

Optimization of the summer microclimate in pig housing using an evaporative cooling system and its effect on the physiological condition and productivity of pigs and pigletsA. Sadovyi¹ | V. Herasymchuk² | V. Lykhach¹ | S. Usenko³ | A. Shostia³ | L. Zlamanyuk¹ | L. Chepil¹ | L. Kuzmenko³ | N. Shcherbatiuk⁴ | O. Makhoviy³**Article info**

Correspondence Author

S. Usenko

E-mail:

svetlana.usenko@pdau.edu.ua

¹ National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Horikhuvatskyi shliakh Str., 19, Kyiv, 03041, Ukraine² Dnipro State Agrarian and Economic University, 25, Serhii Efremov Street, Dnipro, 49009, Ukraine³ Poltava State Agrarian University, Skovoroda Str., 1/3, Poltava, 36000, Ukraine⁴ Higher Educational Institution «Podillia State University», Shevchenko Str., 12, Kamianets-Podilskyi, 32316, Ukraine**Citation:** Sadovyi, A., Herasymchuk, V., Lykhach, V., Usenko, S., Shostia, A., Zlamanyuk, L., Chepil, L., Kuzmenko, L., Shcherbatiuk, N., & Makhoviy, O. (2025). Optimization of the microclimate of premises in the summer period using an evaporative cooling system and its effect on the physiological condition and productivity of pigs and piglets. *Scientific Progress & Innovations*, 28(3), 157–166. doi: 10.31210/spi2025.28.03.24

The aim of the study was to determine the dependence of microclimate parameters in the farrowing house on the use of an evaporative cooling system during the hot season in central Ukraine and its effect on the physiological state, well-being, adaptive properties, reproductive performance of Danish sows, and the growth of their piglets. F1 sows of the Bridgers maternal line, inseminated with the semen of Danish Duroc boars, were used for the study. During farrowing and lactation, sows were housed in rooms with negative pressure ventilation provided by two exhaust fans and supply valves at the end of the section. In the control room, only negative ventilation was used without additional cooling, while in the experimental group, high-pressure nozzles were used to reduce the air temperature, spraying water mist over the supply valves. It was found that the use of an evaporative cooling system reduced the air temperature in the room by 3.1–4.5 °C (or 7–16 %) compared to a similar room without irrigation. At the same time, it led to an increase in relative humidity by 10.9–16.0 % and in air velocity by 0.02–0.05 m/s (or 13–19 %), which indicates a significant improvement in microclimate parameters in summer for keeping sows and piglets. The use of an evaporative cooling system in the pigsty significantly improved the physiological condition of sows. This was manifested in a decrease in the heat-humidity index, a decrease in skin temperature, and a significant decrease in respiratory rate, which contributed to a 15–16 % increase in feed intake and an 11.8 % reduction in live weight loss, and contributed to a 6–8 % increase in sow milk production, which indicates more favorable conditions for maintaining the body's energy balance and is a prerequisite for preserving the reproductive performance and high productivity of animals in subsequent cycles. It was found that the use of an evaporative cooling system reduced the proportion of stillborn piglets by 1.13 %, increased the average weight of a single piglet at weaning by 7.9 %, and increased the total weight of the litter by 9.3 %, contributed to an 8.0 % increase in the growth rate of suckling piglets, a 9.2 % improvement in absolute and 6.76 % relative gains, as well as a 10.9 % increase in absolute and 12.1 % increase in average daily gains of piglets in the litter, a 2.3–3.1 % increase in the complex indices of reproductive quality of sows. At the same time, feed conversion remained virtually unchanged, and the need for pre-starter feed for young animals decreased by 12–14 %. The results confirm the feasibility of using evaporative cooling systems in pigeries to increase productivity and improve animal welfare.

Keywords: sow, piglet, evaporative cooling, microclimate, welfare, physiological condition, live weight loss, growth rate, feed consumption, technology.**Оптимізація мікроклімату приміщень у літній період за допомогою системи випарного охолодження та його вплив на фізіологічний стан та продуктивність свиноматок і поросят**А. А. Садовий¹ | В. М. Герасимчук² | В. Я. Лихач¹ | С. О. Усенко³ | А. М. Шостя³ | Л. М. Зламанюк¹ | Л. В. Чепіль¹ | Л. М. Кузьменко³ | Н. В. Щербатюк⁴ | О. Г. Маховий³¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна² Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна³ Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна⁴ Подільський державний університет, м. Кам'янець-Подільський, Україна

Метою роботи є визначення залежності параметрів мікроклімату у цеху опоросу від використання системи випарного охолодження в спекотну пору року в умовах центральної частини України та його вплив на фізіологічний стан, благополуччя та адаптаційні властивості і відтворювальні якості свиноматок данського походження та ріст їх поросят. Для дослідження використовували свиноматок F₁ материнської лінії Bridgers, яких осіменяли спермою кнурів породи данський дюрок. Під час опоросу та лактації свиноматки контрольної та дослідної груп утримувалися в приміщенні з вентиляцією негативного тиску, що забезпечувалася двома витяжними вентиляторами та припливними клапанами на торцевій частині секції. У контрольному приміщенні використовували лише негативну вентиляцію без додаткового охолодження, тоді як у дослідній групі для зниження температури повітря застосовували форсунки високого тиску, що розпилювали водяний туман над припливними клапанами. Встановлено, що застосування системи випарного охолодження дало змогу знизити температуру повітря у приміщенні на 3,1–4,5 °C (або на 7–16 %) порівняно з аналогічним приміщенням без зрошування. Водночас воно призвело до підвищення на 10,9–16,0 % відносної вологості та на 0,02–0,05 м/с (або на 13–19 %) швидкості руху повітря, що свідчить про істотне покращення параметрів мікроклімату влітку для утримання свиноматок і поросят. Використання випарної системи зрошення повітря у свинарнику дозволило значно покращити фізіологічний стан свиноматок. Це проявлялося у зниженні тепловологісного індексу, зменшенні температури шкіри та істотному зниженні частоти дихання, що посприяло підвищенню інтенсивності споживання кормів свиноматками на 15–16 %, та на 11,8 % зменшенню втрати їх живої маси під час лактації та сприяло підвищенню на 6–8 % молочності свиноматок що свідчить про більш сприятливі умови для підтримання енергетичного балансу організму, та є передумовою збереження репродуктивної здатності і високої продуктивності тварин у наступних циклах. Встановлено, що використання системи вентиляції з випарним зрошенням повітря забезпечило зменшення на 1,13 % частки мертворождалих поросят, підвищення на 7,9 % середньої маси одного поросят при відлученні та збільшення на 9,3 % загальної маси гнізда, посприяло підвищенню на 8,0 % інтенсивності росту підсисних поросят, покращенню на 9,2 % абсолютних та на 6,76 % відносних приростів, а також на 10,9 % абсолютних та на 12,1 % середньодобових приростів гнізда поросят, зростанню на 2,3–3,1 % комплексних індексів відтворювальної якості свиноматок. При цьому конверсія корму на приріст залишалася практично незмінною, а потреба у престартерних кормах для молодяку зменшилася на 12–14 %.

Ключові слова: свиноматка, поросят, випарне охолодження, мікроклімат, благополуччя, фізіологічний стан, втрати живої маси, інтенсивність росту, витрати корму, технологія.**Бібліографічний опис для цитування:** Садовий А. А., Герасимчук В. М., Лихач В. Я., Усенко С. О., Шостя А. М., Зламанюк Л. М., Чепіль Л. В., Кузьменко Л. М., Щербатюк Н. В., Маховий О. Г. Оптимізація мікроклімату приміщень у літній період за допомогою системи випарного охолодження та його вплив на фізіологічний стан та продуктивність свиноматок і поросят. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (3). С. 157–166.

Вступ

Зміна кліматичних умов на планеті та пов'язане з нею збільшення спекотного періоду майже на всій території України останніми десятиліттями диктує необхідність модернізації тваринницьких приміщень. Як повідомляють Olczak et al. [29], Godyń et al. [15], тепловий стрес впливає на фізіологічний стан, імунітет і поведінку свиней, а також знижує їхню продуктивність, тому впровадження ефективних охолоджувальних технологій є ключовим заходом для мінімізації цих негативних наслідків. Беручи до уваги важливість благополуччя свиней, як вважають Dong et al. [11], Vitt et al. [46], Shah S. et al. [39], Mykhailov [53], Rieznichenko V. I. et al. [56] створення оптимальних мікрокліматичних умов у приміщеннях для їхнього утримання є вирішальним фактором, який забезпечує комфорт і здоров'я тварин. Як повідомляють Stender et al. [41], Watanabe et al. [47] такі умови також сприяють підтриманню стабільного рівня продуктивності свиней. Основними компонентами мікроклімату в приміщеннях для свиней на переконання Demchuk et al. [50] є температура повітря, відносна вологість, швидкість повітряного потоку, а також концентрація шкідливих газів і інших забруднювачів. З огляду на інтенсивний характер свинарства, як вважають Häussermann et al. [16], використання механічної вентиляції відіграє вирішальну роль у підтриманні термонеїтральної зони для свиней, особливо в літній період. Проте зростання температури довкілля, яке на думку Barbari et al. [2], Nienaber et al. [25], Cabezón et al. [9] набуває глобального характеру що, зумовлює необхідність упровадження нових методів та додаткових технологій для ефективного охолодження тварин у літній період. Тепловий стрес за повідомленнями Justino et al. [21], Godyń et al. [15], виступає одним із ключових чинників, що негативно позначається на здоров'ї та продуктивності тварин, особливо представників сучасних генетичних ліній.

Різні технологічні підходи до регулювання мікроклімату у свинарниках спрямовані на зниження теплового навантаження та покращення теплообміну організму тварин Nichols et al. [26], Dutertre et al. [12], Linden [23], Vitt et al. [46], Opderbeck et al. [28], Jeppsson et al. [19]. Як зазначають Vermeer & Hoofs [44, 45], одні методи забезпечують охолодження повітря у приміщенні, інші – безпосереднє зниження температури поверхні тіла свиней. Значна частина таких рішень ґрунтується на використанні випаровування води, що реалізується через системи зрошення, туманоутворення, дощування, випарні подушки або крапельне охолодження Häussermann et al. [16], Godyń et al. [15]. Поряд із цим ефективними залишаються й підходи, які посилюють конвекційний та кондуктивний теплообмін Maskal et al. [24], Barbari et al. [2], Brandt et al. [8]. У практиці свинарства широке застосування мають технології збільшення швидкості руху повітря, зокрема зональне охолодження та тунельна вентиляція Stender et al. [41], Barbari et al. [2]. Для свиноматок у період поросності та лактації особливого значення набуває удосконалення кондуктивного теплообміну, яке реалізується за допомогою охолоджуваних

підлогових систем, здатних мінімізувати прояви теплового стресу [9, 24].

Фізіологічна температура тіла свиней варіює залежно від віку та функціонального стану: у поросят у спокої вона становить близько 39,5 °C, у тварин на відгодівлі – 39,3 °C, тоді як у свиноматок знижується до приблизно 38,3 °C [40]. Водночас середня температура шкіри тварин у термонеїтральній зоні тримається на рівні 33,5 °C, що може використовуватися як індикатор теплового стану організму [36].

Оскільки у свиней відсутні активні потові залози, основним механізмом відведення надлишкового тепла є посилене випаровування через дихальні шляхи [3, 5]. Дослідження De Bragança et al. [10], Quiniou & Noblet [30], а також Huynh et al. [17] показали, що у свиноматок під час лактації частота дихальних рухів істотно збільшується при перевищенні температури повітря понад 22,4 °C. Оптимальний температурний діапазон для цієї категорії тварин визначається в межах 16–22 °C. Автори також описали послідовність акліматизаційних реакцій: спочатку відбувається прискорення дихання та зростання співвідношення вода/корм, далі – зниження теплопродукції та споживання корму, і на завершальному етапі – підвищення ректальної температури.

Свиноматки, як зазначає Suriyasomboon et al. [42] мають слабо розвинені потові залози та, відповідно, обмежену здатність до тепловіддачі і є надзвичайно чутливими до перегрівання. Високі температури негативно позначаються на їхній відтворювальній здатності [1, 13, 51] та молочній продуктивності [32]. Встановлено, що свиноматки починають відчувати тепловий стрес після перевищення верхньої критичної межі термонеїтральної зони, яка залежно від генотипу становить близько 22 °C [4, 5, 6].

Подібні результати наведено й у роботі Mykhailov [53], де показано, що підвищення температури повітря на 1 °C вище 24 °C у період лактації призводить до зниження добового споживання корму на 1–2 кг, що безпосередньо зумовлює зменшення молокопродуктивності. Аналогічні дані наводять Silva et al. [38]: свиноматки, яких утримували в умовах охолодження при 20,8 °C, споживали в середньому 6,47 кг корму на добу проти 5,60 кг при температурі 26,9 °C. Це сприяло зростанню молочної продуктивності (10,20 проти 8,05 кг/добу) та збільшенню маси поросят під час відлучення (6,42 кг проти 5,30 кг). Додатково встановлено, що такі тварини були активнішими, частіше годували поросят, більше споживали води, рідше здійснювали сечовипускання, а їхня частота дихання, температура поверхні шкіри та ректальна температура залишалися нижчими.

У роботі Kiefer et al. [22] наведено результати з Центрально-Західного регіону Бразилії, де було встановлено що впродовж 21-денної лактації застосування туманізації як способу повітряного охолодження у секції для свиноматок дало змогу підвищити середньодобове споживання корму з 4,56 до 5,71 кг. Це призвело до скорочення втрати ваги на 6,68 %: замість середньої втрати 17,71 кг спостерігався приріст маси близько 80 г. Як наслідок, добове виробництво молока зросло з 7,98 до 9,20 кг, а маса гнізда поросят збільшилася на 2,03 кг на добу.

Результати, співставні з сучасними дослідженнями, отримували й раніше в інших кліматичних зонах. Наприклад, Johnston et al. [20] показали, що при комфортній температурі 17,7 °С середньодобовий приріст маси гнізда свиноматок становив 2,11 кг, тоді як у разі теплового навантаження при 27,1 °С він зменшувався до 1,74 кг. Quiniou & Noblet [30] зареєстрували приріст маси гнізда поросят 1,94 кг/добу за високої температури (29 °С) та 2,46 кг/добу при оптимальних умовах (18 °С). Подібні висновки зробили і Renaudeau et al. [32, 33], які відзначили, що за температури 20 °С приріст гнізда поросят складав 2,93 кг/добу, тоді як при 29 °С – лише 2,15 кг/добу. На вплив системи вентиляції на відтворювальні якості свиноматок вказують і вітчизняні вчені Zhyzhka [51], який повідомив що геотермальна вентиляція за рахунок оптимізації температурно-вологісного режиму забезпечила покращення збереженість поросят до відлучення на 1,11–1,94 %, їхньої кількості у гнізді на цей час – на 1,58–3,17 %, індивідуальної маса поросят при відлученні – на 2,87–9,83 % та маса всього гнізда – на 3,82–11,57 %. Тоді як за даними Mykhalko et al. [54], утримання свиноматок у маточниках із температурою, зниженою до термонейтральної, позитивно впливало на продуктивність. Зокрема, кількість поросят при відлученні була більшою на 0,70 голови (що становить +5,58 %), їхня збереженість підвищувалася на 4,49 %, а маса гнізда під час відлучення перевищувала показники на 2,91 кг (або 4,23 % порівняно з ровесниками, яких утримували в приміщеннях без охолодження повітря).

При оцінюванні теплового комфорту свиней ключовим показником є температура, хоча й відносна вологість також має важливе значення. Якщо раніше вважалося, що в межах термонейтральної зони цей фактор має другорядну роль, то зі зростанням температури його вплив помітно підсилюється [18, 46]. Саме тому Thom [43] було запропоновано індекси, які враховують поєднаний вплив температури та вологості повітря. Найпоширенішим серед них для визначення теплового стресу є температурно-вологісний індекс (ТНІ). За даними NWSCR [27], у США перевищення значення ТНІ понад 75 вказує на можливість розвитку теплового стресу. Діапазон 79–83 оцінюється як небезпечний для свиней, а показники понад 84 – як надзвичайно критичний. Водночас для свиноматок у центральній та східній Європі порогові значення ТНІ ще не встановлені й потребують додаткових досліджень [48].

Мета дослідження

Метою досліджень було визначення залежності параметрів мікроклімату у свинарнику для опоросу та лактації свиноматок від використання системи випарного охолодження в спекотну пору року в умовах центральної частини України та його вплив на фізіологічний стан, благополуччя та адаптаційні властивості, відтворювальні ознаки свиноматок данського походження та ріст їх поросят.

Матеріали і методи

Для вивчення впливу систем охолодження повітря на параметри мікроклімату та пов'язані з ними зміни продуктивних ознак свиней у липні-серпні 2025 року у виробничих умовах індустриального свиногокомплексу ТОВ «Агроінд» (м. Підгороднє, Дніпропетровська область) було за принципом груп-аналогів сформовано три групи свиноматок, які протягом періоду поросності утримувалися в однакових умовах дрібними групами по 8–10 голів із використанням системи годівлі «Біофікс». Для дослідження використовували свиноматок F₁ материнської лінії Bridgers які були отримані шляхом схрещування порід велика біла та ландрас данської селекції, а осіменіння здійснювалося спермою кнурів породи данський дюрк. Дослідження проводили у два повтори в період максимальних літніх температур, що характерний для липня-серпня. Для підвищення достовірності результатів у кожному досліді відбирали по 40 свиноматок, сформованих за принципом груп-аналогів відповідно до схеми дослідів (*табл. 1*).

Таблиця 1

Схема порівняння систем вентиляції

Показник	Група та її призначення	
	I контрольна	II дослідна
Кількість свиноматок у групі, гол.	40	40
Система вентиляції під час поросності	негативного тиску з боковими стінними клапанами та витяжними вентиляторами	
Система охолодження повітря під час поросності	випарна система туманоутворення	
Система вентиляції в підсисний період	негативного тиску з боковими стінними клапанами та двома витяжними вентиляторами	
Система охолодження повітря під час лактації	без додаткового охолодження	система туманоутворення

Під час опоросу та лактації свиноматки обох груп утримувалися в приміщенні з вентиляцією негативного тиску (*рис. 1*), яка забезпечувалася двома витяжними вентиляторами та припливними клапанами, розташованими на торцевій частині секції на висоті 2,4 м.

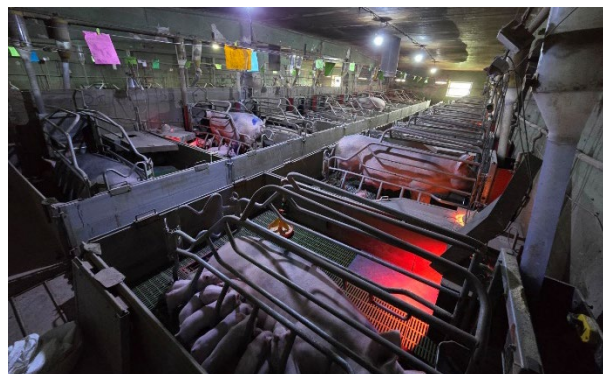


Рис. 1. Секція для утримання піддослідних свиноматок 1 та 2 груп

Кожна секція для опоросу налічувала 40 станків, розташованих у чотири ряди з двома технологічними проходами. Розмір станка для опоросу становив $1,8 \times 2,4$ м. У центрі станка змонтоване ярмо для фіксації свиноматки, під яким розміщувалася чавунна ґратчаста підлога. Решта площі станка була обладнана полімерною ґратчастою підлогою.

У фронтальній частині станка розташовувалася годівниця для свиноматки, автоматична поїлка для напування та брудер для утримання підсисних поросят. Для контактного підігріву поросят брудер було оснащено підігрівальним килимком та інфрачервоною лампою. У тильній частині станка знаходилася мисочкова поїлка для поросят та знімна годівниця для їх підгодовлі.

Годівля свиноматок обох груп була повноцінною та збалансованою, здійснювалася сухими кормами власного виробництва, складеними за рецептурою для підсисних свиноматок. Транспортування корму виконувалося за допомогою ланцюгово-шайбового транспортера, а його дозування – за допомогою об'ємних дозаторів. Для зменшення втрат корму та забезпечення можливості його вживання протягом доби застосовувалися також дозатори безперервної дії фірми І-Тек.

Для свиноматок контрольної групи використовувалася вентиляція негативного типу без додаткового охолодження повітря. У приміщенні де утримувались свиноматки другої (дослідної) групи для зниження температури повітря застосовували форсунки високого тиску, які забезпечували розпилення водяного туману, над припливними клапани. Управління системою туманоутворення було інтегровано з блоком керування системою вентиляції та здійснювалося за принципом «30 секунд увімкнено – 30 секунд вимкнено». Крім того, система була оснащена датчиком вологості повітря, який блокував її включення при перевищенні встановленого порогового значення відносної вологості.

Впродовж усього досліді у піддослідних секціях здійснювався періодичний моніторинг мікрокліматичних умов за допомогою сертифікованого обладнання. Температура в зоні лігва кожного станка та температура шкіри свиноматки визначалася у контрольних точках із використанням інфрачервоного пірометра Testo 805. Показники температури повітря та швидкості його руху реєструвалися термоанемометром Testo 425, а вологість повітря вимірювалася термогігрометром Testo 605. Заміри проводилися на висоті: 20 см (рівень дихальних шляхів поросят) та 70 см (рівень дихальних шляхів свиноматки). Контроль мікрокліматичних параметрів здійснювався двічі на тиждень – у вівторок і четвер, тричі на день: о 7 : 00, 14 : 00 та 21 : 00.

Заміри проводилися по діагоналі секції, у двох крайніх та двох центральних станках кожної секції в цих же станках вимірювалася частота дихальних рухів свиноматки в двох повторях.

За результатами вимірювання температури та вологості в приміщенні було розраховано температурно вологісний індекс (ТНІ) відповідно до рекомендацій Thom [43] за формулою:

$$\text{ТНІ} = (0,8 \times T) + ((\text{RH} / 100) \times (T - 14,4)) + 46,4$$

Де: T – температура повітря на рівні дихальних шляхів свиноматки $^{\circ}\text{C}$;

RH – відносна вологість на рівні дихальних шляхів свиноматки, %.

Його градацію визначали згідно з NWSCR [27], як значення нижче 75 вказує на термонеутральні умови утримання, вище цього значення на ризик теплового стресу, показники 79–83 вважається небезпечним для свиней, а понад 84 – дуже небезпечними.

У ході проведеного експерименту репродуктивну ефективність свиноматок вивчали за допомогою методичних підходів, описаних у Ladyka et al. [52]. Після кожного опоросу в гніздах свиноматок фіксували загальну чисельність новонароджених, окремо зазначаючи кількість живонароджених поросят. Додатково здійснювали зважування всього приплоду з метою визначення сумарної маси гнізда. На основі отриманих показників обчислювали такі основні характеристики відтворення, як багатоплідність та середня маса новонароджених поросят. Після завершення лактації реєстрували число поросят, які дожили до відлучення, і визначали їхній відсоток збереженості. Зважування гнізда дозволяли встановити його масу на час відлучення та, відповідно, розрахувати середню живу масу одного поросяти.

Для більш повної кількісної оцінки відтворних показників свиноматок за різних систем зниження температури в приміщенні використовували кілька спеціалізованих індексів. Одним із них був індекс відтворних якостей (ІВЯ), розроблений Лашем і Мольмом та адаптований Березовським [52]. Він розраховувався за рівнянням:

$$\text{ІВЯ} = A + 2B + 35\sigma,$$

де A – число живих поросят при народженні (гол.), B – кількість відлучених поросят (гол.), а σ – середньодобовий приріст живої маси від народження до відлучення (кг).

Також застосовували селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматок (СІВЯС), представлений Tsereniuk et al. [55]. Він визначався за формулою:

$$\text{СІВЯС} = 6X_1 + 9,34 (X_2/X_3),$$

де X_1 – багатоплідність (гол.), X_2 – маса гнізда поросят при відлученні (кг), X_3 – тривалість підсисного періоду (дб), а 6 та 9,34 – відповідні коефіцієнти.

Крім цього, було застосовано інтегральний SZFTV-індекс [31], який комплексно характеризує як відтворювальну здатність, так і швидкість росту потомства. Його розрахунок здійснювався за формулою:

$$\text{SZFTV} = 100 + 5 (n_0 + n_f + (W_f / 10) - i),$$

де n_0 позначає багатоплідність (гол.), n_f – кількість поросят при відлученні (гол.), W_f – маса поросят при

відлученні (кг), а і – скореговане середнє значення за породою (стандарт).

Наприкінці експериментального періоду добову молочну продуктивність свиноматок визначали за рівнянням, запропонованим Ferreira et al. [14]:

Молочна продуктивність (кг/день) = $[(4,27 \times \text{приріст маси поросят за період, кг}) \times \text{кількість поросят}] / \text{кількість днів лактації}$.

Отримані експериментальні дані обробляли методами біометричного аналізу з використанням MS Excel 2016. Статистичну вірогідність відмінностей між показниками визначали за допомогою t-критерію

Стьюдента, використовуючи рівні значущості: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Результати та їх обговорення

У ході дослідження встановлено, що зовнішні параметри мікроклімату були однаковими для обох груп: температура повітря становила 28,3 °C, відносна вологість – 48,7 % (табл. 2), що свідчить про зіставні кліматичні умови для оцінки ефективності різних систем підтримання мікроклімату.

Таблиця 2

Показники мікроклімату в приміщеннях з різною системою зниження температури

Показник	Група свиноматок		Вимоги ВНТП-АПК-08.05
	I контрольна	II дослідна	
Температура повітря зовні приміщення, °C:	28,3±0,57	28,3±0,57	–
Відносна вологість повітря зовні приміщення, %	48,7±0,79	48,7±0,79	–
Температура повітря у приміщенні на рівні 160 см, °C:	28,7±0,64	24,3±0,53***	19–24
Температура повітря у приміщенні на рівні 70 см, °C	28,9±0,61	24,4±0,52***	18–22
Температура повітря під брудером поросят на рівні 20 см, °C	31,6±0,46	28,5±0,52***	22–30
Температура лігва поросят, °C	32,4±0,29	29,8±0,37***	28–35
Температура лігва свиноматки, °C	27,4±0,63	25,3±0,42**	–
Швидкість руху повітря в станку свиноматки на висоті 70 см, м/с	0,36±0,019	0,41±0,024	1,00
Швидкість руху повітря в станку свиноматки на висоті 20 см, м/с	0,26±0,011	0,31±0,016*	0,4
Швидкість руху повітря в під брудером на висоті 20 см, м/с	0,15±0,007	0,17±0,009	0,15
Відносна вологість повітря на рівні 70 см, %	52,7±2,19	68,7±1,59***	40–70
Відносна вологість повітря на рівні 20 см, %	53,4±2,07	68,9±1,73***	40–70
Відносна вологість повітря під брудером поросят на рівні 20 см, %	49,4±1,29	60,3±1,31	40–70

Примітки: тут і надалі * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$ – вірогідність різниці з контрольною групою.

Водночас внутрішні параметри мікроклімату суттєво відрізнялися між групами за умови використання різних систем його підтримання. Так, у приміщенні з випарним охолодженням температура повітря на висоті 160 см становила 24,3 °C, що на 4,4 °C або 15,3 % ($p < 0,001$) було нижче, ніж у контрольному приміщенні, де цей показник дорівнював 28,7 °C. На рівні дихальних шляхів свиноматки (70 см над підлогою) температура знизилася на 4,5 °C або 15,6 % ($p < 0,001$) порівняно з контролем. Під кришкою брудера для поросят, завдяки впливу додаткового підігрівального килимка, температура знизилася лише на 3,1 °C або 9,8 % ($p < 0,001$).

Температура лігва поросят залишалася в межах, рекомендованих ВНТП-АПК-08.05 «Свинарські комплекси. Ветеринарно-санітарні правила проектування» (2005) та компанії Bridgers. У дослідному приміщенні вона становила 29,8 °C, що на 2,6 °C або 8,0 % ($p < 0,001$) менше, ніж у контролі (32,4 °C). Подібна тенденція відмічена і для лігва свиноматок – температура у дослідному приміщенні дорівнювала 25,3 °C, що на 2,1 °C або 7,7 % ($p < 0,01$) нижче контрольних значень.

Застосування випарного охолодження сприяло підвищенню вологості повітря та одночасно призвело до збільшення швидкості його руху через активацію системи вентиляції, оснащеної датчиками вологості. При цьому показники залишалися в межах, допустимих ВНТП-АПК-08.05 (2005) та рекомендацій компанії Bridgers. Так, на рівні 70 см швидкість руху повітря становила 0,41 м/с, що на 0,05 м/с або 13,9 % перевищувало контроль. На висоті 20 см цей показник також зріс на 0,05 м/с ($p < 0,05$), що становило 19,2 %

у відносному вираженні, хоча його абсолютне значення залишалось невисоким завдяки обмежувальному впливу перегородок станків. Під брудером різниця складала лише 0,02 м/с або 13,3 %, що також відповідало нормативам і не створювало ризику протягів.

Водночас система випарного охолодження зумовила суттєве підвищення відносної вологості, яка у дослідному приміщенні наближалася до верхньої межі, регламентованої ВНТП-АПК-08.05 (2005) та рекомендаціями Bridgers. На рівні дихальних шляхів свиноматки цей показник досягав 68,7 %, що на 16,0 % або 30,4 відсотних % ($p < 0,001$) перевищувало контроль. На висоті дихальних шляхів поросят вологість також була вищою на 15,5 % або 29,0 відсотних % ($p < 0,001$). Під брудером, попри нагрівання лігва, відносна вологість зросла до 60,3 %, що на 10,9 % або 22,1 % ($p < 0,001$) перевищувало контроль.

Таким чином, застосування системи випарного охолодження дало змогу знизити температуру повітря у приміщенні на 3,1–4,5 °C (або на 7–16 %) порівняно з аналогічним приміщенням без зрошування, а також підвищити відносну вологість на 10,9–16,0 % та швидкість руху повітря на 0,02–0,05 м/с (або на 13–19 %). Це свідчить про істотне покращення параметрів мікроклімату влітку для утримання свиноматок і поросят.

Аналіз фізіологічних показників свиноматок наведений в табл. 3 засвідчив суттєвий вплив системи вентиляції та зрошування повітря на їхній тепловий стан. У контрольній групі, де застосовувалась звичайна вентиляція без зрошення повітря,

тепловологісний індекс (ТНІ) досягав 77,16 балів, що перевищує порогові значення комфортності для свиней і свідчить про наявність теплового стресу. У дослідній групі зі встановленою випарною системою зрошення цей показник був знижений до 72,79 балів, тобто на 4,37 бала (5,7 %), що вказує на зменшення теплового навантаження на організм тварин.

Таблиця 3

Показники фізіологічного стану свиноматок за різної системи терморегуляції в приміщенні

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Тепловологісний індекс, балів	77,16	72,79
Температура шкіри свиноматки, °C	37,4±0,11	36,9±0,16*
Частота дихання, разів	68,4±3,11	46,1±2,16***

Це посприяло зниженню температура шкіри свиноматок у дослідному приміщенні на 0,5 °C або 1,3 % ($p<0,05$), 36,9°C проти 37,4 °C у контролі, що демонструє ефективність системи випарного зрошення у запобіганні перегріванню.

Найбільш виражені відмінності виявлені у частоті дихання свиноматок. У контрольному приміщенні

цей показник становив 68,4 разів/хв, тоді як у дослідному за рахунок зниження температури повітря в зоні життєдіяльності свиноматки він сягав лише 46,1 разів/хв, що на 22,3 рази/хв або 32,6 % менше ($p<0,001$). Це свідчить про зниження рівня теплового стресу, оскільки інтенсивність дихання є одним із ключових механізмів терморегуляції у свиней.

Таким чином, використання випарної системи зрошення повітря у свинарнику дозволило значно покращити фізіологічний стан свиноматок. Це проявлялося у зниженні тепловологісного індексу, зменшенні температури шкіри та істотному зниженні частоти дихання, що підтверджує ефективність цієї технології для підтримання оптимального мікроклімату в умовах високих температур.

Результати дослідження свідчать про суттєвий вплив застосування випарного зрошення повітря на споживання кормів свиноматками у період лактації (табл. 4). Оптимізація температурного середовища свиноматок призвела до покращення апетиту, що підвищило середньодобове споживання корму з 6,56 кг до 7,54 кг, тобто на 0,98 кг або 14,9 %. У перерахунку на одну тварину впродовж лактації споживання корму зросло з 181,06 кг до 210,37 кг, що становить приріст на 16,2 %.

Таблиця 4

Витрати кормів підсисними свиноматками і поросятами

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Спожито корму групою свиноматок за період лактації, кг	7242,2	8414,6
Спожито корму на одну свиноматку за період лактації, кг	181,06	210,37
Середньодобове споживання корму свиноматкою, кг	6,56	7,54
Кількість корму спожитого свиноматкою в розрахунку на 1 відлучене поросля, кг	13,23	15,17
Кількість спожитого корму на 1 кг приросту поросят, кг	2,95	3,06
Кількість спожитого корму на виділений 1 л молока, кг	20,75	22,06
Спожито престаартерних кормів на одне поросля, кг	1,32	1,14
Спожито престаартерних кормів на гніздо порослят, кг	18,07	15,81

Відповідно, загальні витрати корму групою свиноматок, які утримувалися у приміщенні з системою випарного охолодження, склали 8414,6 кг, що на 1172,4 кг (16,2 %) перевищує показник контрольної групи (7242,2 кг).

Покращення апетиту та середньодобового споживання корму спричинило підвищення витрат корму на продукцію у дослідній групі. Так, кількість корму, спожитого на одне відлучене поросля, склала 15,17 кг, що на 1,94 кг (14,7 %) більше, ніж у контрольній групі (13,23 кг). Подібна тенденція спостерігалася і за показником витрат корму на 1 л продукowanego молока – 22,06 кг проти 20,75 кг, що відповідає збільшенню на 6,3 %. Водночас конверсія корму на 1 кг приросту порослят залишалася майже незмінною – 3,06 кг у дослідній групі проти 2,95 кг у контрольній, різниця становила лише 3,7 %, що вказує на стабільність цього показника.

За рахунок вищої молочності свиноматок у групі з охолодженням повітря відзначалося зниження споживання престаартерних кормів поросятами. Зокрема, на одне поросля було використано 1,14 кг, що на 0,18 кг (13,6 %) менше порівняно з контрольною групою

(1,32 кг). За цієї ж причини, враховуючи майже однакову кількість порослят у гніздах свиноматок обох груп, витрати престаартерних кормів на гніздо також зменшилися з 18,07 кг до 15,81 кг, тобто на 2,26 кг (12,5 %). Це свідчить про більш високу молочність свиноматок у дослідній групі спричинену оптимізацією температурного режиму та кращу забезпеченість порослят поживними речовинами за рахунок молока.

Таким чином, застосування випарного зрошення повітря сприяло підвищенню інтенсивності споживання кормів свиноматками на 15–16 %, що позитивно вплинуло на рівень молочності та забезпечення порослят поживними речовинами. При цьому конверсія корму на приріст залишалася практично незмінною, а потреба у престаартерних кормах для молодняку зменшилася на 12–14 %. Отримані результати підтверджують доцільність використання системи випарного охолодження у свинарниках з метою підвищення продуктивності та поліпшення умов утримання тварин.

Застосування системи вентиляції з випарним зрошенням повітря позитивно вплинуло на

молочність свиноматок та їх фізіологічний стан у період лактації (табл. 5).

Таблиця 5

Продуктування свиноматкою молока та втрата маси під час лактації

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Середньодобове виділення молока, кг	12,94	13,67
Виділення молока за лактацію, кг	357,17	381,41
Виділено молока на 1 відлучене поросят, кг	25,49	27,50
Виділено молока на 1 кг приросту поросят, кг	5,69	5,55
Маса свиноматки на другу добу після опоросу, кг	256	261
Маса свиноматки в день відлучення поросят, кг	227,8	254,7
Втрата маси тіла свиноматки під час лактації, кг	28,2	6,3
Втрата маси свиноматки під час лактації, %	11,02	2,41

У дослідній групі за рахунок оптимізації температурного режиму в приміщенні та покращення їх благополуччя середньодобове виділення молока становило 13,67 кг, що на 0,73 кг (5,6 %) перевищує показник контрольної групи (12,94 кг). Відповідно, сумарна кількість молока за період лактації зросла з 357,17 кг у контрольній групі до 381,41 кг у дослідній, що становить приріст на 24,24 кг (6,8 %). У перерахунку

на одне відлучене поросят молочність у тварин дослідної групи була вищою на 2,01 кг (7,9 %), а кількість молока, виділеного на 1 кг приросту поросят, залишалася практично незмінною – 5,55 кг у дослідній групі проти 5,69 кг у контрольній.

Важливим є вплив мікроклімату на фізіологічний стан свиноматок. Маса тварин на другу добу після опоросу була приблизно однаковою в обох групах (256 кг у контрольній та 261 кг у дослідній). Проте на момент відлучення поросят маса свиноматок із системою охолодження становила 254,7 кг, що на 26,9 кг (11,8 %) більше порівняно з контрольною групою (227,8 кг). Відповідно, втрата маси тіла свиноматок у період лактації у контрольній групі склала 28,2 кг (11,02 %), тоді як у дослідній лише 6,3 кг (2,41 %), тобто зменшилася більш ніж у 4,5 раза.

Таким чином, використання системи вентиляції з випарним зрошенням повітря сприяло підвищенню молочності свиноматок на 6–8 % та різко зменшило втрати їх живої маси під час лактації – на 77,7 % у порівнянні з контрольною групою. Це свідчить про більш сприятливі умови для підтримання енергетичного балансу організму, що є передумовою збереження репродуктивної здатності та високої продуктивності тварин у наступних циклах.

Результати дослідження свідчать, що використання системи вентиляції з випарним зрошенням повітря позитивно позначилося на продуктивних показниках свиноматок порівняно з утриманням у приміщеннях без зрошення (табл. 6).

Таблиця 6

Продуктивність свиноматок

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Кількість свиноматок в групі при постановці на дослід, гол	40	40
Середній репродуктивний цикл, опоросів	3,9±0,11	3,6±0,21
Всього народжених поросят, гол.	16,29±0,361	16,35±0,297
В тому числі мертвонароджених, гол.	1,27±0,011***	1,09±0,013
Частка мертвонароджених поросят, %	7,8	6,7
Багатоплідність, гол.	15,02±0,278	15,26±0,249
Маса гнізда поросят при народженні, кг	20,4±0,520	20,6±0,403
Великоплідність, кг	1,36±0,036	1,35±0,042
Кількість поросят на свиноматку при відлученні, гол.	13,69±0,291	13,87±0,197
Збереженість поросят в підсисний період, %	91,15±0,963	90,89±1,071
Маса 1 голови при відлученні, кг	5,97±0,113	6,44±0,093***
Маса гнізда поросят при відлученні, кг	81,7±2,07	89,3±1,34**

Так загальна кількість народжених поросят практично не відрізнялася між групами (16,35 проти 16,29 голови), однак у дослідній групі спостерігалось зниження кількості мертвонароджених (1,09 проти 1,27 голови), що відповідало зменшенню їх частки з 7,8 до 6,7 % ($p<0,001$). Це вказує на позитивний вплив поліпшеного мікроклімату на перебіг опоросу.

За багатоплідністю свиноматок які утримувались у приміщенні із вентиляцією зі зрошенням спостерігалась тенденція до незначного збільшення (15,26 проти 15,02 голови у контролі), а маса гнізда при народженні практично не відрізнялася (20,6 проти 20,4 кг). Великоплідність залишалася стабільною в обох групах (1,35–1,36 кг на поросят). Разом з тим, більш істотні переваги виявлено в показниках

розвитку поросят у підсисний період. Так, середня маса одного поросят на момент відлучення у дослідній групі була значно більшою – 6,44 кг проти 5,97 кг, що забезпечило приріст на 0,47 кг або 7,9 % ($p<0,001$). Відповідно, маса гнізда поросят при відлученні також істотно зросла у свиноматок із вентиляцією зі зрошенням і становила 89,3 кг проти 81,7 кг у контролі, що перевищувало показник контрольної групи на 7,6 кг, або 9,3 % ($p<0,01$).

Водночас кількість відлучених поросят на одну свиноматку не мала суттєвої різниці. Так у дослідній групі вона становила 13,87 проти 13,69 у контрольній, тобто на 0,18 голови більше. Збереженість молодяку залишалася майже однаковою (90,9 проти 91,2 %)

Таким чином, використання системи вентиляції з випарним зрошенням повітря забезпечило зменшення на 1,13 % частки мертвонароджених поросят, підвищення на 7,9 % середньої маси одного поросяти при відлученні та збільшення на 9,3 % загальної маси гнізда, що підтверджує високу ефективність цього способу поліпшення мікроклімату у свинарниках.

За результатами дослідження інтенсивності росту підсисних поросят та рівня комплексних індексів що утримувалась без системи вентиляції та зрошення, та з застосовувались система зрошення наведено в **таблиці 7**.

Таблиця 7

Інтенсивність росту підсисних поросят та рівень комплексних індексів

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Тривалість лактації, діб	27,6±0,135	27,9±0,121
Абсолютний приріст гнізда поросят, кг	61,3±1,99	68,7±1,24***
Абсолютний приріст одного поросяти, кг	4,88±0,110	5,33±0,092***
Середньодобовий приріст гнізда поросят кг	2,22±0,056	2,46±0,034***
Середньодобовий приріст однієї голови, г	176,8±5,26	191,0±4,71*
Відносний приріст одного поросяти, %	136,0±2,17	141,6±1,56*
ІВЯ, балів	48,6	49,7
СІВЯС, балів	117,8	121,5
SZFTV, балів	189,41	195,31

Абсолютний приріст гнізда поросят у дослідній групі досягав 68,7 кг, що на 12,0 % перевищувало показник контрольної групи (61,3 кг) ($p<0,001$). Аналогічно, абсолютний приріст одного поросяти був вищим у дослідній групі – 5,33 кг проти 4,88 кг у контрольній, що відповідає зростанню на 9,3 % ($p<0,001$). Середньодобовий приріст гнізда поросяти у дослідній групі становив відповідно 2,46 кг що на 0,24 кг або на 10,9 % ($p<0,001$) перевищувало контрольні показники поросят які утримувались у приміщенні без оптимізації температурного режиму. Водночас середньодобові прирости одного поросяти в дослідному приміщенні становили 191,0 г, що на та 8,1 % або 14,3 г ($p<0,05$) більше ніж у контрольному свинарнику. Відносний приріст одного поросяти також був вищим у дослідній групі і становив 141,6 % проти 136,0 у контрольній, що відображає підвищення на 4,1 % ($p<0,05$).

Комплексні індекси, що характеризують загальний рівень продуктивності та здоров'я поросят, також демонстрували позитивну динаміку. Індекс відтворювальної продуктивності свиноматок (ІВЯ) у дослідній групі досягав 49,7 балів проти 48,6 балів у контрольній (+2,3 %), селекційний індекс відтворювальної продуктивності свиноматок (СІВЯС) зріс з 117,8 до 121,5 балів (+3,1 %), а загальний показник SZFTV підвищився з 189,41 до 195,31 балів (+3,1 %).

Таким чином, впровадження системи вентиляції у поєднанні зі зрошенням сприяло підвищенню на 8,0 % інтенсивності росту підсисних поросят, покращенню на 9,2 % абсолютних та на 6,76 % відносних приростів, а також на 10,9 % абсолютних та на 12,1 %

середньодобових прирості гнізда поросят та зростанню на 2,3-3,1 % комплексних індексів відтворювальної якості свиноматок.

Наші висновки щодо застосування системи випарного охолодження показали, що вона дозволяє знизити температуру повітря у приміщенні на 3,1–4,5 °C (або на 7–16 %) порівняно з аналогічними приміщеннями без зрошування. Ці результати співпадають з повідомленнями Häussermann et al. [16], Godyń et al. [15], Vermeer & Hoofs [44, 45], Justino et al. [21], а також Romanini et al. [35], які відзначали зниження температури повітря в межах 2–5 °C при використанні системи туманоутворення у поєднанні з вентиляцією негативного тиску.

Наші дані підтверджують, що така система охолодження позитивно впливає на благополуччя свиноматок, що узгоджується з результатами досліджень De Bragança et al. [10], Quiniou & Noblet [30], Huynh et al. [18], Romanini et al. [35], Schmidt et al. [37] та Sapkota et al. [36]. Ці автори відзначали зниження частоти дихання та температури шкіри свиноматок при забезпеченні термонеїтральних умов.

У наших дослідженнях система оптимізації мікроклімату дозволила знизити тепловолігнісний індекс на 4,37 одиниці до 72,79 балів, що відповідає зоні теплового комфорту свиноматок, тоді як вентиляція без охолодження не забезпечувала комфортних умов. Подібні результати наведені у Wegner et al. [48], Botto et al. (2014) [7], NWSCR [27], Vermeer & Hoofs. [44, 45].

Створення термонеїтральних умов у наших дослідженнях призвело до підвищення споживання корму на 0,98 кг на добу, що узгоджується з результатами Kiefer et al. [22], Mykhailov [53] та Silva et al. [38], які повідомляли про зростання середньодобового споживання корму від 0,67 до 1,36 кг на добу.

Більш комфортні умови утримання сприяли покращенню утворення молока та молоковіддачі свиноматок. У наших дослідженнях цей показник зріс на 0,73 кг, що співпадає з даними Kiefer et al. [22] (+1,22 кг) та Silva et al. [38] (+2,15 кг).

Покращені умови утримання свиноматок і поросят, що підвищували споживання корму та продукцію молока, сприяли інтенсивнішому росту поросят. У наших дослідженнях це проявилось у збільшенні середньої маси одного поросяти при відлученні на 7,9 % та загальної маси гнізда на 9,3 %, абсолютних приростів – на 9,2 %, відносних приростів – на 6,76 %, а також абсолютних і середньодобових приростів гнізда – на 10,9 % та 12,1 % відповідно. Ці результати узгоджуються з даними Zhyzhka [51], який відзначав покращення збереженості поросят до відлучення на 1,11–1,94 %, їхньої кількості у гнізді – на 1,58–3,17 %, індивідуальної маси – на 2,87–9,83%, а маси всього гнізда – на 3,82–11,57 %. За даними Mykhalko et al. [54], кількість поросят при відлученні зростала на 0,70 голови (+5,58 %), збереженість – на 4,49%, а маса гнізда перевищувала контроль на 2,91 кг (+ 4,23 %). Kiefer et al. [22] повідомляли про збільшення маси гнізда на 2,03 кг на добу. Johnston et al. [20] показали, що при температурі 17,7 °C середньодобовий приріст маси гнізда становив

2,11 кг, а при 27,1 °C – лише 1,74 кг. Quiniou & Noblet [30] зареєстрували приріст 2,46 кг/добу при оптимальній температурі (18 °C) і 1,94 кг/добу за високої температури (29 °C). Renaudeau et al. [33, 34] відзначали 2,93 кг/добу при 20 °C і 2,15 кг/добу при 29 °C. Схожі дані наведені Edwards et al. [13], Almond & Bilkei [1] та Silva et al. [38].

Отримані результати свідчать про ефективність застосування системи випарного охолодження у свинарниках. Використання таких технологій не лише підвищує продуктивність свиноматок і приріст поросят, але й істотно покращує їхній добробут, забезпечуючи оптимальні температурно-вологісні умови та зменшуючи стресові навантаження. Це підкреслює доцільність впровадження випарного охолодження як інтегрованого заходу в сучасних свинарських господарствах для забезпечення ефективного росту та здоров'я тварин. Вважаємо, що дослідження в даному напрямку варто продовжити та оцінити економічну доцільність таких технологій.

Висновки

Система випарного охолодження у свинарнику ефективно покращує мікроклімат, знижуючи температуру та підвищуючи вологість і рух повітря, що зменшує тепловий стрес свиноматок. Це сприяє підвищенню споживання корму, зниженню втрат живої маси та збільшенню молочності.

Використання системи сприяє зменшенню частки мертворождалих поросят, підвищенню їх маси при відлученні, інтенсивності росту та комплексних показників відтворювальної якості свиноматок. Тоді як конверсія корму залишається стабільною, а потреба у прерастерних кормах для поросят зменшується.

Отримані результати підтверджують доцільність впровадження випарного охолодження для підвищення продуктивності та благополуччя тварин.

Перспективи подальших досліджень. Наступні експерименти доцільно спрямувати на порівняння ефективності різних систем охолодження свиноматок і поросят у поєднанні з різними типами вентиляції, а також на оцінку результативності застосування вентиляції з негативним тиском та випарного охолодження в різні пори року.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Almond, P., & Bilkei, G. (2005). Seasonal infertility in large pig production units in an Eastern-European climate. *Australian Veterinary Journal*, 83 (6), 344–346. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2005.tb15627.x>
- Barbari, M., Bianchi, M., & Sorbetti Guerri, F. (2012). Preliminary analysis of different cooling systems of sows in farrowing room. *Journal of Agricultural Engineering*, 38 (1). <https://doi.org/10.4081/jae.2007.1.53>
- Baumgard, L. H., & Rhoads, R. P. (2013). Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annual Review of Animal Biosciences*, 1 (1), 311–337. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103644>
- Bianca, W. (1976). The significance of meteorology in animal production. *International Journal of Biometeorology*, 20 (2), 139–156. <https://doi.org/10.1007/bf01553047>
- Black, J. L., Mullan, B. P., Lorsch, M. L., & Giles, L. R. (1993). Lactation in the sow during heat stress. *Livestock Production Science*, 35 (1–2), 153–170. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(93\)90188-n](https://doi.org/10.1016/0301-6226(93)90188-n)
- Bloemhof, S., Mathur, P. K., Knol, E. F., & van der Waaij, E. H. (2013). Effect of daily environmental temperature on farrowing rate and total born in dam line sows. *Journal of Animal Science*, 91 (6), 2667–2679. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5902>
- Botto, L., Lendelová, J., Strmeňová, A., & Reichstädterová, T. (2014). The effect of evaporative cooling on climatic parameters in a stable for sows. *Research in Agricultural Engineering*, 60 (Special Issue), S85–S91. <https://doi.org/10.17221/40/2013-rae>
- Brandt, P., Grønvig, M., Rong, L., Zhang, G., Gautam, K. R., Kristensen, J. K., & Bjerg, B. (2022). The effect of floor cooling on respiration rate and distribution of pigs in the pen. *Livestock Science*, 257, 104832. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104832>
- Cabezón, F. A., Schinckel, A. P., & Stwalley III, R. M. (2017). Thermal capacity of hog-cooling pad. *Applied Engineering in Agriculture*, 33 (6), 891–899. <https://doi.org/10.13031/aea.12333>
- Messias de Bragança, M., Mounier, A. M., & Prunier, A. (1998). Does feed restriction mimic the effects of increased ambient temperature in lactating sows? *Journal of Animal Science*, 76 (8), 2017. <https://doi.org/10.2527/1998.7682017x>
- Dong, H., Tao, X., Lin, J., Li, Y., & Xin H. (2001). Comparative evaluation of cooling systems for farrowing sows. *Applied Engineering in Agriculture*, 17 (1), 91–96. <https://doi.org/10.13031/2013.1930>
- Dutertre, C., Massabie, P., Ginestet, S., & Granier, R. (1998). Effects of evaporative cooling on pig house ambience and on fattening pig growth performance. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 30, 337–342.
- Edwards, R. L., Omtvedt, I. T., Tuesman, E. J., Stephens, D. F., & Mahoney, G. W. A. (1968). Reproductive performance of gilts following heat stress prior to breeding and in early gestation. *Journal of Animal Science*, 27 (6), 1634. <https://doi.org/10.2527/jas1968.2761634x>
- Ferreira, A. S., Costa, P. M. A., Pereira, J. A. A., & Gomes, J. C. (1988). Estimativas de Produção de Leite de Porca. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 17, 203–211.
- Godyń, D., Herbut, P., Angrecka, S., & Corrêa Vieira, F. M. (2020). Use of different cooling methods in pig facilities to alleviate the effects of heat stress – A review. *Animals*, 10 (9), 1459. <https://doi.org/10.3390/ani10091459>
- Haeussermann, A., Hartung, E., Jungbluth, T., Vranken, E., Aerts, J.-M., & Berckmans, D. (2007). Cooling effects and evaporation characteristics of fogging systems in an experimental piggery. *Biosystems Engineering*, 97 (3), 395–405. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.03.019>
- Huynh, T. T. T., Aamink, A. J. A., Verstegen, M. W. A., Gerrits, W. J. J., Heetkamp, M. J. W., Kemp, B., & Canh, T. T. (2005). Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. *Journal of Animal Science*, 83 (6), 1385–1396. <https://doi.org/10.2527/2005.8361385x>
- Huynh, T. T. T. (2005). Heat stress in growing pigs. *PhD thesis*. Wageningen University, Wageningen, Netherlands. Retrieved from: <https://edepot.wur.nl/121639>
- Jeppsson, K.-H., Olsson, A.-C., & Nasirahmadi, A. (2021). Increased air velocity in the lying area improves pen hygiene and reduces ammonia emissions from houses with partly slatted pens for growing/finishing pigs. *Livestock Science*, 251, 104607. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104607>
- Johnston, L. J., Ellis, M., Libal, G. W., Mayrose, V. B., & Weldon, W. C. (1999). Effect of room temperature and dietary amino acid concentration on performance of lactating sows. NCR-89 Committee on Swine Management. *Journal of Animal Science*, 77 (7), 1638. <https://doi.org/10.2527/1999.7771638x>
- Justino, E., Nääs, I. de A., Carvalho, T. M. R., Neves, D. P., & Salgado, D. D. (2014). The impact of evaporative cooling on the thermoregulation and sensible heat loss of sows during farrowing. *Engenharia Agrícola*, 34 (6), 1050–1061. <https://doi.org/10.1590/s0100-69162014000600003>

22. Kiefer, C., Martins, L. P., & Fantini, C. C. (2012). Evaporative cooling for lactating sows under high ambient temperature. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41 (5), 1180–1185. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982012000500015>
23. Stinn, J. P., & Xin, H. (2014). Performance of evaporative cooling pads on a swine farm in central Iowa. *Iowa State University*. https://doi.org/10.31274/ans_air-180814-1214
24. Maskal, J., Cabezon, F. A., Schinckel, A. P., Marchant-Forde, J. N., Johnson, J. S., & Stwalley, R. M. (2018). Evaluation of floor cooling on lactating sows under mild and moderate heat stress. *The Professional Animal Scientist*, 34 (1), 84–94. <https://doi.org/10.15232/pas.2017-01661>
25. Nienaber, J. A., & Brown Brandl, T. M. (2009) Heat stress effects on growing-finishing swine. *Proceedings of the 25th Annual Carolina Swine Nutrition Conference* (10 November 2009). (pp. 25–35). Raleigh, NC, USA.
26. Nichols, D. A., Ames, D. R., & Hines, R. H. (1979). Evaporative cooling systems for swine. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 10, 6–9. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.6057>
27. National Oceanic and Atmospheric Administration. NWSCR. (1976) *Livestock Hot Weather Stress. Operations Manual Letter C-31-76*. Department of Commerce, NOAA. Kansas City, MO: National Weather Service Central Region
28. Opderbeck, S., Keßler, B., Gordillio, W., Schrade, H., Piepho, H.-P., & Gallmann, E. (2020). Influence of a cooled, solid lying area on the pen fouling and lying behavior of fattening pigs. *Agriculture*, 10 (7), 307. <https://doi.org/10.3390/agriculture10070307>
29. Olczak, K., Nowicki, J., & Kloczek, C. (2015). Pig behaviour in relation to weather conditions – a review. *Annals of Animal Science*, 15 (3), 601–610. <https://doi.org/10.1515/aas-2015-0024>
30. Quiniou, N., & Noblet, J. (1999). Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. *Journal of Animal Science*, 77 (8), 2124. <https://doi.org/10.2527/1999.7782124x>
31. Radnóczy, L., Novozánszky, G., Baltay, M., Csóka, L., Eicher, J., & Fekete, B. (2017). *Szűrtés Teljesítményvizsgáló Kódex*. Budapest. Retrieved from: http://www.mfse.eu/modul/files/kdex_8_2017.pdf
32. Renaudeau, D., & Noblet, J. (2001). Effects of exposure to high ambient temperature and dietary protein level on sow milk production and performance of piglets. *Journal of Animal Science*, 79 (6), 1540. <https://doi.org/10.2527/2001.7961540x>
33. Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., de Basilio, V., Gourdiere, J. L., & Collier, R. J. (2012). Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*, 6 (5), 707–728. <https://doi.org/10.1017/s1751731111002448>
34. Renaudeau, D., Quiniou, N., & Noblet, J. (2001). Effects of exposure to high ambient temperature and dietary protein level on performance of multiparous lactating sows. *Journal of Animal Science*, 79 (5), 1240. <https://doi.org/10.2527/2001.7951240x>
35. Romanini, C. E. B., Tolon, Y. B., Nääs, I. de A., & Moura, D. J. de. (2008). Physiological and productive responses of environmental control on housed sows. *Scientia Agricola*, 65 (4), 335–339. <https://doi.org/10.1590/s0103-90162008000400002>
36. Sapkota, A., Herr, A., Johnson, J. S., & Lay, D. C. (2016). Core body temperature does not cool down with skin surface temperature during recovery at room temperature after acute heat stress exposure. *Livestock Science*, 191, 143–147. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.07.010>
37. Schmidt, M., Lahrmann, K.-H., Ammon, C., Berg, W., Schon, P., & Hoffmann, G. (2013). Assessment of body temperature in sows by two infrared thermography methods at various body surface locations. *Journal of Swine Health and Production*, 21 (4), 203–209. <https://doi.org/10.54846/jshap/771>
38. Silva, B. A. N., Oliveira, R. F. M., Donzele, J. L., Fernandes, H. C., Abreu, M. L. T., Noblet, J., & Nunes, C. G. V. (2006). Effect of floor cooling on performance of lactating sows during summer. *Livestock Science*, 105 (1–3), 176–184. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.06.007>
39. Shah, S. B., Lentz, Z. A., van Heugten, E., Currin, R. D., & Singletary, I. (2017). Tempering ventilation air in a swine finishing barn with a low-cost earth-to-water heat exchanger. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 9 (2). <https://doi.org/10.1063/1.4979359>
40. Soerensen, D. D., & Pedersen, L. J. (2015). Infrared skin temperature measurements for monitoring health in pigs: a review. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 57 (1). <https://doi.org/10.1186/s13028-015-0094-2>
41. Stender, D. R., Harmon, J. D., Weiss, J. D., & Cox, D. (2003). Comparison of different styles of swine finishing facilities within a uniform production system. *Applied Engineering in Agriculture*, 19 (1). <https://doi.org/10.13031/2013.12734>
42. Suriyasomboon, A., Lundeheim, N., Kunavongkritt, A., & Einarsson, S. (2006). Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand. *Theriogenology*, 65 (3), 606–628. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.06.005>
43. Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12 (2), 57–61. <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>
44. Vermeer, H. M., & Aarnink, A. J. A. (2023). *Review on heat stress in pigs on farm*. EURCAW-Pigs Retrieved from: <https://edepot.wur.nl/587090>
45. Vermeer, H. M., & Hoofs, A. I. J. (2024). *Review on cooling technologies for pigs*. EURCAW-Pigs. Retrieved from: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10805965>
46. Vitt, R., Weber, L., Zollitsch, W., Hörtenhuber, S. J., Baumgartner, J., Niebuhr, K., Piringer, M., Anders, I., Andre, K., Hennig-Pauka, I., Schönhart, M., & Schaubberger, G. (2017). Modelled performance of energy saving air treatment devices to mitigate heat stress for confined livestock buildings in Central Europe. *Biosystems Engineering*, 164, 85–97. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.09.013>
47. Watanabe, P. H., Azevedo, T. A., Silva, M. A. do N., Oliveira, N. M., Gomes, T. R., Andrade, T. S., & Barbosa Filho, J. A. D. (2019). Cooling ventilation at farrowing for sows from first to third parturition. *Comunicata Scientiae*, 9 (4), 556–564. <https://doi.org/10.14295/cs.v9i4.1098>
48. Wegner, K., Lambertz, C., Das, G., Reiner, G., & Gauly, M. (2014). Climatic effects on sow fertility and piglet survival under influence of a moderate climate. *Animal*, 8 (9), 1526–1533. <https://doi.org/10.1017/s1751731114001219>
49. Yousef, M. K. (1985). *Stress Physiology in Livestock*. Boca Raton, FL: CRC Press.
50. Demchuk, M. V., Vysotskyi, A. O., & Bozhyk, L. Ya. (2009). Sanitarno-higienichniy kontrol dynamiky pokaznykiv mikroklimatu svynarstva-matochnykh v umovakh svynofarmy NNTTs «Komarnivskyi». *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 2 (41), 58–63. [in Ukrainian]
51. Zhyzhka, S. V. (2021). Optymizatsiya tekhniko-tekhnologichnykh umov utrymannia svynei irlandskoi selektsii v umovakh promyslovoi tekhnologii. *PhD thesis*. Sumy [in Ukrainian]
52. Ladyka, V. I., Khmelnychiy, L. M., & Povod, M. H. (2023). *Tekhnologii vyrobnystva i pererobky produktii tvarynnystva: pidruchnyk dlia aspirantiv*. Oldi+ [in Ukrainian]
53. Mykhailov, V. V. (2024). Systema ventilyatsii «Ekzatom» v svynarskykh hospodarstvakh – okhologzhennia. *Svynokompleksy. Daidzhest Hazeta*. Retrieved from: <https://vymikhailov.com/tpost/kcmi6ccfp1-sistema-ventilyats-ekzatom-v-svynarskikh> [in Ukrainian]
54. Mykhalko, O., Povod, M., Verbelchuk, T., Verbelchuk, S., Sherbina, O., Mironenko, O., & Ulyanko, S. (2022). Productivity of sows and growth of piglets during the use of different indoor microclimate systems. *Tekhnologiya Virobnictva i Pererobky Produktiv Tvarinnictva*, 1 (170), 65–74. <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2022-170-1-65-74>
55. Tsereniuk, A. M., Khvatov, A. I., & Stryzhak, T. A. (2010). Evaluation of the effectiveness of maternal productivity indices of pigs. *Zbirnyk naukovykh Prats Vinnytskoho Natsionalnoho Ahrarynoho Universytetu. Seriya: Tvarynnystvo*, 3 (42), 73–77. [in Ukrainian]
56. Reznichenko, V. I., & Lykhach, V. Ya. (2023). Influence of the type of local heating and its energy saving on the productivity and behaviour of suckling pigs. *Taurian Scientific Herald*, 134, 305–314. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.39>

ORCID

- | | |
|-----------------|---|
| A. Sadovyi | https://orcid.org/0009-0001-2608-4033 |
| V. Herasymchuk | https://orcid.org/0009-0009-8815-3039 |
| V. Lykhach | https://orcid.org/0000-0002-9150-6730 |
| S. Usenko | https://orcid.org/0000-0001-9263-5625 |
| A. Shostya | https://orcid.org/0000-0002-1475-2364 |
| L. Zlamanyuk | https://orcid.org/0000-0003-3323-4658 |
| L. Chepil | https://orcid.org/0000-0002-2889-5446 |
| L. Kuzmenko | https://orcid.org/0000-0002-1776-0714 |
| N. Shcherbatiuk | https://orcid.org/0000-0003-0877-4329 |
| O. Makhovyi | https://orcid.org/0009-0006-2044-484X |



2025 by the author(s). This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.