисельністю 150 корів відображає зменшення ембріональної смертності, яловості та репродуктивних втрат, що є наслідком покращення гігієнічних умов утримання, мікроклімату та зниження стресового навантаження на організм тварин.

Тривалість тільності у 2024–2025 рр. залишалася стабільною – 276 діб, що відповідає фізіологічному діапазону (275–285 діб) і підтверджує відсутність негативного впливу адаптивних гігієнічних технологій утримання на перебіг тільності корів. Статистично значущих міжрічних відмінностей не встановлено.

Отже, гігієнічна оптимізація умов утримання корів у корівнику № 2 шляхом ущільнення огорожувальних конструкцій, застосування тунельної вентиляції та туманного охолодження забезпечила достовірне покращення основних показників відтворення стада за суцільного обліку поголів'я ( $n = 150$ ). Найбільш виражений гігієнічний ефект встановлено за сервіс-періодом та індексом осіменіння, що свідчить про зменшення впливу теплового стресу, нормалізацію мікроклімату та оптимізацію репродуктивного здоров'я корів у системі ветеринарно-санітарного забезпечення сучасних молочних ферм.

## РОЗДІЛ 4

### АНАЛІЗ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

У сучасних умовах розвитку молочного скотарства одним із ключових чинників, що визначає рівень продуктивності, відтворної здатності та благополуччя дійних корів, є параметри мікроклімату тваринницьких приміщень. Під впливом глобальних кліматичних змін у багатьох регіонах України спостерігається підвищення середньорічної температури повітря, збільшення тривалості періодів із високими температурами та зростання частоти теплових хвиль, що призводить до підвищення температурно-вологісного навантаження на організм тварин. За таких умов порушується терморегуляція корів, знижується споживання корму, погіршуються показники молочної продуктивності, якості молока, а також зменшується ефективність відтворення стада.

Особливої актуальності ця проблема набуває для центрального регіону України, зокрема Черкаської області, де в останні роки відмічається тенденція до підвищення температури повітря у весняно-літній період та збільшення тривалості періоду з температурами понад +25 °С до 152 діб, що створює умови для розвитку теплового стресу у високопродуктивних дійних корів. У таких умовах традиційні технології утримання тварин та існуючі конструктивні рішення корівників згідно НТП-АПК 01.05 (2012) не завжди забезпечують формування оптимального мікроклімату, що негативно впливає на фізіологічний стан тварин, їх поведінкову активність, продуктивність і благополуччя.

Сучасні підходи до ведення молочного скотарства передбачають впровадження адаптивних технологій утримання, спрямованих на оптимізацію параметрів мікроклімату шляхом застосування ефективних систем вентиляції, охолодження та організації простору тваринницьких приміщень. Водночас наукові дані щодо комплексної оцінки впливу температурно-вологісного навантаження на поведінкові, фізіологічні та продуктивні показники дійних

корів у конкретних кліматичних умовах центрального регіону України є недостатніми, а питання ветеринарно-гігієнічного обґрунтування адаптивного утримання тварин з урахуванням регіональних кліматичних особливостей потребує подальшого дослідження.

Аналіз динаміки кліматичних параметрів Золотоніського району Черкаської області за 2021-2023 рр. вказує на чітко виражене підсилення тренду потепління, яке супроводжується зміною режимів опадів, частішими погодними аномаліями та зміщенням сезонних меж. Зокрема, встановлено зростання середньосезонної температури, що є типовою ознакою регіонального прояву глобального потепління.

У 2021 році температура повітря демонструвала помірне відхилення від кліматичної норми, однак сезонні коливання були значними. Наприклад, восени середня температура становила  $+8,5$  °С, що лише на  $0,1$ ° нижче норми. При цьому фіксувалися різкі похолодання та ранні заморозки, що є нетиповим поєднанням для стабільного клімату. У 2022 році тенденція до нестійкості посилилася: осінь характеризувалася аномально високими опадами - 237,8 мм (174 % норми) та плюсова аномалія температури становила  $+0,2$  °С. Таке поєднання трендів – тепліші повітряні маси + надлишкові опади - є маркером посилення циклогенезу на тлі глобального потепління.

Найяскравіші ознаки кліматичних змін спостерігалися у 2023 році. Осінній сезон став найтеплішим за весь аналізований період, середня температура досягла  $+11,5$  °С при аномалії  $+2,9$ ° (у порівнянні з нормою  $+8,6$ °). Крім того, протягом вересня–жовтня відзначалась тривала хвиля аномального тепла, що тривала майже 30 діб. Показовим є факт, що перехід середньодобової температури через  $+15$ ° – ключовий маркер початку осіннього сезону – у 2023 році відбувся на 19 днів пізніше звичайного, а через  $+10$ ° – більш ніж на місяць пізніше. Подібні явища вказують на зміщення сезону в бік “подовженого літа”, що є глобально зафіксованою тенденцією.

Режим опадів також зазнав істотних трансформацій. Якщо у 2021 р. їх кількість становила 121–134 мм за сезон (в межах норми), то в 2022 році опади

різко збільшилися до 237,8 мм, а в 2023 р. - знову зросли до 195,3 мм (141 % норми). Така мінливість із періодами затяжних дощів (10–18 вересня 2022 р., друга половина листопада 2023 р.) та тривалими посухами (серпень–жовтень 2021 р., травень 2023 р.) підтверджує зміну режиму атмосферної циркуляції в регіоні.

Ознаки зміни мікроклімату підтверджуються також структурою небезпечних метеорологічних явищ. У 2023 році зафіксовано потужні епізоди вітру до 22 м/с у жовтні, значні опади та снігові хуртовини - явища, які ще 10–15 років тому не були властивими осінньому періоду регіону. Це погоджується з глобальною тенденцією до посилення екстремальності клімату.

У сукупності отримані дані засвідчують, що з 2021 до 2023 рр. Золотоніський район Черкаської області переживає не лише загальне підвищення температури, але й суттєве зростання кліматичної нестабільності. Тривалі теплі періоди, пізні переходи сезонних температурних порогів, чергування тривалої засухи з періодами надмірних опадів та значне збільшення екстремальних метеоявищ – це ключові прояви регіонального впливу глобального потепління.

Аналіз отриманих даних свідчить, що зміни кліматичних умов літніх сезонів 2021–2023 років мали виражений вплив на репродуктивну ефективність стада. У всі три роки середні літні температури перевищували кліматичну норму на 1,0–1,5 °С, що супроводжувалося значною кількістю днів із температурою понад 30 °С. Підвищене теплове навантаження проявлялося насамперед у зниженні показників виявлення охоти (IR) та заплідненості (CR), що особливо чітко простежується в місяці з інтенсивною спекою.

Найвищі температури й найбільша кількість спекотних днів були відзначені у 2021 році, коли зафіксовано 31 день із температурами понад 30°C. Це корелює з підвищеним індексом осіменіння (2,25) і подовженим сервіс-періодом (161 доба), що свідчить про зниження ефективності осіменінь. Попри високий рівень отелень (95,2%), вихід телят становив лише 67 %, що може відображати теплово-індуковану ранню ембріональну або плодну смертність.

У 2022 році температура була дещо нижчою, але тривалі періоди прохолодної погоди чергувалися зі спекотними хвилями наприкінці літа. Кількість днів із температурою  $\geq 30^{\circ}\text{C}$  зменшилася до 22, однак репродуктивні показники демонстрували погіршення: індекс осіменіння зріс до 2,19, сервіс-період подовжився до 165 діб, а вихід телят знизився до 51,2 %, що є найнижчим значенням серед досліджених років. Така динаміка вказує на те, що комбінований вплив температурних контрастів, холодних періодів у липні та хвиль спеки в серпні створював нестабільні фізіологічні умови для тварин, спричиняючи порушення еструсу та ранні втрати ембріонів.

У 2023 році температурні умови знову характеризувалися перевищенням норми ( $+1^{\circ}\text{C}$ ), а кількість спекотних днів становила 27, з найбільш тривалими періодами спеки в серпні. Цьому передували червневі та липневі фази зниження температури. Попри теплове навантаження, CR і PR у ряді місяців 2023 року були вищими, ніж у попередні роки, однак загальні річні показники (індекс осіменіння 2,45, сервіс-період 168 діб, вихід телят 60 %) свідчать про стійке негативне навантаження теплових факторів на відтворення. Особливо різке зниження CR і PR у серпні (CR=9,8 %, PR=4,3 %) збігається з найтривалішим періодом спеки та мінімальними опадами, що підтверджує чутливість репродуктивної системи до пікових температур і дефіциту вологи.

Отже, інтегрований аналіз демонструє чіткий причинно-наслідковий зв'язок між підвищеною температурою навколишнього середовища, кількістю спекотних днів та погіршенням показників відтворення. Теплове перевантаження супроводжувалося зниженням прояву статевої охоти (IR), збільшенням кількості повторних осіменінь (вищий індекс осіменіння), подовженням сервіс-періоду, зростанням міжотельного інтервалу та зниженням виходу телят. Усі три роки характеризувалися тепловими аномаліями, однак структура температурних хвиль (тривалість, послідовність, інтенсивність) визначала ступінь порушення репродуктивних процесів: найбільш критичні зміни відзначено у 2022 році, тоді як 2021 і 2023 роки супроводжувалися

інтенсивнішим тепловим стресом, але більш стабільною динамікою температурних коливань.

Результати власних досліджень переконливо доводять, що відхилення температурного режиму середовища утримання від термонеutralної зони ( $-5 \dots +25$  °C) зумовлює системну перебудову фізіологічних і поведінкових реакцій дійних корів. Високотемпературний період ( $> +25$  °C) супроводжується комплексом ознак теплового стресу (тахіпное, зниження лежання та споживання корму, підвищення напування та рухової активності), тоді як низькотемпературний ( $< -5$  °C) характеризується адаптивною енергозберігальною поведінкою. Отримані дані підтверджують ключове значення підтримання параметрів мікроклімату в межах термонеutralної зони для забезпечення поведінкового комфорту, фізіологічної стабільності та продуктивного потенціалу дійних корів.

За даними літературного огляду, встановлено, що тепловий стрес є одним із ключових чинників, що порушують фізіологічну рівновагу високопродуктивних корів та призводять до зниження надоїв і зміни хімічного складу молока.

Узагальнення сучасних досліджень свідчить, що тепловий стрес призводить не лише до зменшення продуктивності, а й до порушень синтезу компонентів молока, включно зі змінами профілю жирних кислот [118]. Доведено, що підвищення індексу ТНІ супроводжується зменшенням масової частки білка, жиру, лактози та сухих речовин, що погіршує технологічні властивості молока та його ринкову цінність [65, 142]. За умов теплового навантаження зростає співвідношення жир: білок, змінюється метаболічний профіль тварин та посилюються прояви окисного стресу [46-47]. Фізіологічні реакції організму, такі як підвищення ректальної температури та частоти дихання, прямо корелюють зі зниженням якісних показників молока, що особливо помітно у високих значеннях ТНІ [95]. Тому вивчення особливостей формування якісних показників молока за різних температурних умов є актуальним завданням сучасного тваринництва та основою для оптимізації стратегій менеджменту стада.

Встановлено, що вміст жиру в молоці дійних корів за різних температурних умов впродовж 2021-2023 років не мав достовірної залежності від температурного режиму утримання, тоді як вміст білка достовірно знижувався у високотемпературний період. Така різниця чутливості компонентів молока до теплового стресу має фізіологічне підґрунтя. Відомо, що синтез молочного жиру значною мірою забезпечується за рахунок ацетату та  $\beta$ -гідроксибутирату, які утворюються у рубці під час ферментації клітковини і меншою мірою залежать від загального енергетичного балансу організму, тоді як синтез молочного білка є більш енергозалежним процесом і потребує достатнього надходження глюкози та амінокислот. Умови теплового стресу супроводжуються зниженням споживання сухої речовини, негативним енергетичним балансом та перерозподілом метаболічних потоків на підтримання терморегуляції, що насамперед обмежує синтез білка молока [64, 69]. Крім того, підвищення температури повітря змінює рубцеву ферментацію та співвідношення легких жирних кислот, що може знижувати утворення мікробного протеїну - основного джерела амінокислот для молочної залози. Унаслідок цього білковість молока є більш чутливим індикатором теплового стресу, тоді як вміст жиру характеризується відносною стабільністю в умовах помірних температурних коливань [58, 83].

Порівняння трьох років показало, що 2021 рік демонстрував найменшу інтенсивність теплових хвиль, що зумовило найнижчі показники ректальної температури серед трьох років. У 2022 році коливання були менш вираженими, однак у пікові періоди теплове навантаження також перевищувало фізіологічно комфортний рівень. 2023 рік характеризувався найбільш напруженим температурним режимом, що супроводжувалося найвищими значеннями ректальної температури у тварин.

Таким чином, отримані результати дозволяють стверджувати, що тепловий стрес був ключовим дестабілізуючим фактором у структурі ризиків для фізіологічного стану, поведінкових реакцій, продуктивності та репродуктивної здатності дослідних корів у 2021–2023 рр. Зростання температури

навколишнього середовища, збільшення частоти та тривалості теплових хвиль, а також відсутність достатніх періодів добового охолодження призводили до комплексних порушень добробуту корів, які утримувалися у корівнику №1.

Результати попередніх досліджень температурно-вологісного режиму, повітрообміну, освітленості та теплового навантаження у корівнику №1 показали, що природна система вентиляції, яка функціонує на основі теплової тяги та вітрового тиску, не забезпечує стабільних параметрів мікроклімату у високотемпературний період. У літній період температура повітря у приміщенні перевищувала термонеутральну зону для дійних корів, що призводило до підвищення температурно-вологісного індексу та формування ознак теплового стресу у тварин.

Отримані дані свідчать про необхідність оптимізації параметрів мікроклімату тваринницьких приміщень, впровадження ефективних систем вентиляції та охолодження, а також корекції технології годівлі у високотемпературний період з метою забезпечення комфортних умов утримання та благополуччя тварин.

У зв'язку з цим одним із ключових завдань дослідження стало наукове обґрунтування конструктивних і технологічних рішень нового корівника для безприв'язного утримання корів і розроблення адаптивної технології утримання дійних корів з урахуванням кліматичних особливостей регіону та недоліків мікроклімату, встановлених у корівнику №1.

З метою забезпечення комфорту дійних корів та їх благополуччя у новозбудованому корівнику №2, порівняно з корівником №1, було збільшено площу утримання тварин і впроваджено систему безприв'язного боксового утримання, що відповідає сучасним європейським підходам до організації утримання великої рогатої худоби. Будівля має прямокутну форму: її довжина становить 150 м, ширина – 36 м, а висота у коньку – 10,5 м.

Згідно рекомендацій FAO (2011), формування достатнього простору та повітряного об'єму на одну голову є важливою зоогігієнічною передумовою підтримання оптимальних показників температури, відносної вологості та

газового складу повітря у тваринницьких приміщеннях, що повинно сприяти зниженню теплового навантаження на організм корів, забезпечувати можливість реалізації їх природної рухової активності, сприяти формуванню нормальних поведінкових реакцій, підвищенню продуктивності та загальному благополуччю тварин.

Приміщення розраховане на 580 голів. Внутрішній простір корівника організовано за функціонально-технологічним принципом та поділено на чотири секції, кожна з яких розрахована на 145 корів.

Такі конструктивно-планувальні рішення відповідають принципам забезпечення благополуччя сільськогосподарських тварин, передбаченими європейським законодавством, зокрема положенням Council Directive 98/58/EC (1998) щодо захисту тварин, які утримуються з виробничою метою, а також узгоджуються з рекомендаціями Food and Agriculture Organization of the United Nations (2011) щодо організації утримання молочної худоби, відповідно до яких системи безприв'язного утримання та достатній простір у тваринницьких приміщеннях сприяють реалізації природної поведінки тварин, підтриманню їх здоров'я, продуктивності та благополуччя. Крім того, на виконання вимог Закону України «Про ветеринарну медицину та благополуччя тварин», такий підхід забезпечив оптимальну щільність розміщення тварин, сприяв стабільності соціальної структури стада та зменшив рівень міжтваринної конкуренції.

Важливим елементом організації внутрішнього простору є ширина технологічних проходів. У корівнику №2 передбачено гнойові проходи шириною 4,0 м уздовж кормового столу та 3,2 м між рядами боксів. Такі параметри перевищують мінімальні рекомендовані значення НТП-АПК 01.05 (2012) та створюють умови для вільного переміщення тварин, що зменшує ризик травматизму і стресових ситуацій у стаді. Крім того, збільшена ширина проходів забезпечує безперешкодний доступ корів до кормового столу та напувалок.

Зона відпочинку обладнана індивідуальними боксами розміром 1,2 × 2,2 м з металевими розділювачами. Використання індивідуальних боксів сприяє формуванню стабільної поведінкової структури стада та забезпечує можливість

реалізації природної поведінки тварин під час відпочинку. Такий підхід узгоджується з положеннями Council Directive 98/58/EC (1998), відповідно до яких умови утримання повинні забезпечувати благополуччя тварин і не обмежувати їх фізіологічні та поведінкові потреби, а також підтверджується науковими висновками European Food Safety Authority (2023), згідно з якими конструкція боксових місць для лежання має забезпечувати коровам можливість безперешкодно лежати, вставати та відпочивати.

Важливим елементом технології утримання є система гноєвидалення. У корівнику №2 використано автоматизовану дельтаскреперну систему, яка забезпечує регулярне очищення гнойових проходів. Робочий орган скрепера має V-подібну форму і здійснює переміщення гнойової маси по всій ширині проходу до поперечного каналу. Автоматичний режим роботи системи з інтервалом приблизно одна година забезпечує значно частіше очищення проходів порівняно з корівником №1, що сприяє покращенню санітарного стану приміщення та зменшенню вологості підлоги. Такий підхід відповідає вимогам європейського законодавства щодо утримання сільськогосподарських тварин, зокрема положенням Council Directive 98/58/EC, відповідно до яких фекалії та інші відходи повинні видалятися так часто, як це необхідно для підтримання гігієни та благополуччя тварин, а також узгоджується з вимогами Regulation (EC) No 853/2004 [84] щодо підтримання належного санітарного стану приміщень на молочних фермах з метою забезпечення безпечності молока.

На наступному етапі архітекторсько-будівельних рішень було розробити систему освітлення, яка відповідає європейським вимогам. У корівнику №2 застосовано комбіноване освітлення, яке поєднує природне та штучне джерела світла. Для забезпечення природного освітлення у покрівлі будівлі влаштовано світловий коньок шириною 5 м, розташований на висоті 8,6 м від рівня підлоги з метою рівномірного надходження природного світла у центральну частину приміщення та виконання функції вентиляційного прорізу. У темний період доби для забезпечення освітлення змонтовано систему світлодіодних світильників:

приміщенні встановлено 60 LED-світильників потужністю 200 Вт, розташованих у чотири поздовжні ряди.

Результати проведених досліджень параметрів освітлення у корівнику №2 свідчать про формування сприятливого світлового середовища для утримання дійних корів, що відповідає сучасним зоогігієнічним вимогам та міжнародним рекомендаціям щодо організації світлового режиму у тваринницьких приміщеннях.

За результатами аналізу астрономічних умов у зоні розташування господарства (Золотоніський район Черкаської області) встановлено, що у літній період 2025 року тривалість світлового дня становила в середньому  $15,3 \pm 0,53$  год, а висота Сонця у період максимальної інсоляції (11–14 год) коливалася у межах 48–66°. Такі умови забезпечують достатній потенціал природної освітленості приміщення за рахунок побудованої верхньої світлопрозної конструкції - світлового конька.

Встановлено, що відношення площі верхнього світлопрорізу (750 м<sup>2</sup>) до площі підлоги (5400 м<sup>2</sup>) становить 1:7,2. Порівняння отриманого показника з нормативними вимогами ВНТП-АПК-01.05, згідно з якими рекомендований діапазон становить 1:10–1:15, свідчить про перевищення нормативного значення на 39 %. Це вказує на підвищену частку природного освітлення у приміщенні, що може розглядатися як позитивний фактор формування сприятливого світлового середовища для тварин.

Разом з тим стабільність світлового режиму у корівнику №2 забезпечується системою штучного освітлення на основі світлодіодних світильників. За результатами інструментальних вимірювань встановлено, що середній рівень освітленості у приміщенні становив 192 лк. Порівняння отриманих значень із нормативними показниками, встановленими ВНТП-АПК-01.05, показало, що освітленість у зоні відпочинку корів перевищує нормативне значення у 2,6 рази (192/75), тоді як у зоні кормового столу – у 1,3 рази (192/150). Отримані результати свідчать про достатню інтенсивність освітлення, що створює сприятливі умови як для тварин, так і для обслуговуючого персоналу.

Водночас порівняння отриманих показників із міжнародними рекомендаціями свідчить про їх відповідність оптимальним параметрам освітлення для молочної худоби. Зокрема, згідно з рекомендаціями CIGR Section II Working Group (2014), оптимальна освітленість зон утримання та годівлі дійних корів становить 150–200 лк. Таким чином, зафіксований у корівнику №2 рівень освітленості 192 лк знаходиться у межах міжнародно-рекомендованого діапазону.

Особливістю системи освітлення корівника №2 є використання світлодіодних світильників різного спектрального складу з метою подовження світлового фотоперіоду, який є одним із важливих екологічних факторів, що впливає на фізіологічний стан і продуктивність дійних корів. Біле освітлення використовується у денний період для підтримання активності тварин та стимуляції споживання корму, тоді як червоне освітлення застосовується у нічний період з метою забезпечення можливості проведення технологічних операцій без істотного порушення циркадних ритмів корів. Позитивний ефект апробованого режиму подовження тривалості освітленого періоду до 16...18 год узгоджується з даними науковців [126, 143], які довели, що фотоперіод тривалістю від 16 до 18 год освітлення на добу позитивно впливає на гормональну регуляцію лактації через механізми секреції мелатоніну та пролактину, що у підсумку сприяє підвищенню надоїв на 6–16 % порівняно з коротким світловим режимом.

Таким чином, результати проведених досліджень свідчать, що застосована у корівнику №2 комбінована система освітлення забезпечує формування сприятливого світлового середовища, яке відповідає сучасним зоогігієнічним вимогам та міжнародним рекомендаціям щодо утримання молочної худоби. Поєднання природного освітлення через світлопрозорий коньок та штучного світлодіодного освітлення дозволяє підтримувати оптимальний рівень освітленості у приміщенні, що сприяє нормалізації поведінкової активності, покращенню фізіологічного стану та підвищенню продуктивності дійних корів.

Формування оптимального мікроклімату у приміщеннях для утримання дійних корів є одним із ключових чинників забезпечення їх фізіологічного благополуччя, продуктивності та санітарної безпечності продукції тваринництва. Особливої актуальності це питання набуває у періоди підвищених температур зовнішнього середовища, коли відбувається порушення терморегуляційних механізмів організму тварин та зростає ризик розвитку теплового стресу. Враховуючи негативні наслідки високотемпературного періоду ( $>+25$  °C), отримані за результатами досліджень в корівнику №1, основна увага була спрямована на розроблення та апробацію адаптивних технологічних рішень щодо оптимізації параметрів мікроклімату у корівнику в умовах високотемпературного режиму.

У науковому висновку European Food Safety Authority (2023) щодо благополуччя молочних корів зазначено, що конструкція тваринницьких приміщень повинна забезпечувати ефективне видалення тепла, вологи та шкідливих газів. Саме тому, одним із ключових напрямів удосконалення умов утримання стало вдосконалення системи вентиляції. Якщо у корівнику №1 використовувалася лише природна вентиляція, то у новому приміщенні передбачено комбіновану систему повітрообміну. Вона включає бокові вентиляційні прорізи, світлово-вентиляційний коньок у покрівлі будівлі, а також систему механічної вентиляції.

Для забезпечення циркуляції повітря у приміщенні встановлено 12 підвісних рециркуляційних вентиляторів типу AirBlaster Precision Velocity (J&D Manufacturing, USA), які формують спрямований повітряний потік на значну відстань. Крім того, на торцевих стінах змонтовано 32 осьові вентилятори надвисокої продуктивності типу MAGNUM (J&D Manufacturing, USA) діаметром 58 дюймів із продуктивністю до 70–72 тис. м<sup>3</sup>/год. Поєднання цих типів вентиляторів дозволяє формувати інтенсивний спрямований повітряний потік та створює передумови для організації тунельної вентиляції у високотемпературний період.

Проведений порівняльний аналіз показав, що навіть на початковому етапі експлуатації новозбудований корівник №2 формував більш сприятливі гігієнічні умови утримання тварин порівняно з корівником №1. Це проявлялося у зниженні температури повітря у зоні розміщення тварин з  $31,3 \pm 1,5$  °C до  $30,0 \pm 1,67$  °C, зменшенні відносної вологості повітря з  $84,0 \pm 0,76$  % до  $77,1 \pm 1,21$  %, а також у підвищенні швидкості руху повітря з  $0,9 \pm 0,5$  м/с до  $2,0 \pm 0,5$  м/с. У результаті інтегральний показник теплового навантаження - температурно-вологісний індекс - зменшувався з  $85,6 \pm 0,2$  од. у корівнику №1 до  $83,3 \pm 0,15$  од. у корівнику №2, що свідчить про зниження рівня теплового навантаження на організм дійних корів.

Зазначені відмінності зумовлені конструктивними та вентиляційними особливостями будівель. У корівнику №2 передбачено світлово-вентиляційний коньок шириною 5 м, розташований на висоті 8,6 м, що забезпечує формування безперервного висхідного потоку теплового та вологого повітря по всій довжині будівлі. Така конструкція сприяє інтенсифікації природного повітрообміну та більш ефективного видаленню тепла і водяної пари з підпокрівельного простору. Саме цим пояснюється зниження температури та вологості повітря і більш ніж дворазове збільшення швидкості його руху у зоні перебування тварин у порівнянні з корівником №1.

Водночас отримані показники мікроклімату (температура 30,0 °C, відносна вологість 77,1 %, ТНІ 83,3 од.) свідчать, що навіть удосконалена природна вентиляція не забезпечує формування термонеутральних умов утримання у період літніх температурних навантажень. Значення ТНІ понад 80 од. характеризують зону вираженого теплового стресу для високопродуктивних дійних корів, що узгоджується з даними сучасних досліджень щодо впливу теплового навантаження на фізіологічний стан і продуктивність тварин.

З метою зниження теплового навантаження на тварин у корівнику №2 також встановлено систему адіабатичного охолодження повітря шляхом туманоутворення, яка згідно рекомендацій технічного стандарту ASABE EP270.5 (2017) щодо проектування вентиляції тваринницьких приміщень сприяє

інтенсифікації теплообміну та дозволяє знижувати температуру повітря у корівнику у періоди літньої спеки. Ефективність таких технологічних рішень підтверджується міжнародними рекомендаціями FAO (2011) щодо утримання молочної худоби, відповідно до яких системи зрошення та туманоутворення у поєднанні з вентиляцією застосовуються для зменшення теплового стресу та покращення благополуччя тварин.

З метою зниження теплового навантаження на тварин у високотемпературний період на наступному етапі дослідження було апробовано систему примусової вентиляції у поєднанні з дрібнодисперсним зрошенням. Встановлено, що застосування цієї технології сприяло суттєвому покращенню параметрів повітряного середовища. Зокрема, температура повітря у корівнику №2 знизилася до  $27,0 \pm 1,12$  °C, що було на  $4,3$  °C нижче порівняно з корівником №1. Одночасно швидкість руху повітря підтримувалася на рівні  $2,0 \pm 0,5$  м/с, тобто більш ніж у 2,2 рази перевищувала показник традиційного корівника. У результаті температурно-вологісний індекс знижувався до  $79,8 \pm 0,12$  од., що на 5,8 од. менше порівняно з базовими умовами та свідчить про перехід мікроклімату від зони вираженого теплового стресу до рівня помірного теплового навантаження.

Разом із тим застосування туманного зрошення супроводжувалося підвищенням відносної вологості повітря до  $88,5 \pm 0,87$  %, що перевищувало показник корівника №1 на 4,5 %. Таке зростання вологості є закономірним наслідком адіабатичного випаровування води, яке забезпечує охолодження повітря, але одночасно збільшує його вологовміст. Підвищена вологість може частково обмежувати ефективність випарувальної тепловіддачі організму тварин, тому ефективність системи «вентилятори + туман» значною мірою залежить від достатньої кратності повітрообміну.

Подальший етап дослідження був спрямований на оцінку ефективності конструктивного ущільнення корівника та впровадження тунельної вентиляції як керованої системи повітрообміну. Встановлено, що за базових умов без ущільнення температурно-вологісний індекс становив  $85,6 \pm 0,2$  од., а кратність

повітрообміну –  $27,5 \pm 0,76$  об/год. У разі ущільнення будівлі з однієї сторони покращувалася стабільність повітряних потоків, однак відносна вологість зростала до  $88,5 \pm 0,87$  %, що обмежувало ефективність випарувальної терморегуляції тварин.

Найбільш виражений позитивний ефект встановлено при ущільненні корівника з трьох сторін у поєднанні з тунельною вентиляцією. За таких умов температура повітря знижувалася до  $25,2 \pm 0,15$  °С, що на  $6,1$  °С менше порівняно з базовими умовами. Відносна вологість становила  $74,5 \pm 0,37$  %, що було на  $9,5$  % нижче базового рівня та на  $14,0$  % нижче порівняно з варіантом одностороннього ущільнення. Одночасно швидкість руху повітря збільшувалася до  $3,1 \pm 0,1$  м/с, тобто більш ніж у  $3,4$  рази перевищувала показник без ущільнення. В результаті температурно-вологісний індекс знижувався до  $78,2 \pm 0,1$  од., що на  $7,4$  од. нижче базових умов та відповідає переходу мікроклімату від зони вираженого теплового стресу до рівня помірного теплового навантаження.

Аналіз структури поведінкових актів у період адаптації до нових умов безприв'язного боксового утримання у корівнику №2 показав, що за умов обмеженого повітрообміну (без ущільнення огорожувальних конструкцій або ущільнення з однієї сторони) спостерігалися зміни у позиційній поведінці корів, які проявлялися зменшенням тривалості лежання та збільшенням часу стояння. У ранковий період (5...8 год) тривалість лежання становила  $400 \pm 21,16$  хв за відсутності ущільнення та  $450 \pm 21,16$  хв за ущільнення приміщення з однієї сторони, тоді як у секції з тунельною вентиляцією вона збільшувалася до  $720 \pm 12,81$  хв. Одночасно тривалість стояння зменшувалася з  $190 \pm 3,81$  хв до  $105 \pm 2,86$  хв. Така перебудова позиційних актів поведінки свідчить про формування більш комфортних умов утримання тварин за ефективнішого повітрообміну.

Зміни поведінкового бюджету супроводжувалися перебудовою кормової активності. У секціях з менш інтенсивною вентиляцією тривалість поїдання корму становила  $160,3 \pm 2,52$ – $180,3 \pm 2,52$  хв, тоді як за тунельної вентиляції вона

збільшувалася до  $240 \pm 1,29$  хв. Паралельно з цим підвищувалася рухова активність корів: у ранковий період вона становила  $60 \pm 5,11 - 70 \pm 5,11$  хв у менш вентиляльованих умовах і  $100 \pm 2,29$  хв за тунельної вентиляції. Це свідчить про покращення загальної активності тварин та стабілізацію поведінкового профілю за оптимізованих параметрів мікроклімату.

Найбільш виражені відмінності у поведінкових та фізіологічних показниках встановлено у денний період (11...14 год), коли температурне навантаження досягало максимальних значень. За умов недостатньої вентиляції частота дихальних рухів становила  $68,50 \pm 1,53$  рух/хв без ущільнення та  $63,50 \pm 1,53$  рух/хв за ущільнення з однієї сторони. Такі показники супроводжувалися підвищенням температури тіла до  $38,5 \pm 0,029$  °C і свідчать про напруження механізмів терморегуляції. У той же час у секції з тунельною вентиляцією частота дихання знижувалася до  $30,68 \pm 0,47$  рух/хв, а температура тіла становила  $38,2 \pm 0,008$  °C, що відповідає фізіологічним межам для дійних корів.

Зміни фізіологічних показників супроводжувалися стабілізацією поведінкової структури. У денний період тривалість лежання за тунельної вентиляції становила  $710 \pm 11,23$  хв, тоді як за відсутності ущільнення вона зменшувалася до  $350 \pm 8,15$  хв, а за ущільнення з однієї сторони – до  $400 \pm 8,15$  хв. Аналогічна тенденція спостерігалася щодо кормової активності: у секції з ефективним повітрообміном час поїдання корму становив  $240 \pm 1,69$  хв, тоді як у менш сприятливих умовах –  $149 \pm 4,29 \dots 179 \pm 4,29$  хв. Одночасно рухова активність збільшувалася до  $95 \pm 1,17$  хв порівняно з  $32 \pm 0,27 \dots 38 \pm 0,27$  хв у секціях із недостатньою вентиляцією.

У вечірній період (18...20 год) після зниження температурного навантаження спостерігалось часткове відновлення поведінкової рівноваги навіть у менш вентиляльованих секціях. Тривалість лежання становила  $570 \pm 8,36$  хв за відсутності ущільнення та  $670 \pm 8,36$  хв за ущільнення з однієї сторони. У секції з тунельною вентиляцією цей показник досягав  $720 \pm 0,22$  хв. Одночасно тривалість поїдання корму становила  $130 \pm 3,26$  хв за відсутності ущільнення,

200 ± 3,26 хв за ущільнення з однієї сторони та 240 ± 1,43 хв за тунельної вентиляції. Частота дихальних рухів у вечірній період залишалася найнижчою у секції з тунельною вентиляцією – 30,86 ± 0,45 рух/хв порівняно з 46,48 ± 1,29–56,48 ± 1,29 рух/хв у інших варіантах вентиляції.

Отримані результати свідчать, що поведінковий профіль дійних корів у період адаптації до безприв'язного боксового утримання значною мірою визначається ефективністю вентиляції та параметрами мікроклімату приміщення. За обмеженого повітрообміну спостерігається зменшення тривалості лежання і поїдання корму, підвищення часу стояння та збільшення частоти дихальних рухів, що вказує на теплове навантаження та поведінковий дискомфорт тварин. Застосування тунельної вентиляції забезпечує стабілізацію структури добового поведінкового бюджету, збільшення тривалості лежання до 710–720 хв, підвищення кормової активності до 240 хв і зниження частоти дихання до 30,68–30,86 рух/хв.

Нормалізація поведінкових реакцій тварин безпосередньо відобразилася на показниках молочної продуктивності. Встановлено, що за відсутності ущільнення корівника середньодобовий надій становив 25,96 ± 0,30 кг молока на корову, тоді як за ущільнення з однієї сторони він зростав до 33,20 ± 0,11 кг, а за ущільнення з трьох сторін із тунельною вентиляцією - до 36,78 ± 0,24 кг. Таким чином, підвищення продуктивності становило відповідно 27,9 % та 41,7 % порівняно з варіантом без ущільнення. Отримані результати свідчать, що покращення мікроклімату у тваринницькому приміщенні №2 забезпечує зменшення теплового стресу та сприяє більш повній реалізації генетичного потенціалу продуктивності корів.

Встановлено, що у тварин віком 24 місяці формується повноцінний амінокислотний профіль м'яса, який характеризується високим вмістом незамінних амінокислот – 32,10 ± 0,42 г/100 г білка, з домінуванням лізину (7,34 ± 0,15 г/100 г білка), лейцину (6,48 ± 0,14 г/100 г білка) та аргініну (6,21 ± 0,13 г/100 г білка), що свідчить про високу біологічну цінність яловичини. Виявлені закономірності підтверджують, що зниження стресового навантаження

та оптимізація умов утримання позитивно впливають на білковий обмін і формування якісного складу м'язової тканини.

Важливим механізмом підвищення молочної продуктивності є збільшення споживання сухої речовини корму. У проведених дослідженнях встановлено, що за відсутності ущільнення корови споживали  $17,3 \pm 0,55$  кг сухої речовини на голову, тоді як за ущільнення з однієї сторони цей показник зростав до  $22,1 \pm 0,31$  кг, а за ущільнення з трьох сторін — до  $24,5 \pm 0,37$  кг. Таким чином, покращення повітрообміну забезпечувало збільшення кормоспоживання на 27,7 % та 41,6 %. Встановлена залежність свідчить, що зменшення теплового навантаження сприяє відновленню апетиту та нормалізації енергетичного балансу організму корів, що є ключовою передумовою підвищення молочної продуктивності.

Аналіз співвідношення між рівнем кормоспоживання та молочною продуктивністю показав, що збільшення споживання сухої речовини на 4,8 кг (від 17,3 до 22,1 кг) супроводжувалося зростанням надою на 7,24 кг молока, тоді як подальше підвищення кормоспоживання на 2,4 кг (до 24,5 кг) забезпечувало додаткове збільшення продуктивності на 3,58 кг молока. Це свідчить про тісний функціональний зв'язок між параметрами мікроклімату, кормовою активністю та рівнем молочної продуктивності корів.

У той же час, оптимізація мікроклімату позитивно вплинула також на санітарно-гігієнічні показники молока. Вміст соматичних клітин знижувався з  $296,33 \pm 7,21$  тис./мл за відсутності ущільнення до  $235,67 \pm 23,25$  тис./мл за ущільнення з трьох сторін, що відповідало зменшенню на 20,5 %. Одночасно загальна бактеріальна обсімененість молока зменшувалася з  $287,80 \pm 71,12$  до  $90,33 \pm 9,84$  КУО/см<sup>3</sup>, тобто більш ніж утричі. Отримані результати свідчать, що покращення вентиляції та зниження вологості повітря сприяють покращенню санітарного стану тваринницького приміщення та зменшенню мікробного забруднення молока.

Покращення фізіологічного стану тварин, стабілізація кормоспоживання та підвищення молочної продуктивності позитивно вплинули також на показники

відтворення стада. У високотемпературний період рівень заплідненості корів у корівнику №2 становив 21,7–25,0 %, із середнім значенням 23,5 %, що у 1,5–3,0 рази перевищувало відповідні показники у корівнику №1. Одночасно спостерігалось покращення основних показників відтворення стада: індекс осіменіння зменшився з 2,3 до 2,1 осіменіння на одну тільність, сервіс-період скоротився зі 135 до 115 діб, а міжотельний інтервал зменшився з 415 до 395 діб. Крім того, вихід телят підвищився з 86 до 92 %, а рівень отелень зріс з 88 до 92 %.

Таким чином, результати проведених досліджень підтверджують, що застосування адаптивних технологій утримання дійних корів є ефективним напрямом підвищення продуктивності та відтворної здатності стада в умовах кліматичних змін центрального регіону України. Розроблена адаптивна система утримання дійних корів, яка передбачає ущільнення огорожувальних конструкцій корівника з трьох сторін у поєднанні з тунельною вентиляцією та системою туманного охолодження, забезпечує формування оптимального мікроклімату тваринницького приміщення, зменшення теплового навантаження на організм тварин, нормалізацію поведінкових реакцій корів, зростання молочної продуктивності, покращення санітарно-гігієнічних і фізико-хімічних показників молока та підвищення ефективності відтворення стада. Отримані результати свідчать про доцільність впровадження адаптивних технологій утримання як важливого елементу ветеринарно-гігієнічного забезпечення сучасних молочних ферм у регіонах із зростаючим температурним навантаженням.

## ВИСНОВКИ

Проведена ветеринарно-гігієнічна оцінка кліматичних умов Черкаської області засвідчила зростання температурного навантаження на дійних корів: упродовж теплого періоду 2021-2023 рр. тривалість днів із температурою повітря понад +25 °С становила 152 доби (травень-вересень). В умовах підвищення температурного навантаження, одним із ключових чинників забезпечення продуктивності та відтворної здатності дійних корів є оптимізація параметрів мікроклімату тваринницьких приміщень. В роботі розроблено та науково обґрунтовано ефективність адаптивної системи утримання дійних корів, яка передбачає ущільнення огорожувальних конструкцій корівника з трьох сторін у поєднанні з тунельною вентиляцією та системою туманного охолодження повітря.

1. Встановлено, що відхилення температурного режиму середовища утримання від термонеутральної зони (-5...+25 °С) зумовлює системну перебудову поведінкових і фізіологічних реакцій дійних корів. У високотемпературний період (> +25 °С) формується комплекс ознак теплового стресу (зростання частоти дихання у 1,37–1,60 раза, зменшення тривалості лежання у 1,56–1,80 раза, зниження кормової активності на 16,7–25,4% та підвищення напування у 1,24–2,40 раза), тоді як у низькотемпературний період (< -5 °С) реалізується енергозберігальна адаптивна поведінка зі збільшенням лежання та зміщенням максимуму кормової активності на ранкові години.

2. Доведено, що температурний фактор визначає добову структуру поведінки дійних корів: найбільш виражені зміни фізіологічних і етологічних показників спостерігаються у обідні години (з 11 до 14 години), тоді як у вечірній період (з 18 години до 20 години) відбувається їх часткова нормалізація. Найбільш чутливими індикаторами мікрокліматичного стресу є частота дихання, тривалість лежання, поїдання корму та напування, зміни яких досягають відповідно 1,6; 1,8; 1,3 та 2,4 раза.

3. Температурний режим утримання є визначальним фактором формування якісних показників молока: високотемпературний період ( $> +25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) достовірно знижує споживання сухої речовини, молочну продуктивність і вміст білка та супроводжується зростанням загального бактеріального обсіменіння у 7,4 раза порівняно з низькотемпературним періодом, що технологічно відповідає переходу молока з екстра до першого ґатунку, тоді як масова частка жиру залишається статистично стабільною.

4. Доведено, що у ВРХ за умов адаптаційного утримання формується повноцінний амінокислотний профіль м'яса, який характеризується високим вмістом незамінних амінокислот ( $32,10 \pm 0,42$  г/100 г білка), зокрема лізину ( $7,34 \pm 0,15$  г/100 г білка), лейцину ( $6,48 \pm 0,14$  г/100 г білка) та аргініну ( $6,21 \pm 0,13$  г/100 г білка), що забезпечує його високу біологічну цінність.

5. У результаті експериментальних досліджень поведінки дійних корів у період адаптації до нових умов утримання в новозбудованому корівнику № 2 із безприв'язною боксовою технологією встановлено, що вирішальний вплив на формування комфортної структури поведінкових актів у високотемпературний період ( $> +25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) має рівень аеродинамічної ізоляції та організація вентиляції приміщення. Найбільш сприятливими для фізіологічно оптимальної поведінки корів виявилися умови утримання з елементами ущільнення огорожувальних конструкцій з трьох сторін у поєднанні з вентиляторами та системою охолодження/зволоження повітря (тунельна вентиляція).

6. Оптимізація температурно-вологісного режиму й зниження теплового навантаження на тварин сприяли покращенню репродуктивних процесів, що проявилось зростанням рівня заплідненості дійних корів до 24,4 %, що на 1,5 % вище, ніж у 2024 році та у двічі вище, ніж у 2021 році.

7. Встановлено, що адаптивне утримання дійних корів у гігієнічно оптимізованому корівнику з ущільненням огорожувальних конструкцій, тунельною вентиляцією та туманним охолодженням забезпечує зниження теплового навантаження та достовірне покращення показників відтворення стада порівняно з традиційними умовами, що проявляється зменшенням індексу

осіменіння з 2,3 до 2,1 осіменіння на одну тільність, скороченням сервіс-періоду зі 135 до 115 діб і міжотельного інтервалу з 415 до 395 діб та підвищенням виходу телят з 86 до 92 % і рівня отелень з 88 до 92 %.

## ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

У кліматичних умовах центральної частини України, зокрема Черкаської області, де тривалість періоду з температурою повітря понад +25 °С становить близько 150 діб на рік і температурно-вологісний індекс в цей період перевищує 78 од. (важкий тепловий стрес) при реконструкції/будівництві корівників для забезпечення благополуччя дійних корів рекомендується застосовувати адаптивні мікрокліматичні рішення, спрямовані на зниження теплового навантаження на тварин:

1. Найбільш ефективним ветеринарно-гігієнічним варіантом утримання дійних корів у період теплового навантаження є використання ущільнених з трьох сторін корівників, обладнаних тунельною вентиляцією та системою туманного охолодження, що забезпечує стабілізацію температурно-вологісного режиму повітряного середовища та підвищення відтворної ефективності стада.

2. У період високих температур (травень–вересень), особливо в денні години 11:00–14:00, необхідно забезпечувати інтенсивний повітрообмін і активне охолодження повітряного середовища корівників для попередження підвищення температури понад 25–27 °С і зростання ТНІ понад 72 од., що відповідає пороговому рівню теплового стресу дійних корів.

3. При проектуванні та експлуатації корівників слід урахувувати добові та температурно зумовлені особливості поведінки дійних корів, адаптуючи режими годівлі, водопостачання та перебування тварин у зоні кормового столу до періодів зниженого теплового навантаження (ранкові та вечірні години).

4. Запропоновані ветеринарно-гігієнічні підходи до адаптивної оптимізації мікроклімату (ущільнення огорожувальних конструкцій, тунельна вентиляція, туманне охолодження) доцільно впроваджувати під час реконструкції діючих та будівництві нових тваринницьких приміщень молочних ферм Центральної України як ефективний засіб профілактики теплового стресу, зниження репродуктивних порушень і підвищення відтворної здатності дійних корів.

5. Операторам ринку з виробництва молока рекомендується використовувати удосконалену методику безконтактної термометрії дійних корів для оперативного контролю теплового стану організму тварин у періоди підвищеного температурного навантаження. Методика передбачає визначення інтегрального показника температури поверхні тіла як середнього арифметичного значення температури окремих анатомічних ділянок тулуба (носове дзеркало, лоб, вухо, темні та світлі ділянки тулуба, вим'я та дійки вимені) з трикратним вимірюванням упродовж доби - у ранковий, денний та вечірній періоди. Застосування даного підходу дозволяє своєчасно виявляти ознаки теплового стресу у корів, оцінювати ефективність систем вентиляції та охолодження корівників і приймати управлінські рішення щодо оптимізації умов утримання тварин у високотемпературний період.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баняс, Ю.Ю. & Костенко, В.І. (2018) Зміни жувальної активності та біохімічних показників крові у молочних корів залежно від ступеня подрібнення грубих кормів. *Вісник Сумського національного аграрного університету, Серія: Тваринництво*, 7(35), 79-84.
2. Борщ, О.О. (2021). Вплив генотипових і фенотипових чинників на показники комфорту корів. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*, 2, 7- 20. <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2021-166-2-7-20>
3. Борщ, О.О. Вплив глобальних змін клімату на окремі елементи технології виробництва молока.: дис. д-ра с.-г. наук: спец. 06.02.04 «Технологія виробництва продуктів тваринництва» (сільськогосподарські науки). Київ, 2023. 408 с.
4. Борщ, О. О. (2017). Вплив теплового стресу на поведінку та продуктивність високопродуктивних корів. *Вісник аграрної науки*, 5, 28-32.
5. Борщ, О. О. (2018). Індекс температури і вологості як показник теплового навантаження на молочних корів. *Науковий вісник НУБіП України*, 282, 120-126.
6. Борщ, О. О. (2019). Тепловий стрес у молочної худоби: фізіологічні та продуктивні наслідки. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*, 1, 15-22.
7. Войтенко, С. Л. & Сидоренко, О. В. (2020). Вплив природно-кліматичної зони на продуктивність худоби української чорно-рябої молочної породи. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*, 2, 58-65. <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2020-158-2-58-65>
8. Волченко, Н. (2025). Управління кліматичними ризиками через соціальне забезпечення у сільських громадах. *Сталий розвиток економіки*, (3 (54), 174-180. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-54-26>
9. Данчук, О., Кориневська, Т., Григор'єв, В., Цимбалюк, О., & Масюк, Д. (2021). Актуальні питання адаптивності свійських тварин (Оглядова стаття)

Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral. 98, 54-60.  
<https://doi.org/10.37000/abbsl.2021.98.09>

10. Міжнародна організація зі стандартизації. (2014). *Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахування мікроорганізмів. Частина 1: Підрахування колоній за температури 30 °C методом глибинного посіву (ДСТУ ISO 4833-1:2014)*. Київ, Україна: Мінекономрозвитку України. 16 с.

11. Захарін, В. В., Трохименко, В. З., Ковальчук, Т. І., Безверха, Л. М., & Пирожок, М. А. (2025). Значення кліматично орієнтованого благополуччя тваринництва для забезпечення високого рівня продуктивності тварин і якості тваринницької сировини. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*, 47, 69-76. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-2.9>

12. Зотько, М. О. (2018). Вплив різних факторів на молочну продуктивність корів. *Аграрна наука та харчові технології*, 1 (100), 48-56.

13. Іванов, В.О. & Безалтична, О.О. (2018). Спосіб підвищення комфорту корів в умовах температурного стресу. *Вісник Сумського національного аграрного університету, Серія: Тваринництво*, 7 (35), 174-178.

14. Кандиба, В. М. (2012). Профілактика аліментарних порушень фізіологічних процесів травлення, обміну речовин та продукційних захворювань у високопродуктивних корів. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини*, 24 (1), 120-127.

15. Кошавка, М. М., Бойко, Н. І., & Цвіліховський, М. І. (2019). Клінічний стан корів молочного напрямку продуктивності за теплового стресу. *Український часопис ветеринарних наук*, 10 (4), 70-79.

16. Кошавка, М. М., Бойко, Н. І., & Цвіліховський, М. І. (2020). Особливості жуйки за теплового стресу тварин. *Сучасні аспекти лікування і профілактики хвороб тварин: матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції (15–16 жовтня 2020, Полтава)*, 78-79

17. Кошавка, М. М., Бойко, Н. І., & Цвіліховський, М.І. (2018). Тепловий стрес у високоудійних корів *Науковий вісник НУБіП України. Серія : Ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва*, 285, 42-52.
18. Кравченко, Ю.С., Прусова, Г.Л., Золотарьов, А.П., Єлецька, Л.М., & Тимченко, Л.А. (2019). Температура навколишнього середовища, як фактор впливу на продуктивність великої рогатої худоби. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*, 121, 136-146. <https://doi.org/10.32900/2312-8402-2019-121-136-146>
19. Кузєбний, С. В., Шарапа, Г. С., & Демчук, С. Ю. (2018). Методологічні аспекти оцінки відтворювальної здатності корів. *Розведення і генетика тварин*, 55, 201–209.
20. Кудлай, І. М. (2011). Наукове обґрунтування та зоотехнічна оцінка енергетично збалансованого і екологічно безпечного біотехнологічного комплексу з виробництва молока: дис. д-ра с.-г. наук: спец. 06.02.04 «Технологія виробництва продуктів тваринництва». Київ, 2011. 308 с.
21. Кушнеренко, В. Г., & Жмуровський, І. О. (2019). Поліпшення умов утримання великої рогатої худоби в умовах змін клімату. *Таврійський науковий вісник*, 109, 2, 67-76. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-2.11>
22. Кушнеренко, В. Г. & Котовська, Ю. С. (2021). Зелені насадження як спосіб зменшення теплового стресу у великої рогатої худоби в умовах змін клімату. *Аграрні інновації*, 7, 65-73. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.11>
23. Левченко, І. С. (2020). Вплив факторів технологічного стресу на продуктивність сільськогосподарських тварин. *Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі: зимові диспути: тези доп. I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* (6-7 лютого 2020, Дніпро), 2, 241-245.
24. Лялько, В. І., Єлістратова, Л. О., Кульбіда, М. І., Апостолов, О. А., & Барабаш, М. Б. (2015). Парниковий ефект і зміні клімату в Україні: оцінки та наслідки (розділ 4, підрозділи 4.4–4.7). *Український журнал дистанційного зондування Землі*, 6, 64-84.

25. Милостивий, Р., Іжболдіна, О., & Дуда, Ю. (2021). Як зарадити втратам надоїв корів за теплового стресу та попередити його наслідки. *Тваринництво сьогодні*, 1, 34-37.

26. Милостивий, Р., & Крюкова, Л. (2020). Неізолювані приміщення у спекотний період: як забезпечити комфорт коровам. *Тваринництво. Ветеринарія*, 5, 2-6.

27. Милостивий, Р. В., Черненко, О. М., & Іжболдіна, О. О. (2020) Забезпечення комфорту корів у спекотний період – непроста задача. *Тваринництво сьогодні*, 8, 52-59.

28. Міністерство аграрної політики України (2004). Інструкція з ведення племінного обліку в молочному і молочно-м'ясному скотарстві. Київ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0006-05>

29. Міністерство аграрної політики України (2012) НТП-АПК 01.05. Тваринницькі підприємства (будівлі та споруди). Київ: Мінагрополітики України, 2012. 62 с.

30. Молодковець, О. Ю., & Захаренко, М. О. (2017). Температурно-вологісний режим корівників за дії високих температур повітря примусового і добровільного доїння корів. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини*, 34 (2), 350-356.

31. Нечипоренко, О. (2020). Управління ризиками глобальної зміни клімату в агропромисловому комплексі України. *Економіка АПК*, 27(4), 6-16. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202004006>

32. Пасечко, Д. В., Кушнеренко, В. Г., & Дашевська, Л. М. (2019). Використання кореляційно-регресійних і логістичної моделей для оцінки втрат молочного скотарства від теплового стресу. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*, 1 (101), 77-83. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-1\(101\)-11](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-1(101)-11)

33. Пасечко, Д. В., & Нежлукченко, Т. І. (2018). Тепловий стрес: виявлення, попередження, вплив на молочні породи великої рогатої худоби (огляд). *Таврійський науковий вісник*, 100, 2, 167-174.

34. Петруша, Є. З., & Дібіров, Р. М. (2014). Продуктивність і поведінка корів за екстремальних параметрів атмосферного повітря. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*, 2, 124-128. [https://tvppt.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/pererobka/2014\\_2\\_petrusha\\_ua.pdf](https://tvppt.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/pererobka/2014_2_petrusha_ua.pdf)
35. Поліщук Т. В., Лютка Г. І., Ушаков В. М. Технологія підготовки корів до літнього утримання : монографія. Вінниця : ТОВ «Друк», 2021. 236 с.
36. Пришедько, В. М. (2024). Селекційно-біотехнологічні підходи у вирішенні проблем відтворення стада молочної худоби в умовах теплового стресу. *Science and education as the basis for the modernization of the world order 2024 : Monographic series «European Science»*, 35(2), 72-109. <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2024-35-00-015>
37. Супрун, І. О., & Куриленко, Ю. Ф. (2021). Ефективність використання енергетичної добавки energy-top для підвищення продуктивності та відтворної здатності молочної худоби. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Livestock*, 4 (47), 159-164. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.27>
38. Федорович, Є. І., Кузів, М. І., Кузів, Н. М., & Тодорюк, В. Б. (2024). Ризики для ведення скотарства в умовах зміни клімату. Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції (10-11 жовтня 2024, Одеса, ІКОСГ НААН), 61-65 <https://icsanaas.com.ua/wp-content/uploads/2024/12/Збірник-матеріалів-конференції-10-11-жовтня-2024-року.pdf#page=61>
39. Федорович, Є. І., Федорович, В. В., & Стецишин, М. С. (2025). Зміни клімату та їх вплив на організм і продуктивність корів. Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення: Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції (23-24 жовтня 2025, Одеса, ІКОСГ НААН) 279-284 DOI: <https://www.doi.org/10.32782/2324102025>

40. Хмельовський, В. С. (2020). Вплив кормоприготувальних машин та обладнання на молочну продуктивність тварин при годівлі. *Збірник тез доповідей VIII Міжнародної наукової конференції “Іноваційне забезпечення виробництва органічної продукції АПК” в рамках XXXII Міжнародної агропромислової виставки “АГРО 2020”* (11-14 серпня 2020, Київ), 129-130.
41. Adamczyk, K., Herbut, P., Godyń, D., Angrecka, S., Kupczyński, R., & Vieira, F. M. C. (2024). Effect of light on dairy cattle in farm conditions – a review. *Annals of Animal Science*. <https://doi.org/10.2478/aoas-2024-0052>
42. Ahmadi, F., Suleria, H. A. R., & Dunshea, F. R. (2025). Role of plant bioactive compounds in improving ruminant resilience to heat stress challenge. *Animal Production Science*, 65, AN23386. <https://doi.org/10.1071/AN23386>
43. Almuhanha, E. A., Gamea, G. R., Osman, O. E., & Almahdi, F. M. (2021). Performance of roof-mounted misting fans to regulate heat stress in dairy cows. *Journal of Thermal Biology*, 99, 102984. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102984>
44. American Society of Agricultural and Biological Engineers (2017). Design of ventilation systems for poultry and livestock shelters (ASABE EP270.5). *St. Joseph, MI: ASABE. ASAE EP270.5-1986 (2017).pdf*
45. Andrade, M. F., & Simões, J. (2024). Embryonic and fetal mortality in dairy cows: Incidence, relevance, and diagnosis approach in field conditions. *Dairy*, 5(3), 526–541. <https://doi.org/10.3390/dairy5030040>.
46. Antanaitis, R., Džermeikaitė, K., Krištolaitytė, J., Ribelytė, I., Bespalovaitė, A., Bulvičiūtė, D., Tolkačiovaitė, K., & Baumgartner, W. (2024). Impact of Heat Stress on the In-Line Registered Milk Fat-to-Protein Ratio and Metabolic Profile in Dairy Cows. *Agriculture*, 14(2), 203. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020203>
47. Antanaitis, R., Džermeikaitė, K., Januškevičius, V., Šimonytė, I., Baumgartner, W. (2024). Impact of heat stress on the in-line registered milk fat-to-protein ratio and metabolic profile in dairy cows. *Agriculture*, 14, 2, Article 203. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020203>

48. Armengol, R., Fraile, L., & Bach, A. (2023). Key performance indicators used by dairy consultants during the evaluation of reproductive performance during routine visits. *Frontiers in Veterinary Science*, 10:1165184. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1165184>
49. Baccouri, W., Mikó, E., & Komlósi, I. (2023). Heat stress of cattle from embryonic phase until culling. *Acta Agraria Debreceniensis*, 1, 11–22. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/1/12086>
50. Bah, M., Javed, K., Pasha, T. N., & Shahid, M. Q. (2021). Sprinkler flow rate affects physiological, behavioural and production responses of Holstein cows during heat stress // *South African Journal of Animal Science*, 51(5), 560-565. <https://doi.org/10.4314/sajas.v51i5.2>
51. Beauregard-García, J., Prado-Rebolledo, O., García-Márquez, L., García-Casillas, A., Macedo-Barragán, R., & Hernández-Rivera, J. (2018). Productivity of Holstein dairy cows without shade at two seasons of the year. *Abanico veterinario*, 8(3), 51-67. <https://doi.org/10.21929/abavet2018.83.3>
52. Berman, A. (2005). Effects of body temperature on milk yield and fertility in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88, 2736–2743.
53. Bernabucci, U., Biffani, S., Buggiotti, L. & et al. (2014). The effects of heat stress on dairy cow production and metabolism. *Journal of Dairy Science*, 97, 471–486. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7091>
54. Bernabucci, U., Biffani, S., & Ramazzotti, S. (2022). Effects of heat stress on milk yield and quality in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 105, 1021–1034. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20489>
55. Bernabucci, U., Biffani, S., Vitali, A., & Lacetera, N. (2022). Heat stress in dairy cows: Effects on physiology, production, and reproduction. *Journal of Dairy Science*, 105(3), 2193-2213. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21060>
56. Bogdanov, G., Kandyba, V. & Ibatulin, I. (2012) Norms and rations of complete feeding of high-yielding cattle: a reference guide. Kyiv: Agrarian Science, 296 p. ISBN: 978-966-540-328-9

57. Bohmanova, J., Misztal, I., & Cole, J. B. (2007). Temperature–humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *Journal of Dairy Science*, 90, 1947-1956. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-513>

58. Boonkum, W., Misztal, I., Duangjinda, M., Suarez, S. A., & Sapp, R. L. (2024). Impact of heat stress on milk yield and milk fat-to-protein ratio in dairy cattle. *Animals*, 14. <https://doi.org/10.3390/ani14203026>

59. Boonkum, W., Teawyoneyong, W., Chankitisakul, V., Chankitisakul, K., Sopannarath, P., Srisakwattana, K., & Koonawootrittriron, S. (2024). Impact of heat stress on milk yield, milk fat-to-protein ratio, and conception rate in Thai-Holstein dairy cattle. *Animals*, 14(20):3026 <https://doi.org/10.3390/ani14203026>

60. Campos, I. L., Chud, T. C. S., Oliveira, H. R., Baes, C. F., Cánovas, A., & Schenkel, F. S. (2022) Using publicly available weather station data to investigate the effects of heat stress on milk production traits in Canadian Holstein cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, 102, 368-381. <https://doi.org/10.1139/cjas-2021-0088>

61. Cartwright, S. L., Schmied, J., Karrow, N. & Mallard, B. A. (2023). Impact of heat stress on dairy cattle and selection strategies for thermotolerance: a review. *Front. Vet. Sci.* 10:1198697. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1198697>

62. Celozzi, S., Calcante, A., & Zucali, M. (2025). Assessing the effect of transitioning from tie-stalls to free-stalls with automatic milking system on dairy cattle welfare, milk production, and the environmental sustainability. *Livestock Science*, 303, 105878. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2025.105878>

63. Chen, J. M., Schütz, K. E., Tucker, C. B. (2016). Cooling cows efficiently with water spray: Behavioral, physiological, and production responses to sprinklers at the feed bunk. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4607-4618. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10714>

64. Chen, L., Thorup, V. M., Kudahl, A. B., & Østergaard, S. (2024). Effects of heat stress on feed intake, milk yield, milk composition, and feed efficiency in dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24059>

65. Chen, X., Li, Y., Xiao, J., Dong, J., Zhao, W., Han, Z., Xin, L., Qin, G., Wang, T., Zhen, Y., Sun, Z., & Zhang, X. (2023). Heat stress affects the milk yield, milk composition, serum oxidative status, and metabolites of Holstein cows during mid-lactation. *Czech Journal of Animal Science*, 68(8), 333–345. <https://doi.org/10.17221/2/2023-CJAS>
66. Chung, H., Li, J., Kim, Y., Van Os, J. M. C., Brounts, S. H., & Choi, C. Y. (2020). Using implantable biosensors and wearable scanners to monitor dairy cattle's core body temperature in real-time. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174, 105453. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105453>
67. CIGR Section II Working Group No. 14. *The Design of Dairy Cow and Replacement Heifer Housing*. Commission Internationale du Génie Rural, 2014. 63 p. URL: [https://www.cigr.org/sites/default/files/documets/Design\\_of\\_dairy\\_cow\\_and\\_replacement\\_heifer\\_housing-CIGR\\_working\\_group\\_Cattle\\_housing-2015.pdf](https://www.cigr.org/sites/default/files/documets/Design_of_dairy_cow_and_replacement_heifer_housing-CIGR_working_group_Cattle_housing-2015.pdf)
68. Collier, R. J. (2018) An evaluation of an immunomodulatory feed ingredient in heat-stressed lactating Holstein cows: effects on hormonal, physiological, and production responses. *Journal of Dairy Science*, 101(8), 7095-7105. <https://doi.org/0.3168/jds.2017-14210>
69. Corazzin, M., Romanzin, A., Sepulcri, A., et al. (2020) Effect of heat stress on dairy cow performance and on expression of genes involved in milk protein metabolism. *Animals*. <https://doi.org/10.3390/ani10122264>
70. Council of the European Union. (1998). Council Directive 98/58/EC of 20 July 1998 concerning the protection of animals kept for farming purposes. *Official Journal of the European Communities*, L221, 23–27. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31998L0058>
71. Dash, S., Chakravarty, A. K., Singh, A., Upadhyay, A., Singh, M., & Yousuf, S. (2016). Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: A review. *Veterinary World*, 9(3), 235–244. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.235-244>

72. Debbarma, A., Mandal, D. K., & Das, A. (2022). Amelioration of heat stress in dairy cows through shelter management - An Overview. *International Journal of Livestock Research*, 12(10), 1-10.
73. De Rensis, F., Garcia-Ispuerto, I., & López-Gatius, F. (2015). Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. *Theriogenology*, 84, 659-666. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.04.021>
74. De Rensis, F., Saleri, R., García-Ispuerto, I., Scaramuzzi, R., & López-Gatius, F. (2021). Effects of heat stress on follicular physiology in dairy cows. *Animals*, 11(12), 3406. <https://doi.org/10.3390/ani11123406>
75. De Rensis, F., & Scaramuzzi, R. J. (2003). Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow. *Theriogenology*, 60, 1139-1151. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(03\)00126-2](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(03)00126-2)
76. Dias, J. D. L., Silva, R. B., Fernandes, T., Barbosa, E. F., Graças, L. E. C., Araujo, R. C., Pereira, R. A. N., & Pereira, M. N. (2018) Yeast culture increased plasma niacin concentration, evaporative heat loss, and feed efficiency of dairy cows in a hot environment. *Journal of Dairy Science*, 101(7), 5924-5936. <https://doi.org/doi:10.3168/jds.2017-14315>
77. Dikmen, S., & Hansen, P. J. (2020). Environmental physiology of dairy cattle under heat stress. *Annual Review of Animal Biosciences*, 8, 13-30. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021419-083729>
78. Dikmen, S., & Hansen, P. J. (2009). Is the temperature–humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*, 92, 109-116. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1370>
79. Drwencke, A. M., Tresoldi, G., Stevens, M. M., Narayanan, V., Carrazco, A. V., Mitloehner, F. M., Pistochini, T. E., & Tucker, C. B. (2020). Innovative cooling strategies: Dairy cow responses and water and energy use. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 5440-5454. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17351>
80. DSTU 7672:2014 (2015). Cow's milk. Determination of the number of somatic cells - by flow cytometry (express method), Kyiv, Derzhspozhyvstandart Ukrainy: 11. (In Ukrainian). Retrieved from <http://ДСТУ 7672:2014 Молоко коровье>.

Определение количества соматических клеток методом проточной цитометрии (экспресс-метод) (budstandart.com)

81. DSTU 8396:2015 (2015). Cow's milk. Determination of mass fraction of fat, protein, lactose, dry matter, Kyiv, Derzhspozhyvstandart Ukrainy: 12. (In Ukrainian). Retrieved from [http://ДСТУ 8396:2015 Молоко коровье. Определение массовой доли жира, белка, лактозы, сухого вещества методом инфракрасной спектроскопии \(экспресс-метод\) \(budstandart.com\)](http://ДСТУ 8396:2015 Молоко коровье. Определение массовой доли жира, белка, лактозы, сухого вещества методом инфракрасной спектроскопии (экспресс-метод) (budstandart.com))

82. Dunshea, F. R., Oluboyede, K., Di Giacomo, K., Leury, B. J., & Cottrell, J. J. (2019). Betaine improves milk yield in grazing dairy cows supplemented with concentrates at high temperatures. *Animals*, 9(2), 57. <https://doi.org/10.3390/ani9020057>

83. Džermeikaitė, K., Antanaitis, R., Malašauskienė, D., Televičius, M., Juozaitienė, V., Baumgartner, W., & Žilaitis, V. (2025). The impact of heat stress on dairy cattle: effects on milk quality, rumination behaviour and reticulorumen pH response. *Biosensors*. <https://doi.org/10.3390/bios15090608>

84. European Parliament and Council of the European Union. (2004). Regulation (EC) No 853/2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin. *Official Journal of the European Union*, L139, 55–205.

85. European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Animal Health and Animal Welfare. (2023). Welfare of dairy cows. *EFSA Journal*, 21(5), 7993. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7993>

86. Fabris, T. F., Laporta, J., Corra, F. N., Torres, Y. M., Kirk, D. J., Mc Lean, D. J., Chapman, J. D., & Dahl, G. E. (2017). Effect of nutritional immunomodulation and heat stress during the dry period on subsequent performance of cows. *Journal of Dairy Science*, 100(8), 6733-6742. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12313>

87. Garcia-Ispuerto, I., De Rensis, F., Casas, X., Caballero, F., Serrano-Pérez, B., & López-Gatiús, F. (2019). Inducing ovulation with hCG in a five-day progesterone-based fixed-time AI protocol improves the fertility of anestrous dairy cows under heat stress conditions. *Theriogenology*, 124, 65-68. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.10.015>

88. Garner, J. B., Douglas, M., Smith, J. F. (2021). Impact of barn microclimate on estrus expression and fertility in lactating Holstein cows. *Animal Production Science*, 61(14), 1543-1554. <https://doi.org/10.1071/AN20452>
89. Gauly, M., & Ammer, S. (2020). Review: Challenges for dairy cow production systems arising from climate changes. *Animal*, 4(S1), s196-s203. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003239>
90. Giannone, C., Bovo, M., Ceccarelli, M., Torreggiani, D., Tassinari, P. (2023). Review of the Heat Stress-Induced Responses in Dairy Cattle. *Animals*, 13, 3451. <https://doi.org/10.3390/ani13223451>
91. Gonzalez-Rivas, P. A., Sullivan, M., Cottrell, J. J., Leury, B. J. & Gaughan, J. B. (2018). Effect of feeding slowly fermentable grains on productive variables and amelioration of heat stress in lactating dairy cows in a sub-tropical summer. *Trop Anim Health Prod*, 50, 1763-1769. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1616-5>
92. Guo, W. J., Zhen, L., Zhang, J. X., Lian, S., Si, H. F., Guo, J. R., & Yang, H. M. (2017) Effect of feeding Rumen-protected capsule containing niacin, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, vitamin C, and gamma-aminobutyric acid on heat stress and performance of dairy cows. *Journal of thermal biology*, 69, 249-253. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.06.011>
93. Guo, Y., Li, L., Yan, S., & Shi, B. (2023). Plant Extracts to Alleviating Heat Stress in Dairy Cows. *Animals*, 13(18), 2831. <https://doi.org/10.3390/ani13182831>
94. Gupta, S., Sharma, A., Joy, A., Dunshea, F. R., & Chauhan, S. S. (2023). The impact of heat stress on immune status of dairy cattle and strategies to ameliorate the negative effects. *Animals*, 13(1), 107. <https://doi.org/10.3390/ani13010107>
95. Habimana, V., Nguluma, A. S., Nziku, Z. C., Ekine-Dzivenu, C. C., Morota, G., Mrode, R., Chenyambuga, S. W. (2024). Heat stress effects on physiological and milk yield traits of lactating Holstein Friesian crossbreds reared in Tanga region, Tanzania. *Animals*, 14(13), 1914. <https://doi.org/10.3390/ani14131914>
96. Habimana, V., Nguluma, A., Nziku, Z., Ngarambe, J., Kahi, A. K., Mutwedu, V. B., Ongola, A. J. (2023). Heat stress effects on milk yield traits and metabolite

profiles in dairy cattle. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1121499>

97. Hansen, P. J. (2009). Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, 3341-3350. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0131>

98. Hamza, Y. (2023). optimizing livestock microclimates: bes models, challenges, and sustainable solutions. *International Journal of Agriculture and Sustainable Development*, 5(3), 130-142. <https://journal.xdgen.com/index.php/ijasd/article/view/202>

99. Hauliková, A., Lendelová, J., & Kuchar, P. (2021) Evaluation of heat load in cattle. *Book of Extended Abstracts “XXIII. International Scientific Conference of Young Scientists”* (June 22, 2021, Zvolen, Slovakia), 20-23. TE3И

100. Havelka, Z., Kunes, R., Kononets, Y., Stokes, J. E., Smutny, L., Olsan, P., Kresan, J., Stehlik, R., Bartos, P., Xiao, M., Kriz, P., Findura, P., & Roztocil, D. (2022). Technology of microclimate regulation in organic and energy-sustainable livestock production. *Agriculture*, 12(10), 1563. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101563>

101. Hempel, S., Menz, C., Pinto, S., Galán, 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(4), 859-884. <https://doi.org/10.5194/esd-10-859-2019>

102. Idris, M., Uddin, J., Sullivan, M., McNeill, D. M., & Phillips, C. J. C. (2021). Non-Invasive Physiological Indicators of Heat Stress in Cattle. *Animals*, 11(1), 71. <https://doi.org/10.3390/ani11010071>

103. International Committee for Animal Recording. (2022). *Bovine functional traits – Section 7: Functional traits in dairy cattle*. International Committee for Animal Recording Guidelines. <https://www.icar.org/Guidelines/07-Bovine-Functional-Traits.pdf>

104. International Committee for Animal Recording (2016). *Guidelines for recording, evaluation and genetic improvement of female fertility in dairy cattle* (ICAR

Recording Guidelines, Section 7.2). International Committee for Animal Recording. <https://old.icar.org/wp-content/uploads/2016/12/Guidelines-for-female-fertility-in-dairy-cattle.pdf>

105. Iqbal, A., Qudoos, A., Bayram, I., Tytariova, O., Bomko, V., Kuzmenko, O., & Cherniavskiy, O. (2021) Heat stress in dairy cows. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*, 1, 7-13. <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2021-164-1-7-13>

106. Janampet, R. S., Amaravadhi, S. C., Ramana, D. B. V., Thirunahari, R., Manthani, G. P., & Malisetty, V. (2021). Effect of supplemental chromium, vitamin e and selenium on feed intake, production performance and cost economics of holstein friesian cows under heat stress. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 21(3), 509-521. <http://dx.doi.org/10.5958/0974-181X.2021.00042.1>

107. Jeyaseelan, R., Parimala, K., Leka, H., Balamurugan, N., Cathrine, R. T., Kumar, N. K., & Singh, S. (2025). Environmental heat stress mitigation in livestock farms using nature-based cooling systems. *Journal of Animal Environment*, 17(3), 916-928. <https://doi.org/10.70102/AEJ.2025.17.3.74>

108. Jo, J., & Lee, H. (2025). Impact of Relative Humidity on Heat Stress Responses in Early-Lactation Holstein Cows. *Animals*, 15, 1503. <https://doi.org/10.3390/ani15111503>

109. Joo, Y. H., Woo, J. S., Lee, H., Kim, W. S., Park, K. K., & Choi, Y. (2026). Effect of Dietary Supplementation with Rumen-Protected GABA ( $\gamma$ -Aminobutyric Acid) on Milk Productivity and Blood Profiles of Dairy Cattle Under Heat Stress Conditions. *Animals*, 16(2), 262. <https://doi.org/10.3390/ani16020262>

110. Jung, S., Chung, H., Mondaca, M., Nordlund, K. V., & Zhang, G. (2023). Using computational fluid dynamics to develop positive-pressure precision ventilation systems for large-scale dairy houses. *Biosystems Engineering*, 227, 182-194. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2023.02.003>

111. Jurkovich, V., Szalai, S., Várhidi, Z., Kusza, S., Bagi, Z., Bodrogi, L., Dávid, B., Kovács-Weber, M., Kővágó, R., Bakony, M., Hejel, P. (2026) The effects of improving barn cooling on the behaviour, physiological responses, gene expression,

and milk yield of dairy cows. *Journal of Thermal Biology*, 135, 104364, <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2025.104364>

112. Kekana, T. W., Nherera-Chokuda, F. V., Muya, M. C., Manyama, K. M., & Lehloenya, K. C. (2018). Milk production and blood metabolites of dairy cattle as influenced by thermal-humidity index *Trop. Anim. Health Prod.*, 50, 921-924 <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1513-y>

113. Khan, I., Mesalam, A., Heo, Y. S., Lee, S.-H., Nabi, G., & Kong, I.-K. (2023). Heat Stress as a Barrier to Successful Reproduction and Potential Alleviation Strategies in Cattle. *Animals*, 13(14), 2359. <https://doi.org/10.3390/ani13142359>

114. Kim, S. H., Ramos, S. C., Valencia, R. A., Cho, Y. I. & Lee, S. S. (2022). Heat stress: effects on rumen microbes and host physiology, and strategies to alleviate the negative impacts on lactating dairy cows. *Front. Microbiol*, 13:804562. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.804562>

115. Kim, W. S., Lee, J.-S., Jeon, S. W., Peng, D. Q., Kim, Y. S., Bae, M. H., Jo, Y. H., & Lee, H. G. (2018). Correlation between blood, physiological and behavioral parameters in beef calves under heat stress. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(6), 919-925. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0545>

116. Knizkova, I., Kunc, P., Koubkova, M., et al. (2002). Evaluation of naturally ventilated dairy barn management by a thermographic method. *Livestock Production Science*, 77, 349-353. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00062-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00062-3)

117. Krpálková, L., Stadnik, L., & Doležal, O. (2020). Evaluating the economic profit of reproductive performance in dairy herds. *Czech Journal of Animal Science*, 65(4), 124-134. <https://doi.org/10.17221/38/2020-CJAS>

118. Kumar G., Devi P., Sharma N., Somagond Y. M. (2020). Impact of thermal stress on milk production, composition and fatty acid profile in dairy cows: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(5), 1278-1283.

119. Kuziv, M., Kuziv, N., Fedorovych, Y., Fedorovych, V., & Mazur, N. (2025). Cattle breeding under climate change. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine*, 82(1). <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-vm:2024.0020>

120. Lalit, K., Ngawang, C., Tharani, G., Md Kamrul, H., Sadeeka, L. J., Champika, S. K., Benjamin, K. K., Sujith R. (2022). Chapter 4 - Climate change and future of agri-food production. *Future Foods, Academic Press*, 49-79. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91001-9.00009-8>
121. Lees, A. M, Sejian, V, Wallage, A. L, Steel, C. C, Mader, T. L, Lees, J. C, & Gaughan, J. B. (2019). The impact of heat load on cattle. *Animals*, 9(6), 322. doi: [10.3390/ani9060322](https://doi.org/10.3390/ani9060322)
122. Leiva, T., Cooke, R. F., Brandão, A. P., Schubach, K. M., Batista, L. F. D., Miranda, M. F., Colombo, E. A., Rodrigues, R. O., Junior, J. R. G., Cerri, R. L. A., & Vasconcelos, J. L. M. (2017). Supplementing an immunomodulatory feed ingredient to modulate thermoregulation, physiologic, and production responses in lactating dairy cows under heat stress conditions. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 4829-4838. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12258>
123. Li, H., Zhang, Y., Li, R., Yan, W., Zhang, D., Xu, H., Zhang, Y., Qi Z. (2021). Effect of seasonal thermal stress on oxidative status, immune response and stress hormones of lactating dairy cows. *Animal Nutrition*, 7, 1, 216-223, <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.07.006>.
124. Li, Y., Li, C., Yao, H., Liu, P., Li, M., Huang, X., Yang, C. (2026). Supplementation of rosemary extract improves lactation performance and rumen function in dairy buffaloes under hot weather. *Animals (Basel)*, 11, 16(2):216. <https://doi.org/10.3390/ani16020216>
125. Li, Y., Yao, H., Li, C., Li, M., Chen, F., Huang, X. & Yang, C. (2025). Dietary supplementation of Citrus bioflavonoids improves lactation performance in buffaloes during hot weather by regulating antioxidant capacity, immune function, and rumen microbes. *Front. Vet. Sci*, 12:1707093. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1707093>
126. Lim, D. H., Kim, T. I., Park, S. M., Ki, K. S., & Kim, Y. (2021). Effects of photoperiod and light intensity on milk production and milk composition of dairy cows in automatic milking system. *Journal of Animal Science and Technology*, 63(3), 626-639. <https://doi.org/10.5187/jast.2021.e59>

127. Liu, Z., Ezernieks, V., Wang, J., Arachchige, B. J., Garner, J. B., Wales, W. J., & Cocks, B. G. (2017). Heat stress alters lipid composition of milk. *Scientific Reports*, 7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01120-9>
128. López-Gatius, F. (2012). The effect of heat stress on reproductive performance of dairy cattle. *Animal Reproduction Science*, 130, 123-129. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.006>
129. López-Gatius, F., García-Ispuerto, I., & Hunter, R. H. F. (2021). Thermoregulatory stress and its impact on bovine reproductive performance. *Theriogenology*, 173, 176-183. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.07.018>
130. Lutnicki, K., Mietkiewska, K., & Kurek, L. (2021). Wpływ stresu cieplnego na wartości parametrów biochemicznych krwi u bydła mlecznego. *Medycyna Weterynaryjna*, 77(9), 456-460. <https://doi.org/dx.doi.org/10.21521/mw.6563>
131. Macavoray, A., Rashid, M. A., Rahman, H., & Shahid, M. Q. (2023). On-farm water use efficiency: impact of sprinkler cycle and flow rate to cool holstein cows during semi-arid summer. *Sustainability*, 15(4), 3774. <https://doi.org/10.3390/su15043774>
132. Machado, T.M.P., Schmitt-Filho, A.L., Daros, R., Farley J., Sinisgalli P. A. & Silva-Kazama D. C. (2024) Microclimate and the thermal comfort during the implementation of silvopastoral systems: the windbreak countereffect. *Int J Biometeorol* 68, 1519–1531. <https://doi.org/10.1007/s00484-024-02681-x>
133. Mandal, D. K., Mandal, A., Bhakat, C., & Dutta, T. K. (2021a). Effect of heat stress amelioration through open-ridge ventilated thatched roof housing on production and reproduction performance of crossbred Jersey cows. *Tropical Animal Health and Production*, 53(1), 1-14.
134. Mandal, D. K., Bhakat, C., & Dutta, T. K. (2021b). Impact of environmental factors on physiological adaptability, thermo-tolerance indices and productivity in Jersey crossbred cows. *International Journal of Biometeorology*, 65(12), 1999-2009.

135. Mandal, D. K., Swain, S. K., Debbarma, A., Rai, S., Bhakat, C., Das, S. K. & Ghosh, M. K. (2022). Animal shelter designs and construction in tropical cyclone prone coastal areas as disaster management strategies for livestock. In: Lama, T., Burman, D., Mandal, U.K., Sarangi, S.K., Sen, H. (eds) *Transforming Coastal Zone for Sustainable Food and Income Security*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-95618-9\\_71](https://doi.org/10.1007/978-3-030-95618-9_71)
136. Maurya, V., Bharti, P. K., Singh, M., & Singh, G. (2023). Effect of roof modification on micro-climate of animal shed. *Indian J. Anim Sci.*, 93(04), 378-383. <https://doi.org/10.56093/ijans.v93i04.112697>
137. Menta, P. R., Machado, V. S., Piñeiro, J. M., Thatcher, W. W., Santos, J. E. P., Vieira-Neto, A. (2022). Heat stress during the transition period is associated with impaired production, reproduction, and survival in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 105, 4474-4489. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21185>
138. Miętkiewska, K., Kordowitzki, P., & Pareek, C. S. (2022). Effects of heat stress on bovine oocytes and early embryonic development – An update. *Cells*, 11(24), 4073. <https://doi.org/10.3390/cells11244073>
139. Min, L., Li, D., Tong, X. et al. (2019). Nutritional strategies for alleviating the detrimental effects of heat stress in dairy cows: a review. *Int J Biometeorol*, 63, 1283-1302. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01744-8>
140. Molina Benavides, R. A., Sánchez-Guerrero, H., & Stanislaio Atzori, A. (2018). A conceptual model to describe heat stress in dairy cows from actual to questionable loops. *Acta Agronómica*, 67(1), 59-64. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n1.60612>
141. Mondaca, M. R. (2019) Ventilation systems for adult dairy cattle. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.*, 35, 139-156 <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.10.006>
142. Moore, S. S., Cannas, A., Lunesu, M. F., Mazzette, R., Paschino, P., Lobina, G., & Sitzia, M. (2023). How heat stress conditions affect milk yield, composition, and price in Italian Holstein herds. *Journal of Dairy Science*, 106(6), 4042-4058. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22640>

143. Murphy, B. A., Walsh, S. W., Meaney, W. J., & others. (2021). Identification of the blue light intensity administered to one eye required to suppress bovine plasma melatonin and effects on milk production. *Journal of Dairy Science*, *104*(10), 11174–11186. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20466>
144. Mylostyvyi, R. V. & Sejian, V. (2019). Welfare of dairy cattle in conditions of global climate change. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, *7*(1), 47–55. <https://doi.org/10.32819/2019.71009>
145. Nam, K. T., Lee, C. H., Lee, J., Hong, J. H., et al. (2024). Effect of the Temperature–Humidity Index on physiological and behavioral responses of dairy cows under climate change scenario. *Animals*, *14*(19), 2848. <https://doi.org/10.3390/ani14192848>
146. Negrón-Pérez, V. M., Fausnacht, D. W., & Rhoads, M. L. (2019). Invited review: Management strategies capable of improving the reproductive performance of heat-stressed dairy cattle. *Journal of dairy science*, *102*(12), 10695-10710. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16718>
147. Ngeno, K. (2023). Utilization of genome editing for livestock resilience in changing environment. *Black Sea Journal of Agriculture*, *6*(3), 314-320. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1263027>
148. Nosevych, D., Kostenko, V., Kulish, M., & Subot, I. (2022). The effect of artificial lighting of cowsheds on the milk productivity of cows under the conditions of tethered housing. FAO AGRIS. URL: <https://agris.fao.org/search/en/records/652665b3333e06776db7357b>
149. Nzeyimana, J. B., Fan, C. Y., Zhuo, Z., Butore, J., & Cheng, J. B. (2023). Heat stress effects on the lactation performance, reproduction, and alleviating nutritional strategies in dairy cattle – A review. <https://doi.org/10.31893/jabb.23018>
150. Oliveira, C. E. A., Tinôco, I. F. F., Damasceno, F. A., Oliveira, V. C., Ferraz G. A. S., Sousa F. C., Andrade R. R., & Barbari M. (2022) Mapping of the thermal microenvironment for dairy cows in an open compost-bedded pack barn system with positive-pressure ventilation. *Animals*. 2022, *12*(16), 2055. <https://doi.org/10.3390/ani12162055>

151. Oliveira, C.P., Sousa, F.C.d., Silva, A.L.d., Schultz, É.B., Valderrama Londoño, R.I., & Souza, P.A.R.D. (2025). Heat stress in dairy cows: impacts, identification, and mitigation strategies – A Review. *Animals*, 15, 249. <https://doi.org/10.3390/ani15020249>
152. Ouellet, V., Boutin, A., & Gagnon, J. (2023). Climatic stress and milk quality indicators in high-yielding dairy cows. *Animals*, 13, 1122. <https://doi.org/10.3390/ani13071122>
153. Packirisamy, S., Rajasekhar, K. K., Kasthuri, K., Balamurugan, N., Shyamrani, Y., Ramnath, V., & Rastogi, S. (2025). microclimate optimization in semi-intensive livestock housing using natural ventilation and structural modifications. *Journal of Animal Environment*, 17(3), 877-888. <https://doi.org/10.70102/AEJ.2025.17.3.71>
154. Petrenko, A., Pavlichenko, O., Ihnatieva, T., & Kushch L. (2024). Controlling the microclimate in livestock facilities : guidelines for laboratory and practical training in veterinary hygiene. Kharkiv : State Biotechnology University, 43 p. Режим доступа: <https://repo.btu.kharkiv.ua/bitstreams/710a7cfc-421a-40cf-94b9-c06641b98e64/download>
155. Pinto, S., Sergeeva, A., Ammon, C., Belik, V., Amon, T., & Hoffmann, G. (2024). Auswirkung einer Verdunstungskühlung auf Hitzestressreduktion und Aktivitätsverhalten von hochleistenden Milchkühen. *Agricultural engineering.eu*, 79(4), 246-260. <https://doi.org/10.15150/ae.2024.3324>
156. Polsky, L., & von Keyserlingk, M. A. G. (2017). Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, 100, 8645-8657. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>
157. Polsky, L., & von Keyserlingk, M. A. G. (2021). Invited review: Effects of climatic and housing conditions on dairy cow behavior. *Journal of Dairy Science*, 104, 6331-6345. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19655>
158. Pragna, P., Archana, P.R., Aleena, J., Sejian, V., Krishnan, G., Bagath, M., Manimaran, A., Beena, V., Kurien, E.K., Varma, G., & Bhatta, R. (2017). Heat

stress and dairy cow: Impact on both milk yield and composition. *International Journal of Dairy Science*, 12 (1), 1-11. <https://doi.org/10.3923/ijds.2017.1.11>

159. Rathod, A.K., Somagond, Y.M., Loksha E., Kumar A., Kanaka K. K., Nikhil K. C., Jadhav S. E. & Ganesh N. (2025). Role of micronutrients in production and reproduction of farm animals under climate change scenario. *Trop Anim Health Prod*, 57, 31. <https://doi.org/10.1007/s11250-025-04283-0>

160. Reuscher, K. J., Cook, N. B., da Silva, T. E., Mondaca, M. R., Lutcherhand, K. M., & Van Os J., M. C. (2023) Effect of different air speeds at cow resting height in freestalls on heat stress responses and resting behavior in lactating cows in Wisconsin. *Journal of Dairy Science*, 106, 12, 9552-9567, <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23364>

161. Rezaei-Ahvanooei, M. R., Lamanna, M., Colleluori, R., Formigoni A., Norouzian M. A., Assadi-Alamouti A. & Cavallini D. (2025). Effects of microminerals on performance and metabolic adaptation in heat-stressed dairy cows: A Review. *Biol Trace Elem Res*. <https://doi.org/10.1007/s12011-025-04911-8>

162. Rhoads, M. L., Rhoads R. P., VanBaale M. J., Collier R. J., Sanders S. R., Weber W. J., Crooker B. A., & Baumgard L. H. (2009). Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 92, 1986-1997. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1641>

163. Ribeiro, L. D., Brandão, F. Z., Carvalheira, L. D. et al. (2020). Chromium supplementation improves glucose metabolism and vaginal temperature regulation in Girolando cows under heat stress conditions in a climatic chamber. *Trop Anim Health Prod*, 52, 1661-1668 <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02173-w>

164. Rodriguez-Venegas, R., Hernández-Castellano, L. E., Barboza-Jiménez, V., Vargas-Leitón, B., Montoya-Pérez, R., Camacho-Pérez, B., & León-Hidalgo, H. (2023). Temperature-humidity index affects milk yield and behavior of dairy cows. *Animals*, 13. <https://doi.org/10.3390/ani13091463>

165. Roth, Z. (2022). Cooling is the predominant strategy to alleviate the effects of heat stress on dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals*, 57(1), 16-22. <https://doi.org/10.1111/rda.13765>

166. Roth Z. (2020). Physiology and endocrinology of heat stress-associated infertility in dairy cows. *Theriogenology*, 150, 193-198. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.016>
167. Saleem, A., Anwar, S., Nawaz, T. Fahad S., Saud S., Rahman T. Ur, Khan M.N.R., & Nawaz T. (2025) Securing a sustainable future: the climate change threat to agriculture, food security, and sustainable development goals. *Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences*, 11, 595-611. <https://doi.org/10.1007/s43994-024-00177-3>
168. Sammad, A., Umer, S., Shi, R., & Wang, Y. (2020). Environmental and physiological factors affecting conception rates in dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 216, 106345. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106345>
169. Sammad, A., Wang, Y. J., Umer, S., Lirong, H., Khan, I., Khan, A., Ahmad, B., & Wang, Y. (2020). Nutritional physiology and biochemistry of dairy cattle under the influence of heat stress: consequences and opportunities. *Animals*, 10(5), 793. <https://doi.org/10.3390/ani10050793>
170. Sartori, R., Bastos, M. R., & Wiltbank, M. C. (2010). Factors affecting fertilisation and early embryo quality in single- and superovulated dairy cattle. *Reproduction, Fertility and Development*, 22, 151-158. <https://doi.org/10.1071/RD09221>
171. Schmeling, L., Thurner, S, Erhard, M, & Rauch, E. (2022). Physiological and behavioral reactions of simmental dairy cows to increasing heat load on Pasture. *Ruminants*, 2(2), 157-172. <https://doi.org/10.3390/ruminants2020010>
172. Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J.B., Dunshea, F.R., & Lacetera, N., (2018). Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal*, 12 (S2), 2018, s431-s444. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001945>
173. Shan, C.H., Guo, J.J., Sun, X.S., Li, N., Yang, X.Y., Gao, Y.H., Qiu, D.R., Li, X.M., Wang, Y.N., Feng, M., Wang, C., & Zhao, J.J. (2018) Effects of fermented Chinese herbal medicines on milk performance and immune function in late-lactation cows under heat stress conditions. *Journal of Animal Science*, 96(10), 4444-4457. <https://doi.org/10.1093/jas/sky270>

174. Singh, S. P., & Aharwal, B. (2020). Managerial practice during summer heat stress: an overview. *The Journal of Rural and Agricultural Research*, 20 (2), 52-54.
175. Skliarov, P., Kornienko, V., Midyk, S., & Mylostyvyi, R. (2022). Impaired Reproductive Performance of Dairy Cows under Heat Stress. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 87(2), 85-92.
176. Song J, Yu. Q, Wang, X, Wang, Y, Zhang, Y & Sun, Y (2023). Relationship between microclimate and cow behavior and milk yield under low-temperature and high-humidity conditions. *Front. Ecol. Evol*, 11:1058147. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1058147>
177. Spiers, D. E., Spain, J. N., Ellersieck, M. R., & Lucy, M. C. (2018) Strategic application of convective cooling to maximize the thermal gradient and reduce heat stress response in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 101. 8269-8283 <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14283>
178. Sterup Moore, S., Costa, A., Penasa, M., Callegaro, S., & De Marchi, M. (2023). How heat stress conditions affect milk yield, composition, and price in Italian Holstein herds. *Journal of Dairy Science*, 106, 6, 4042-4058, <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22640>.
179. St-Pierre, N. R., Cobanov, B., Schnitkey, G. (2003). Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of Dairy Science*, 86(1), E52–E77. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74040-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5)
180. Stuhlträger, J., Lambertz, C., Gauly, M., Schrader, L., Suthar, V. S., Winckler, C. (2024) The role of light and vision in farmed ungulates. *Frontiers in Animal Science*, 5:1433181. <https://doi.org/10.3389/fanim.2024.1433181>
181. Su, Y., Cheng, Z., Liu, W., Wu, T., Wang, W., & Lin, M. (2023). Effects of rumen-protective  $\gamma$ -aminobutyric acid additive on lactation performance and serum biochemistry in heat-stressed cows. *Front. Vet. Sci*, 10:1228155. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1228155>
182. Tan, L., Sun, X., Li, J., Wang, Q., Zhuo, Z., Li, Y., & Cheng, J. (2023). Effects of bupleurum extract on the haematological, mineral, and hormonal profiles of

heat-stressed dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*, 22(1), 51-58. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2022.2157763>

183. Tao S., Orellana R., & Bernard J. (2020). Impacts of heat stress on mammary gland function and milk composition. *Frontiers in Veterinary Science*, 7:969. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00969>

184. Tao, S., Orellana, R. M., Marins, T. N., Chen, Y. C., Gao, J., & Bernard, J. K. (2020). Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. *Theriogenology*, 150, 437–444. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.048>

185. Thornton P. K., van de Steeg J., Notenbaert A., & Herrero M. (2009). The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems*, 101, 113-127. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2009.05.002>

186. Toghdory, A., Ghoorchi, T., Asadi, M., Bokharaeian, M., Najafi, M., & Ghassemi Nejad J. (2022). Effects of environmental temperature and humidity on milk composition, microbial load, and somatic cells in milk of Holstein dairy cows in the Northeast regions of Iran. *Animals (Basel)*, 12, 2484 <https://doi.org/10.3390/ani12182484>

187. Țogoe, D., & Mincă, N. A. (2024). The impact of heat stress on the physiological, productive, and reproductive status of dairy cows. *Agriculture*, 14(8), 1241. <https://doi.org/10.3390/agriculture14081241>

188. Torres-Júnior, J. R. S., Pires, M. F. A., Sá, W. F., Ferreira, A. M., Viana, J. H. M., Camargo, L. S. A., Ramos, A. A., & Folhadella, I. M. (2008). Effect of maternal heat stress on follicular growth and oocyte competence in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology*, 69, 155-166. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.06.023>

189. Tresoldi, G., Schütz, K. E., & Tucker C. B. (2019) Cooling cows with sprinklers: Effects of soaker flow rate and timing on behavioral and physiological responses to heat load and production. *Journal of Dairy Science*, 102(1), 528-538. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14962>

190. Vaculíková, M., Komzáková, I., & Chládek, G. (2017). The effect of low air temperature on behaviour and milk production in holstein dairy cows. *Acta*

*Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 65 (5), 1623-1627.

<https://doi.org/10.11118/actaun201765051623>

191. Vojtenko, S. L., & Sydorenko, O. V. (2020). Vplyv pry rodno-klimatychnoi' zony na produktyvnist' hudoby ukrai'ns'koi' chorno-rjaboi' moloch noi' porody. Zbirnyk naukovykh prac' «Teh nologija vyrobnyctva i pererobky produkciit' tvarynnyctva», 2, 58-65. <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2020-158-2-58-65>

192. Wang, X., Wang, Y., Feng, M., Li, J., Liu, Z., Fu, L., Zhang, N., Zhang, H. & Qin, J. (2025) Herbal formula alleviates heat stress by improving physiological and biochemical attributes and modulating the rumen microbiome in dairy cows. *Front. Vet. Sci.*, 12:1558856. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1558856>

193. Wang, Y., Cui, X., & Chen, Z. (2025). Innovations in Cattle Breeding Technology: Prospects in the Era of Gene Editing. *Animals*, 15(10), 1364. <https://doi.org/10.3390/ani15101364>

194. Webster, J. Animal welfare. A cool eye towards Eden. Blackwell Science. 1997. 273 p.

195. Welfare Quality®. Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Lelystad: Welfare Quality® Consortium, 2009. 182 p. URL: <https://www.welfarequalitynetwork.net/media/1319/dairy-cattle-protocol.pdf>

196. Weng, X., Monteiro, A. P. A., Guo, J., Li, C., Orellana, R. M., Marins, T. N., Bernard, J. K., Tomlinson, D. J., DeFrain, J. M., Wohlgemuth, S. E., & Tao, S. (2018) Effects of heat stress and dietary zinc source on performance and mammary epithelial integrity of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(3), 2617-2630. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13484>

197. West J. W. (2003). Effects of heat stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2131-2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)

198. Wheelock, J. B., Rhoads, R. P., VanBaale M. J., Sanders S. R., & Baumgard L. H. (2010). Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 93(2), 644-655. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2295>

199. Wijayagunawardane, M. P. B., Furukawa E., & Sasaki S. (2024). Climate-induced hyperthermia and its reproductive consequences in dairy cows: A comprehensive review. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1452314. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1452314>
200. Wilson, A. M., Wright, T. C., Cant, J. P., & Osborne, V. R. (2023). Behavioral and physiological responses to an inspired-air supplemental cooling system for dairy cows in free-stall housing. *Animal*, 17(8), 100887. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.10088>
201. Wolfenson, D., & Roth Z. (2019). Impact of heat stress on cow reproduction and fertility. *Animal Frontiers*, 9(1), 32-38. <https://doi.org/10.1093/af/vfy027>
202. Wulf, R., Demba, S., Röttgen, V., Langbein, J., Döpjan, S., Weise, B., Rose, S., Sixt, A., Harms, J., Steinhöfel, I., Bruckert, H.-S., Guhl, P. A., Heppelmann, M., Jahn, S., Oettler, M. J., Homeier-Bachmann, T., & Bachmann, L. (2025). Invited review: Development of a dairy barn concept to improve animal welfare. *Journal of Dairy Science*, 108(11), 11757-11770. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26627>
203. Yadav, B., Singh, G., & Wankar, A. (2017). The use of infrared skin temperature measurements for monitoring heat stress and welfare of crossbred cattle. *Indian J. Dairy Sci*, 70(1), 1-5.
204. Zhao, S., Min, L., Zheng, N., & Wang, J. (2019). Effect of Heat Stress on Bacterial Composition and Metabolism in the Rumen of Lactating Dairy Cows. *Animals*, 9(11), 925. <https://doi.org/10.3390/ani9110925>
205. Zheng, Y., Xie, T., Li, S., Wang, W., Wang, Y., Cao, Z. & Yang, H. (2022). Effects of selenium as a dietary source on performance, inflammation, cell damage, and reproduction of livestock induced by heat stress: A Review. *Front. Immunol*, 12:820853. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.820853>
206. Zhou, M., Huynh, T. T. T., Groot Koerkamp, P. W. G., van Dixhoorn, I. D. E., Amon, T., & Aarnink A. J. A. (2022). Effects of increasing air temperature on skin and respiration heat loss from dairy cows at different relative humidity and air

velocity levels. *Journal of Dairy Science*, 10, 8, 7061-7078.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2021-21683>

207. Zolotaryov, A., Rodionova, K., Khimych, M., Vyrvykyshka, S., Khokhlov A. (2023). Ways to reduce the impact of the external environment in summer on the milk productivity of cows. *Scientific Horizons*, 26(4), 9.  
<https://doi.org/10.48077/scihor4.2023.09>

# ДОДАТКИ

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових фахових виданнях України категорії А, що індексуються наукометричною базою SCOPUS

1. Zolotaryov, A., Rodionova, K., Khimych, M., **Vyrvykyshka, S.**, Khokhlov A. (2023). Ways to reduce the impact of the external environment in summer on the milk productivity of cows. *Scientific Horizons*, 26(4), P. 9-20. <https://doi.org/10.48077/scihor4.2023.09> (Zolotaryov A. розроблено програму і наукову концепцію дослідження, організовано проведення наукових дослідів, проведено науковий експеримент, зроблено аналіз отриманих результатів, визначено їх новизну і актуальність. Rodionova K. виконано статистичну обробку результатів дослідження, підготовлено статтю до друку, узгоджено вимоги до статті з видавництвом журналу. Khimych M. визначено показники якості молока дійних корів, проведено науковий пошук та підготовлено літературний огляд до статті. Vyrvykyshka S. сформовано дослідні хрупи тварин, здійснено моніторинг основних кліматичних показників, проведено термометрію окремих частин тулуба піддослідних корів за авторською методикою, зроблено аналіз отриманих результатів. Khokhlov A. зроблено відбір проб молока, їх консервацію та підготовку для аналізів).

2. Michalchenko, S. A., Korkh, I. V., Paliy, A. P., Boiko, N. V., Kovalenko, L.V., Pavlichenko, O. V., **Vyrvykyshka, S. M.**, Morozov, M. G. (2024). Amino acid composition of beef depending on the breed and age of dairy bulls. *International Journal of Agricultural Technology*, 20(6), 2405-2422. [14 IJAT 20\(6\) 2024 Michalchenko, S. A.--2066.pdf](#) (Michalchenko S. A., розроблено програму і наукову концепцію дослідження, організовано проведення наукових дослідів, проведено науковий експеримент, зроблено аналіз отриманих результатів, визначено їх новизну і актуальність. Korkh I. V. сформовано дослідні хрупи тварин, зроблено розрахунок раціону годівлі, підготовлено статтю до друку. Paliy A. P. проведено науковий експеримент та узагальнено

отримані результати, узгоджено вимоги до статті з видавництвом журналу. *Voiko N. V.*, проведено відбір проб для дослідження. *Kovalenko L. V.* виконано статистичну обробку результатів дослідження. *Pavlichenko O. V.* проведено науковий пошук та підготовлено літературний огляд до статті. *Vyrvykyshka S. M.* визначено амінокислотний склад м'яса ВРХ у віці 24 місяці, зроблено аналіз отриманих результатів).

3. Roman, L., Bezalychna, O., **Vyrvykyshka, S.**, Iovenko, A., Pushkar, T. (2025). Evaluation of the dynamics of fattening of lactating cows of the newly created Ukrainian red dairy breed. *Scientific Horizons*, 28(1), 19-29. <https://doi.org/10.48077/scihor1.2025.19> (*Roman L.* розроблено програму і наукову концепцію дослідження, організовано проведення наукових дослідів, визначено їх новизну і актуальність, підготовлено публікацію до друку, здійснено редагування і оформлення наочного матеріалу. *Bezalychna O.* виконано статистичну обробку результатів дослідження, узгоджено вимоги до статті з видавництвом журналу. *Vyrvykyshka S.* сформовано дослідні групи тварин, проведено відбір проб молока, визначено показники якості та безпечності молока, зроблено інтерпретацію отриманих результатів. *Iovenko A.* підготовлено обговорення та висновки до статті. *Pushkar T.* визначено практичне значення та перспективи використання отриманих результатів).

#### **Статті у наукових фахових виданнях України категорії Б**

4. **Vyrvykyshka, S.**, Rodionova, K., Ihnatieva, T. (2026). Hygienic assessment of dairy cows under tie-stall housing. *Аграрний вісник Причорномор'я*, 118, 62-71. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2026.118.05> (*Vyrvykyshka S.* проведено науковий експеримент, зроблено аналіз отриманих результатів, визначено їх новизну і актуальність, підготовлено публікацію до друку. *Rodionova K.* розроблено програму і наукову концепцію дослідження, організовано проведення наукових дослідів, проведено науковий пошук та підготовлено літературний огляд до статті. *Ihnatieva T.* здійснено підбір приладів для проведення експерименту, виконано статистичну обробку результатів дослідження, узгоджено вимоги до статті з видавництвом журналу).

### Тези наукових доповідей:

5. **Вирвикишка С. М.,** Родіонова К. О. (2022) Забезпечення комфортних умов утримання корів в умовах змін клімату. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти* : збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції (15 листопада 2022 р.), Київ, Науково-методичний центр ВФПО, 102-104. [https://nmc-vfpo.com/wp-content/uploads/2022/12/tezy-malynka-15-11-2022\\_compressed.pdf](https://nmc-vfpo.com/wp-content/uploads/2022/12/tezy-malynka-15-11-2022_compressed.pdf) (Вирвикишкою С.М. зроблено аналіз літературних джерел, підготовлено тези доповіді. Родіоною К. О. визначено новизну і актуальність дослідження).

6. Вирвикишка С. М. (2023). Деякі аспекти подолання теплового стресу у високопродуктивних корів. *Всеукраїнська науково-практична конференція науковців, викладачів та аспірантів “Актуальні питання ветеринарної медицини: реалії та перспективи* (23 травня 2023 р.). Державний біотехнологічний університет, Харків. 154-156. <https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/mater-conf-23-05-23.pdf>

7. Вирвикишка С. М. (2024). Добробут тварин та кліматично-орієнтоване тваринництво. *Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції* (10-11 жовтня 2024 року). Одеса: ІКОСГ НААН, 2024. С. 28-29. [Збірник-матеріалів-конференції-10-11-жовтня-2024-року.pdf](https://www.icosg.gov.ua/wp-content/uploads/2024/10/Збірник-матеріалів-конференції-10-11-жовтня-2024-року.pdf)

8. Морозов М. Г., **Вирвикишка С. М.,** Родіонова К. О. (2025) Захворювання дистального відділу кінцівок у великої рогатої худоби: етіологія та патогенез. *II онлайн-конференція аспірантів і молодих вчених у сфері єдиного здоров'я та біотехнології: VetBioConnect / VetBioConnect: Young Scientists Conference in One Health and Biotechnology* (3-4 червня 2025, м.Харків, ННЦ «ІЕКВМ»). С. 39-41. <http://bit.ly/46xgIhG> (Морозовим М.Г. зроблено аналіз літературних джерел, підготовлено тези доповіді. Вирвикишкою С.М. викладено етіологію захворювань дистального відділу кінцівок у ВРХ. Родіоною К. О. визначено новизну і актуальність дослідження).

9. Вирвикишка С. М. (2025) Загальні принципи політики комфорту для молочної худоби. *III Міжнар. наук.-практ. конф. науково-педагогічних працівників та молодих науковців «Актуальні аспекти розвитку ветеринарної медицини в умовах євроінтеграції»* (Одеса, 16-17 жовтня 2025 р.). Одеський державний аграрний університет. Одеса, 2025. С. 194-196. <https://bit.ly/499KYAf>

#### **Наукові доповіді без публікації (апробація результатів досліджень):**

10. Вирвикишка С. М. (2023) Сезонна динаміка післяродової патології та аналіз причин вибраковування корів із продуктивного стада. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти: збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців* (Одеса, 09-10 листопада 2023 р.). Одеський державний аграрний університет. Одеса, 2023. С. 33.

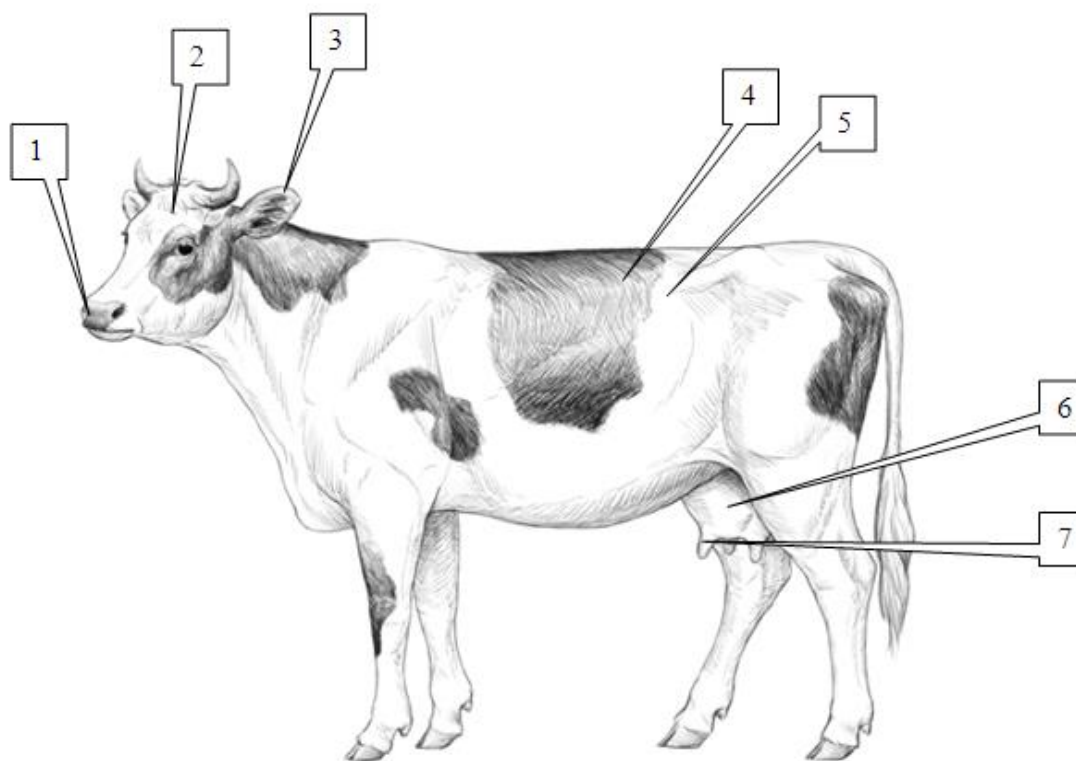
<https://drive.google.com/file/d/1dzV8Szc40oP9Uxw645kuTqi3MKJ3hPdG/view>

11. Вирвикишка С. М. (2024) Кліматично-орієнтоване тваринництво. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти: збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців* (Одеса, 24-25 жовтня 2024 р.). Одеський державний аграрний університет. Одеса, 2024. С. 12. <https://doi.org/10.37000/7738387134>

#### **Свідоцтва авторського права на твір**

12. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 118945 «Харчові стратегії управління тепловим стресом у високопродуктивних корів» / Хімич М. С., Родіонова К. О., **Вирвикишка С. М.** // Дата реєстрації 10.05.2023 р. (Хімич М. С. належить ідея створення твору, проаналізовано дані щодо основних існуючих стратегій управління тепловим стресом, узагальнено дані щодо ефективності окремих харчових стратегій. Родіоною К. О. проаналізовано основні стратегії управління теплого стресу у корів, обґрунтована гіпотеза, що з урахуванням особливостей травлення полігастричних тварин, харчова стратегія управління тепловим стресом є

*найбільш актуальною і перспективною. Вирвикишкою С. М. на основі літературних даних узагальнено дані щодо негативного впливу теплового стресу на здоров'я, відтворювальну здатність і молочну продуктивність корів).*



**Рис. 2.2.** Точки вимірювання температури: 1 – носове дзеркало; 2 – лоб; 3 – вухо; 4 – чорні частини тулуба; 5 – світлі частини тулуба; 6 – вим'я; 7 – дійки вимені.

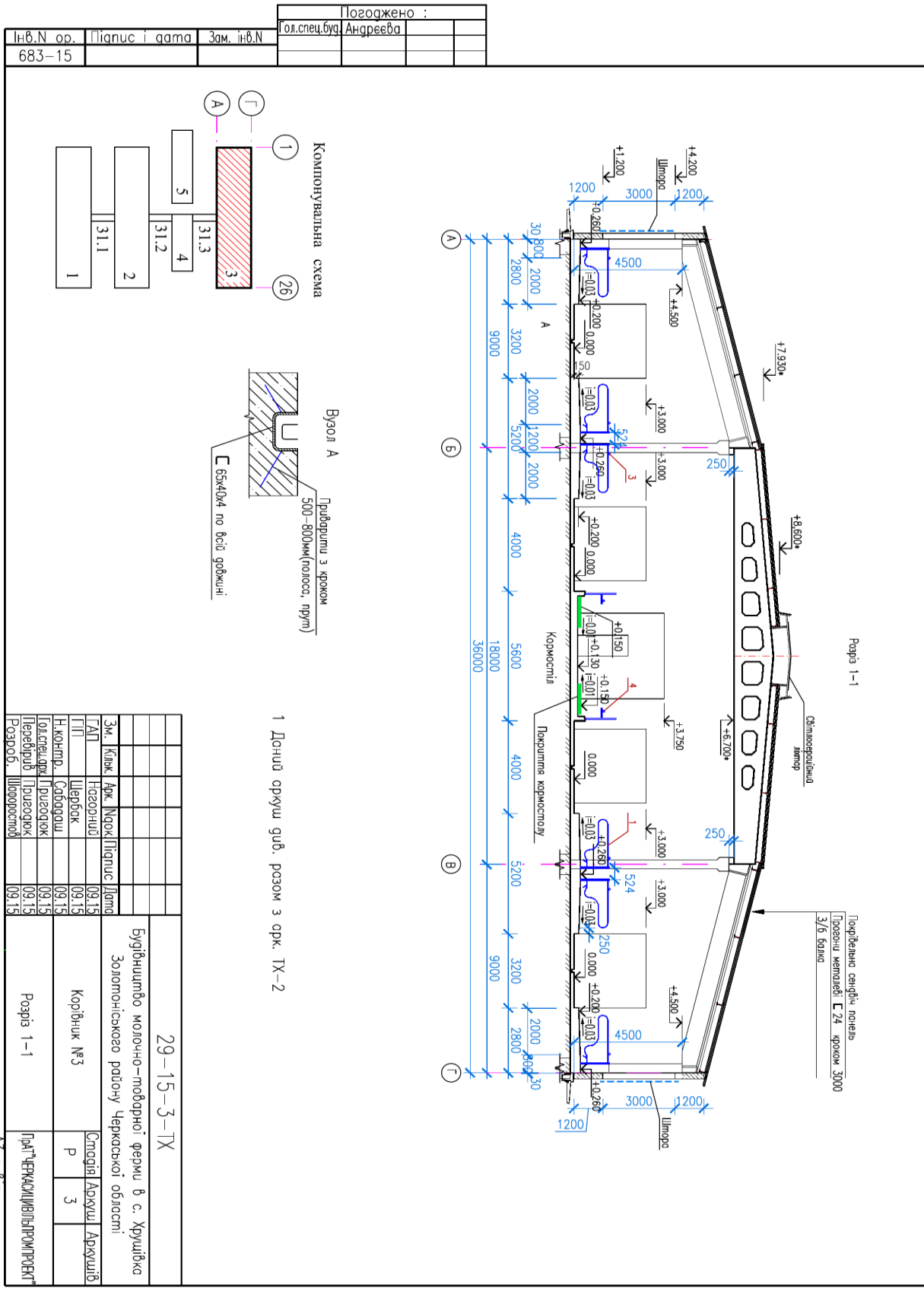
**Джерело:** розроблено авторами

## Технічна характеристика дослідних вентиляторів

| Параметр<br>вентилятора                  | Марка вентилятора                   |  |
|--|-------------------------------------|--|
|  |                                     | AirBlaster Precision Velocity з<br>технологією Precision<br>Velocity (підвісний<br>рециркуляційний вентилятор<br>високого тиску) |
| Тип                                      | циркуляційний вентилятор            | витяжний вентилятор  |
| Діаметр                                  | 58" ( $\approx 147$ см)             | 58" ( $\approx 147$ см)  |
| Повітряний<br>потік, м <sup>3</sup> /год | 65 000 – 70 000 м <sup>3</sup> /год | 70 000 – 72 000 м <sup>3</sup> /год  |
| Дальність<br>струменя, м                 | 15-20                               | формує тягу тунелю   |
| Потужність, кВт                          | 0,75-1,1                            | 2,2  |
| Функція                                  | охолодження корів                   | витяжка повітря  |



Новозбудований корівник № 2 у розрізі 1-1



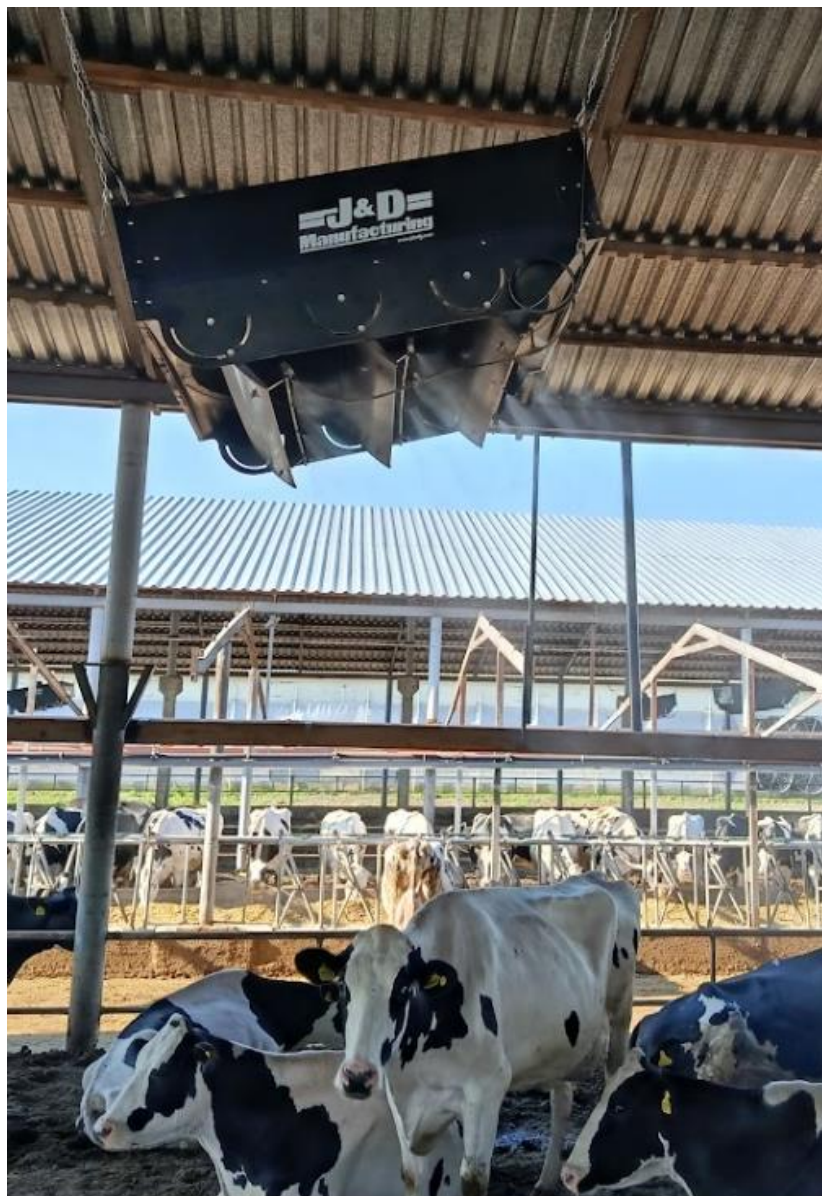
|           |               |            |                |          |             |
|-----------|---------------|------------|----------------|----------|-------------|
| Інв.№ ор. | Ліценз і дата | Зам. інв.№ | Гол. спец.буд. | Андреева | Логоджено : |
| 683-15    |               |            |                |          |             |

|  |             |                           |       |
|--|-------------|---------------------------|-------|
| 29-15-3-ТХ   |             |                           |       |
| Будівництво молочно-товарної ферми в с. Хушівка<br>Золотоніського району Черкавської області |             |                           |       |
| Зм. Кільк  | Арх. Назв   | Ліценз                    | Датум |
| ТАП  | Новгороди   | 09.15                     |       |
| ПІ   | Червок      | 09.15                     |       |
| Н.констр.  | Саварош     | 09.15                     |       |
| Гол.спец.буд.  | Прайсодяк   | 09.15                     |       |
| Перевірив  | Прайсодяк   | 09.15                     |       |
| Розроб.  | Шворонський | 09.15                     |       |
| Корівник №3  |             | Статус                    |       |
| Розріз 1-1   |             | Р                         |       |
|  |             | 3                         |       |
|  |             | ІНТ'ЧЕРКАСЛІВІЛПРОМПРОЕКТ |       |

А3 з бірк.



**Контролер мікроклімату JD-26 PLUS (J&D Manufacturing, США) та система роси новозбудованого корівника №2**



„ЗАТВЕРДЖУЮ“

Проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків ОДАУ

*Тетяна НЕБОГА*  
2026 р.



„ЗАТВЕРДЖУЮ“

Проректор з науково-педагогічної та методичної роботи ОДАУ

*Вячеслав СЕДОВ*  
2026 р.



**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**  
результатів науково-дослідної роботи (НДР)  
у освітній процес Одеського державного аграрного університету

Даним актом стверджується, що наукові та науково-практичні результати здобувача ступеня доктора філософії ОНП «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза» Сергія ВІРВИКІНШКИ, що виконувались в межах НДР (№ держреєстрації: 0123U103523) «ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОБРОБУТУ ТВАРИНІ, БЕЗПЕЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ В УМОВАХ СВРОНІНТЕГРАЦІЇ» (в рамках кафедральної тематики безоплатно відповідно до тематичного плану НДР університету) під керівництвом керівника тематики та одночасно наукового керівника – доцента Катерини РОДІОНОВОЇ, впроваджені в 2026 році у навчальний процес на факультеті ветеринарної медицини (кафедра інфекційної патології, біобезпеки та ветеринарно-санітарного інспектування ім. проф. В.Я. Атамаса):

1. *опубліковано лекцію з освітнього компоненту «Менеджмент здоров'я стада» на тему «Загальні ветеринарно-санітарні вимоги і нормативні документи при проектуванні ферм (комплексів)» та практичні завдання на теми «Ветеринарно-санітарне та гігієнічне значення температури, атмосферного тиску, вологості, швидкості руху повітря», «Гігієна великої рогатої худоби» (викладач: професор Тарасенко Л.О., доцент Пивень О.Т.) для здобувачів вищої освіти спеціальності 211 «Ветеринарна медицина» освітньої програми (далі – ОП) другого (магістерського) рівня вищої освіти «Ветеринарна медицина»;*
2. *модернізовано лекції з освітнього компоненту «Добробут тварин» на теми «Обґрунтування гігієнічних параметрів мікроклімату в тваринницьких приміщеннях», «Гігієна утримання лактуючих корів і виробництва молока» та викладено практичне завдання на тему «Ветеринарно-санітарні вимоги до освітленості та газового складу повітря приміщень. Пилове забруднення і мікробне обміщення повітря» (викладач: професор Чечет О.М.) для здобувачів ступеня доктора філософії освітньо-наукової програми третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти «Ветеринарна медицина».*

Гарант ОНП «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза»

*Людмила ТАРАСЕНКО*  
М.П.

Науковий керівник НДР

*Катерина РОДІОНОВА*

*Микола ХІМІЧ*  
М.П.

Завідувач кафедри інфекційної патології, біобезпеки та ветеринарно-санітарного інспектування ім. проф. В.Я. Атамаса

*Ігор ПАШКАР*  
М.П.

**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ПЕРЕМОГА»**

Україна, 19781, Черкаська обл., Золотоніський р-н, село Хрушівка,  
ЄДРПОУ 03792958 т/факс 0932715256, ел.адреса: peremoga.zolo@ukr.net

**АТ «Райфайзен банк» Р\р UA733003350000000260012198701**

**АКТ**

**про впровадження у виробництво наукових розробок (НДР)**

Даним актом повідомляємо, що результати науково-дослідної роботи Вирвикишки Сергія Миколайовича на тему «Наукове обґрунтування адаптивного утримання дійних корів за умов кліматичних змін в Черкаській області», виконані в межах НДР «ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОБРОБУТУ ТВАРИН, БЕЗПЕЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ» (№ держреєстрації: 0123U103523), впроваджено на вказаному підприємстві.

Проведені наукові дослідження зміни клімату в Золотоніському районі Черкаській області та ґрунтовний аналіз нашого фермерського господарства СТОВ «Перемога» стали підґрунтям до прийняття управлінських рішень щодо модернізації тваринницьких приміщень для утримання великої рогатої худоби (нетелей та дійного стада, молокоблоку).

У співпраці з Сергієм Миколайовичем розроблено 3Д-модель корівника №2 та відповідні креслення, зроблено підбір будівельних матеріалів та обладнання: вентиляторів (AirBlaster Precision Velocity з технологією Precision Velocity та MAGNUM 58" Exhaust Fan), безконтактного термометра BOSH, смарт-вимірювача повітря з датчиком CO<sub>2</sub>, температури та вологості GM8804, доїльної установки типу «Карусель», кормороздавач-змішувача Siloking Compact 12 Classic SILOKING Mayer Maschinenbau GmbH, портативного ультразвукового сканера Kaixin KX-5200. Вагомим здобутком для фермерського господарства стало модернізація системи відтворення стада та впровадження системи обліку та управління молочно-товарною фермою «Юніформ Агрі» на основі моніторингових досліджень Сергія Миколайовича.

Апробовані системи адаптивного утримання дійних корів на базі новозбудованого дослідного корівника №2 дозволили забезпечити благополуччя дійних корів з урахуванням концепції «п'яти свобод», регламентованої європейськими нормативними документами. Впроваджено найбільш ефективний ветеринарно-гігієнічний варіант утримання дійних корів у період теплового навантаження, яка передбачає ущільнення огорожувальних конструкцій корівника з трьох сторін у поєднанні з тунельною вентиляцією та системою туманного охолодження, які забезпечила стабілізацію температурно-вологісного режиму повітряного

середовища, підвищення відтворної ефективності та молочної продуктивності корів у високотемпературний період.

Впроваджено методику безконтактної термометрії дійних корів для оперативного контролю теплового стану організму тварин у періоди підвищеного температурного навантаження, що дозволяє своєчасно виявляти ознаки теплового стресу у корів, оцінювати ефективність систем вентиляції та охолодження корівників і приймати управлінські рішення щодо оптимізації умов утримання тварин у високотемпературний період.

**Директор**



**Д. М. Соломаха**