

Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print

ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10321

<https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture>

UDC 636.4.083:636.4.087.7:628.86:631.563

Impact of different evaporative cooling systems on the indoor microclimate, welfare, and productivity of pigs under heat stress conditions

A. A. Sadovyi¹, V. Ya. Lykhach^{1✉}, S. O. Usenko², B. V. Gutyj³, L. M. Zlamanyuk¹, L. V. Chepil¹,
T. V. Verbelchuk⁴, S. P. Verbelchuk⁴, V. V. Koberniuk⁴, U. M. Vus³, Yu. V. Bondarenko⁵

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

³Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

⁴Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

⁵Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Article info

Received 07.07.2025

Received in revised form

11.08.2025

Accepted 12.08.2025

National University of Life
and Environmental Sciences of
Ukraine, Heroiv Oborony Str., 15,
Kyiv, 03041, Ukraine.
Tel.: +38-098-243-84-71
E-mail:
vylykhach80@mubip.edu.ua

Poltava State Agrarian University,
Skovorody Str., 1/3, Poltava,
36006, Ukraine.

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.

Polissia National University,
Stary Boulevard, 7, Zhytomyr,
10008, Ukraine.

Sumy National Agrarian
University, Gerasim
Kondratiev Str., 160, Sumy,
40000, Ukraine.

Sadovyi, A. A., Lykhach, V. Ya., Usenko, S. O., Gutyj, B. V., Zlamanyuk, L. M., Chepil, L. V., Verbelchuk, T. V., Verbelchuk, S. P., Koberniuk, V. V., Vus, U. M., & Bondarenko, Yu. V. (2025). Impact of different evaporative cooling systems on the indoor microclimate, welfare, and productivity of pigs under heat stress conditions. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 180–194. doi: 10.32718/nvlvet-a10321

The aim of the study was to compare the effectiveness of two air-cooling systems—fine-droplet water spraying under high pressure (fogging) and the forced evaporative cooler “Jet Cool” – in shaping the microclimate of farrowing rooms for sows and to determine the relationship with their productivity. It was established that the use of “Jet Cool” evaporative panels ensured more stable microclimatic parameters. In the piglets’ activity zone, the temperature under the brooder was 2.8 % higher than with fogging (29.3 °C vs. 28.5 °C), remaining within the thermoneutral comfort range (22–30 °C). The temperature in the piglet creep area reached 30.6 °C (+0.8 °C), while in the sow’s lying area it was 2.7 °C (10.7 %) lower compared to fogging (22.6 °C vs. 25.3 °C, $P < 0.001$), corresponding to the optimal range for adult animals. Relative humidity in the rooms with evaporative panels remained within the norm; in particular, at the level of the sow’s respiratory tract it was 2.8 % lower (65.9 % vs. 68.7 %), and in piglets 66.1 % vs. 68.9 % ($P < 0.001$). Air velocity decreased on average by 23.5–45.2 % depending on the zone, which reduced the risk of drafts and improved thermoregulation in animals. It was proven that the use of evaporative panels reduced the temperature-humidity index by 3.2 points (4.4 %). The respiratory rate of sows decreased by 4 breaths/min (8.7 %; $P < 0.05$), and body weight loss during lactation by 1.1 kg (17.5 %). Average daily feed intake increased by 1.06 %, while feed conversion per 1 kg of weight gain and per 1 L of milk decreased (by 2.0–4.9 %). Due to higher milk yield in sows, piglets’ prestarter feed intake decreased by 8.5–9.7 %. Average daily and total milk yield increased by 5.4 % and 3.5 %, respectively. The number of weaned piglets, their survival rate (+1.48 %), and body weight at weaning (+0.14 kg per piglet; +3.1 kg per litter, $P < 0.01$) showed a positive trend. Average daily weight gains were significantly higher (4.4–6.5 %; $P < 0.05$). Thus, the application of evaporative panels has a comprehensive positive effect on the housing microclimate, physiological state of sows, milk production, piglet performance, and feed efficiency, thereby improving the economic effectiveness of pig production during lactation.

Keywords: sow, piglet, technology, housing, welfare, microclimate, temperature-humidity index, milk yield, feed efficiency, reproductive capacity.

Вплив різних систем випарного охолодження на мікроклімат приміщення, благополуччя та продуктивність свиней в умовах теплового стресу

А. А. Садовий¹, В. Я. Лихач¹✉, С. О. Усенко², Б. В. Гутий³, Л. М. Зламанюк¹, Л. В. Чепіль¹, Т. В. Вербельчук⁴, С. П. Вербельчук⁴, В. В. Кобернюк⁴, У. М. Вус³, Ю. В. Бондаренко⁵

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

²Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

³Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

⁴Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

⁵Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Метою дослідження було порівняти ефективність двох систем охолодження повітря – дрібнодисперсного розпилення води під високим тиском (туманоутворення) та примусового випарного охолоджувача “Jet Cool” – у формуванні мікроклімату приміщень для опоросу свиноматок та визначити зв'язок із їх продуктивністю. Встановлено, що використання випарних панелей “Jet Cool” забезпечує стабільніші параметри мікроклімату. У зоні життєдіяльності поросят температура під брудером була на 2,8 % вищою, ніж при туманізації (29,3 °C проти 28,5 °C), залишаючись у межах термокомфورتу (22–30 °C). Температура в лігві поросят становила 30,6 °C (+0,8 °C), тоді як у лігві свиноматки була на 2,7 °C (10,7 %) нижчою, ніж при туманному охолодженні (22,6 °C проти 25,3 °C, $P < 0,001$), що відповідало оптимальному діапазону для дорослих тварин. Вологість повітря у приміщенні з випарними панелями залишалася в межах норми, зокрема на рівні дихальних шляхів свиноматок вона була на 2,8 % нижчою (65,9 % проти 68,7 %), а у поросят – 66,1 % проти 68,9 % ($P < 0,001$). Швидкість руху повітря знижувалась у середньому на 23,5–45,2 % залежно від зони, що зменшувало ризик протягів і покращувало терморегуляцію тварин. Доведено, що застосування випарних панелей сприяло зниженню тепловологісного індексу на 3,2 бала (4,4 %) частота дихання у свиноматок зменшилася на 4 рази/хв (8,7 %; $P < 0,05$), а втрата маси тіла під час лактації – на 1,1 кг (17,5 %). Середньодобове споживання корму підвищилось на 1,06 %, при цьому витрати корму на 1 кг приросту та 1 л молока зменшилися (2,0–4,9 %). Завдяки вищій молочності свиноматок споживання престаартерного корму поросятами скоротилось на 8,5–9,7 %. Середньодобове та сумарне виділення молока збільшилося на 5,4 % та 3,5 % відповідно. Кількість відлучених поросят, їхня збереженість (+1,48 %) та маса при відлученні (+0,14 кг на голову; +3,1 кг на гніздо, $P < 0,01$) мали позитивну динаміку. Середньодобові прирости були достовірно вищими (4,4–6,5 %; $P < 0,05$). Отже, використання випарних панелей має комплексний позитивний ефект на мікроклімат приміщення, фізіологічний стан свиноматок, молочність, продуктивність поросят та ефективність використання корму, що забезпечує підвищення економічної результативності свинарства у період лактації.

Ключові слова: свиноматка, поросля, технологія, утримання, благополуччя, мікроклімат, тепловологісний індекс, молочність, ефективність корму, відтворювальна здатність.

Вступ

Як зазначають (Lykhach et al., 2021; Mykhalko, 2021; Povod et al., 2022; Povod et al., 2023; Leskiv et al., 2023; Smychok et al., 2023; Нопка, 2024; Yurchenko et al., 2024; Mykhailov, 2024) свинарство є однією з провідних галузей тваринництва у світі, а свинина належить до найпопулярніших видів м'яса серед споживачів. Проте як зазначають (Hilbrands et al., 2017; Cross et al., 2018; Mayorga et al., 2020; Johnson & Stewart, 2025) тепловий стрес залишається серйозною проблемою для виробництва свинини, спричиняючи значні економічні втрати. Сезонне підвищення температури та пов'язаний із ним тепловий стрес суттєво впливає на здоров'я, продуктивність і благополуччя свиней, що підтверджується численними дослідженнями (Fragomeni et al., 2016; Johnson, 2018; Johnson et al., 2020; Llonch et al., 2024). Негативні наслідки такого впливу включають як зниження темпів росту, так і підвищення рівня смертності тварин. Дослідження, проведене понад 20 років тому (St-Pierre et al., 2003), оцінювало щорічні економічні втрати американського свинарства через тепловий стрес у розмірі 299 мільйонів доларів США, тоді як за повідомленнями Mayorga et al. (2020) зараз у Сполучених Штатах щорічні фінансові втрати від теплового стресу для виробників свинини оцінюються приблизно в один мільярд доларів. У свиней спостерігається слабо розвинена здатність до

потовиділення, а наявність значного підшкірного жирового шару ускладнює ефективне відведення метаболічного тепла, що, у свою чергу, може знижувати їхню продуктивність (Ross et al., 2015; Seelenbinder et al., 2018). Особливо як зазначають Renaudeau et al., (2012), Ogundare et al., (2024) чутливі до теплового стресу лактуючі свиноматки, через високі метаболічні витрати, пов'язані з виробництвом молока. За повідомленнями (Johnson & Baumgard, 2018; Johnson et al., 2020) тепловий стрес чинить комплексний негативний вплив на свиней, проявляючись як у постнатальному періоді, так і в довготривалому погіршенні здоров'я, продуктивності та благополуччя, якщо тварини зазнають його ще на стадії внутрішньоутробного розвитку. Одночас як зазначають Cabezón et al. (2017) сучасні лінії свиноматок відзначаються підвищеною вразливістю до теплового стресу, що пов'язано з високим рівнем продуктивності, досягнутим завдяки тривалій селекційній роботі. Хоча на думку (Brown-Brandl et al., 2014; Cabezón et al., 2017; McConn et al., 2022), дані щодо порогових температур теплового стресу у сучасних лактуючих свиноматок обмежені, підвищене вироблення тепла під час лактації ймовірно збільшує їхню чутливість до теплового стресу. Це свідчить про те, що вентиляційні налаштування, які використовують виробники, можуть бути недостатніми для задоволення потреб тварин у охолодженні, особливо враховуючи, що тепловий стрес у лактуючих

свиноматок настає при температурах вище 20 °C (Cecil et al., 2024). Їх термонейтральна зона (оптимальна температура, при якій вони не відчувають теплового дискомфорту) коливається від 18 до 22 °C, тоді як для свиней на вирощуванні цей діапазон становить 22–25 °C (Baumgard & Rhoads, 2013; Ribeiro et al., 2018). Такої ж думки дотримуються і (Bragança et al., 1998) які вважають, що оптимальні параметри мікроклімату для підсисних свиноматок визначаються у межах 40–70 % відносної вологості та температури 16–22 °C. За новітніми даними (Cecil et al., 2023; Cecil et al., 2024) оптимальні умови для споживання корму свиноматками та росту їхнього гнізда поросят спостерігаються при температурі в межах 17,0–17,2 °C, тоді як підвищення температури вище 20 °C призводить до розвитку теплового стресу у лактуючих свиноматок.

Підвищене теплове навантаження в умовах лактації поєднується з високою температурою навколишнього середовища, що призводить до зниження споживання корму свиноматками. Це, у свою чергу, негативно впливає на виробництво молока і, як наслідок, уповільнює ріст підсисного посліду (Johnston et al., 1999; Renaudeau et al., 2012; Baumgard & Rhoads, 2013; Ribeiro et al., 2018; He et al., 2019). Крім того, тепловий стрес супроводжується фізіологічними змінами (Mylostyvyi et al., 2022; 2024; Bashchenko et al., 2024): підвищується частота дихання, ректальна температура, а також змінюється поведінка свиноматок, включно з режимами годування, напування, стояння та відпочинку (Malmkvist et al., 2012; Parois et al., 2018), а також призводить до активнішої мобілізації енергетичних резервів і втрати маси тварин. Останні дослідження компанії Trouw Nutrition (2023) показали, що періоди теплового стресу негативно впливають на виробництво молока у свиноматок, зокрема через зниження споживання корму та прямий вплив на молочні залози.

Тепловий стрес також впливає на імунну систему тварин. Зміни в імунній відповіді частково обумовлені перерозподілом крові та порушеннями функції кишкового бар'єру, що підвищує ризик системного запалення (Pearce et al., 2012; Mayorga et al., 2018; Chen et al., 2021). Як зазначає (Johnson et al., 2022) погіршення виробництва молока у свиноматок під впливом теплового стресу є головною причиною зниження темпів росту гнізда поросят. Однак як зазначає Guo et al. (2020) зменшення споживання корму свиноматкою не повністю пояснює зниження приросту молодняка, що вказує на участь інших метаболічних та фізіологічних механізмів. Тому глибоке розуміння молекулярних і фізіологічних процесів, які відбуваються під час теплового стресу, а також їх зв'язок із продуктивними показниками, є ключовим для розробки ефективних стратегій пом'якшення негативного впливу стресу на ріст посліду.

Таким чином, тепловий стрес у свинарстві має комплексний вплив на фізіологію, поведінку та продуктивність свиноматок та їхнього потомства. Розробка та впровадження ефективних методів контролю температури є критично важливими для

підтримки високого рівня продуктивності та добробуту тварин у умовах глобального потепління.

Одним із найефективніших підходів для зменшення теплового стресу у свиноматок є охолодження приміщень або безпосередньо тварин за високих температур та вологості (Perin et al., 2016; Bjerg et al., 2019; Godyń et al., 2020; Mykhalko et al., 2022, Johnson & Stewart, 2025). Для зменшення впливу теплового стресу на лактуючих свиноматок застосовують різні технології охолодження, які можна умовно поділити на два напрями: загальне зниження температури у тваринницькому приміщенні та локальне охолодження організму самих тварин. Серед найпоширеніших методів регулювання мікроклімату використовують випарні панелі, через які у свинарники подається попередньо охолоджене повітря (Lucy & Safranski, 2017; Big Dutchman, 2024; Mykhailov, 2024). Іншим підходом є системи, що базуються на використанні води для охолодження за рахунок випаровування (Justino et al., 2014; 2015; Mykhailov, 2021; Big Dutchman, 2024). До них належать різні технології: зрошення, туманоутворення, дощування, випарні подушки та крапельні системи. Такі рішення забезпечують ефективне відведення надлишкового тепла й створюють більш комфортні умови для свиноматок, що позитивно позначається на їхній продуктивності та благополуччі. Додаткового зменшення теплового навантаження у свиноматок можна досягти шляхом посилення конвекційного або кондуктивного теплообміну. До прикладів належать підлогові охолоджувальні системи, які ефективно відводять тепло від тіла тварин (Perin et al., 2016; Cabezón et al., 2017). Як приклад за повідомленнями (Cabezón et al., 2017; Johnston et al., 2020) сучасні технології включають електронні охолоджувальні прокладки, які складаються з алюмінієвої верхньої пластини з системою регульованого потоку води, що дозволяє ефективно відводити надлишкове тепло за допомогою кондуктивного охолодження. Дослідження показали, що використання охолоджувальних прокладок значно знижує частоту дихання та підтримує більш стабільну і нижчу температуру тіла лактуючих свиноматок, що сприяє покращенню продуктивності та здоров'я тварин.

У практиці також застосовують зональне охолодження, коли охолоджене повітря подається через трубопроводи безпосередньо в шийний відділ свиноматки, або ж тунельну вентиляцію, що дозволяє швидко охолодити все приміщення та покращити параметри мікроклімату (Stender et al., 2003; Barbari et al., 2007; Deschenko & Lykhach, 2024).

Одним із найбільш поширених підходів є туманізація – розпилення води форсунками високого тиску. У поєднанні з системою вентиляції негативного тиску цей метод забезпечує зниження температури всередині приміщення на 2,0–2,1 °C (Justino et al., 2014; 2015), тоді як (Morales et al., 2013; Botto et al., 2014) повідомляють про зменшення до 2–3 °C, а за повідомленнями (Mykhailov, 2021) при вірній організації системи вентиляції можливо досягнення зниження температури у свинарниках маточниках від 2,8 °C до 8,3 °C.

Принцип роботи випарних систем охолодження полягає у випаровуванні води, що сприяє зниженню температури повітря. За сприятливих умов такі системи здатні охолоджувати повітря на 5–7 °C, а іноді – навіть до 10 °C, що робить їх особливо ефективними у регіонах із жарким і сухим кліматом (Lucy & Safranski, 2017). При цьому ефективність залежить від поєднання зовнішньої температури й відносної вологості. Водночас збільшення вологості повітря в приміщенні є типовим наслідком використання систем мілкодисперсного розсіювання води: від 0,9 % (Morales et al., 2013) до 19 % (Botto et al., 2014). Це не є проблемою у посушливих регіонах, але у зонах з високою вологістю потрібна інтенсивна вентиляція, щоб запобігти тепловому стресу та зниженню споживання корму (Noblet et al., 2003; Williams et al., 2013).

Застосування систем дрібнодисперсного розпилювання води позитивно впливає на фізіологічні показники: спостерігається зниження ректальної температури на 0,3 °C, температури поверхні тіла – на 0,5 °C, а також зменшення частоти дихання, що є найбільш чутливим маркером теплового стресу (Justino et al., 2014; 2015; Lucy & Safranski, 2017). Проте у випадку поєднання високої температури з надмірною вологістю ефективність охолодження знижується, оскільки ускладнюється тепловіддача через дихальні шляхи, що може призвести до гіпертермії (Pandorf et al., 2008).

Більшість досліджень підтверджують, що використання туманізації в приміщеннях для підсилення свиноматок сприяє підвищенню споживання корму, зменшує втрати живої маси у свиноматок та забезпечує кращу масу поросят при відлученні (Romanini et al., 2008; Cabezón et al., 2017).

Попри очевидні переваги, головним обмеженням випарних систем є підвищення вологості повітря, що знижує їхню ефективність у вологих кліматичних зонах. У таких умовах необхідно поєднувати охолодження з потужною системою вентиляції для підтримання оптимального мікроклімату у приміщеннях (Sampaio et al., 2004). Меншим впливом на вологість охолодженого повітря відзначаються випарні панелі (pad cooling), які вважаються одними з найбільш результативних технологій для створення комфортного мікроклімату у закритих свинарниках. Їхній принцип дії полягає у пропусканні повітря крізь зволожені панелі, встановлені біля повітрозабірників, де завдяки великій площі контакту інтенсивно відбувається випаровування води (Renaudeau et al., 2012; Pertagnol et al., 2013; Mykhailov, 2024). Унаслідок цього температура повітря суттєво знижується, а рівень вологості підвищується незначно, що мінімізує ризик надмірного зволоження приміщення та створює більш стабільні умови утримання тварин (Dutertre et al., 1998; Sartor et al., 2003). Згідно з даними Михайлова В. (Mykhailov, 2024), у літній період температура всередині приміщення може знижуватися на 15 °C, що дозволяє істотно зменшити прояви теплового стресу у свиней. Також суттєвою перевагою є те, що завдяки системі рециркуляції води втрата рідини

компенсується лише у межах випаровуваної частини, що забезпечує її економне використання.

У порівнянні з технологіями туманоутворення, pad cooling забезпечує подібний ефект охолодження, проте значно менше впливає на підвищення вологості та не призводить до надмірного зволоження підлоги, що є важливим чинником для підтримання гігієнічного стану свинарників. На відміну від механічної вентиляції, яка лише забезпечує циркуляцію повітря без помітного охолоджуючого ефекту, pad cooling поєднує переваги обох систем – знижує температуру повітря й водночас утримує вологість на оптимальному рівні, що особливо важливо у жарких кліматичних умовах (Hahn, 1999; Stinn & Xin, 2014).

До ключових переваг таких систем належать висока ефективність охолодження за відносно низького енергоспоживання, регуляція рівня вологості, ощадливе використання водних ресурсів та можливість інтеграції з автоматизованими системами управління мікрокліматом. Водночас певними обмеженнями залишаються значні початкові інвестиції, потреба у регулярному технічному обслуговуванні панелей, а також ризик утворення мінеральних і органічних відкладень на їх поверхні, що може знижувати ефективність випаровування.

Отже, огляд наукових публікацій показує, що технологія pad cooling належить до найбільш ефективних та економічно обґрунтованих методів охолодження повітря у закритих свинарниках. Вона забезпечує оптимальне поєднання зменшення теплового навантаження на тварин, контролю рівня вологості та раціонального енергоспоживання, перевищуючи за цими параметрами як традиційну механічну вентиляцію, так і системи туманоутворення (Mader et al., 2006; Stinn & Xin, 2014). Додатковою перевагою є можливість інтеграції pad cooling з автоматизованими мікрокліматичними комплексами, що дозволяє реалізувати системний підхід до створення оптимальних умов утримання свиней, сприяючи підвищенню їх продуктивності та підтриманню доброго стану здоров'я.

У контексті глобальних кліматичних змін та систематичного підвищення середньодобових температур, що фіксується майже на всій території України, проблема ефективного охолодження свинарських приміщень набуває особливої актуальності. Спекотні періоди стають довшими, а пікові значення температури повітря частіше перевищують біологічно комфортні межі для свиней. Це посилює ризик розвитку теплового стресу у свиноматок і молодняку, що безпосередньо впливає на продуктивність, відтворювальні функції та збереження поголів'я.

У зв'язку з цим особливою значення набуває порівняльна оцінка ефективності різних технологій зниження тепловологісного показника у свинарниках. Найбільш поширеними рішеннями є системи туманного зрошення та випарні панелі (pad cooling). Обидві технології базуються на принципі випаровування води, однак їх ефективність, вплив на рівень вологості та санітарний стан приміщень,

енерговитрати та економічна доцільність можуть суттєво відрізнятись залежно від кліматичних умов регіону.

Зважаючи на тенденцію зростання температури повітря та прогнозоване збільшення частоти теплових хвиль, системне порівняння цих методів є необхідним для вибору найбільш адаптивної та енергоефективної стратегії охолодження. Це дозволить не лише мінімізувати негативний вплив теплового стресу на свиней, а й підвищити рентабельність галузі в умовах зміни клімату.

Мета дослідження

Метою роботи було визначення впливу систем охолодження повітря, які здійснювались за допомогою системи дрібнодисперсне розпилення води під

високим тиском (туманоутворення) з системою охолодження яка базується на використанні примусового випарного охолоджувача повітря типу “Jet Cool” на параметри мікроклімату в цеху опоросу та їхній взаємозв’язок із продуктивними показниками свиней.

Матеріал і методи досліджень

З цією метою в умовах промислового свинокомплексу ТОВ “Агроінд” (м. Підгороднє, Дніпропетровська область) було сформовано дві групи свиноматок за принципом груп-аналогів. Дослідження проводили у фазу найбільш інтенсивних літніх температур, характерних для липня–серпня. Для забезпечення достовірності отриманих результатів було відібрано по 40 свиноматок, розподілених за принципом груп-аналогів відповідно до схеми експерименту (рис. 1).

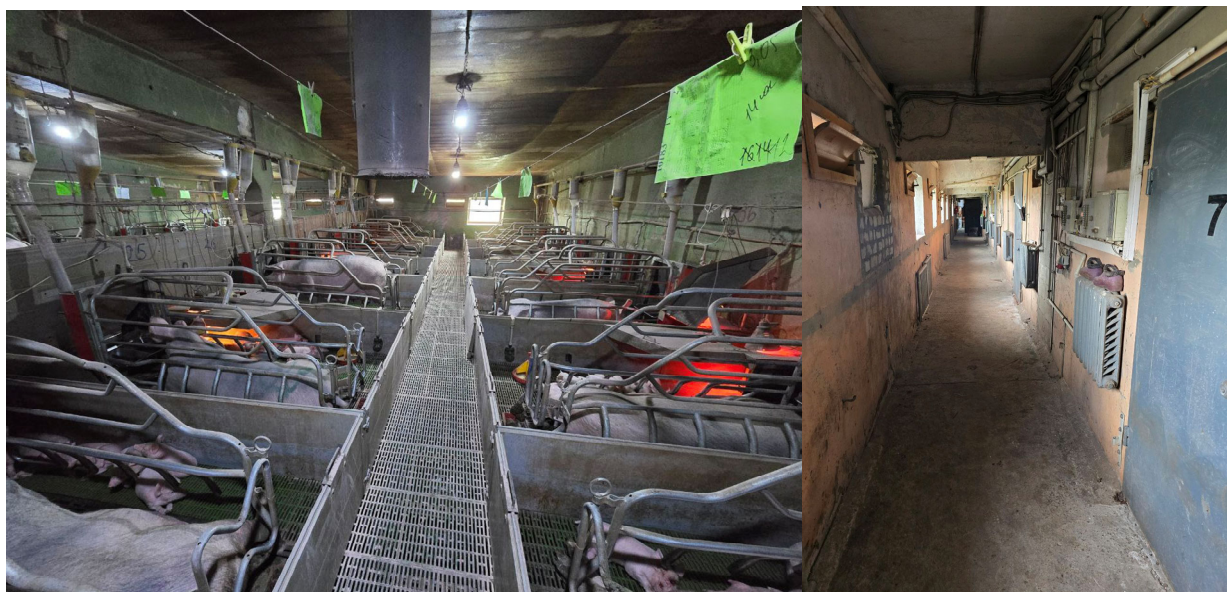


Рис. 1. Умови утримання свиноматок і поросят обох піддослідних груп під час досліду

Джерело: фото авторів

У період опоросу та лактації свиноматок обох груп утримували в спеціалізованому приміщенні, обладнаному секціями для опоросу, які налічували 40 індивідуальних станків розміром $1,8 \times 2,4$ м виробництва французької фірми “І-Тек”. У центрі станка розташовувався бокс для фіксації свиноматки з підлогою із чавунних решіток, тоді як інша частина площі була застелена полімерними ґратами. Спереду передбачено годівницю та автоматичну поїлку для свиноматки, а також брудер для відпочинку підсисних поросят. Для підтримання необхідного теплового режиму використовували інфрачервону лампу та підігрівальний килимок. У задній частині станка знаходилися мисочкова поїлка та знімна годівниця, що застосовувалася для підгодовлі молодняку. Годівля тварин у контрольній та дослідній групах була повноцінною, збалансованою та здійснювалася сухими комбікормами власного виробництва, розробленими відповідно до норм для підсисних свиноматок. Роздачу кормів проводили за допомогою об’ємних дозаторів і автоматизованих систем безперервної дії компанії “І-Тек”.

У контрольному приміщенні (І група) для зниження температури застосовували систему високотискового дрібнодисперсного розпилення води (туманоутворення) (рис. 2). Подавання водяного аерозоллю здійснювалося через форсунки високого тиску, розташовані над припливними клапанами. Робота туманоутворювальної установки була синхронізована з блоком керування вентиляційної системи та функціонувала за циклічним принципом: “30 секунд роботи – 30 секунд паузи”. Додатково систему обладнали датчиком відносної вологості, який запобігав її активації у випадку перевищення заданого порогового значення.

Свиноматки другої (дослідної) групи утримувалися в умовах, наближених до контрольної групи, однак приміщення для опоросу було оснащено удосконаленою вентиляційною системою. У кожній секції додатково монтували по два випарних повітроохолоджувачі примусових випарних охолоджувачів повітря типу “Jet Cool” системи Pad Cooling (рис. 3), робота яких була інтегрована в загальну систему регулювання мікроклімату.

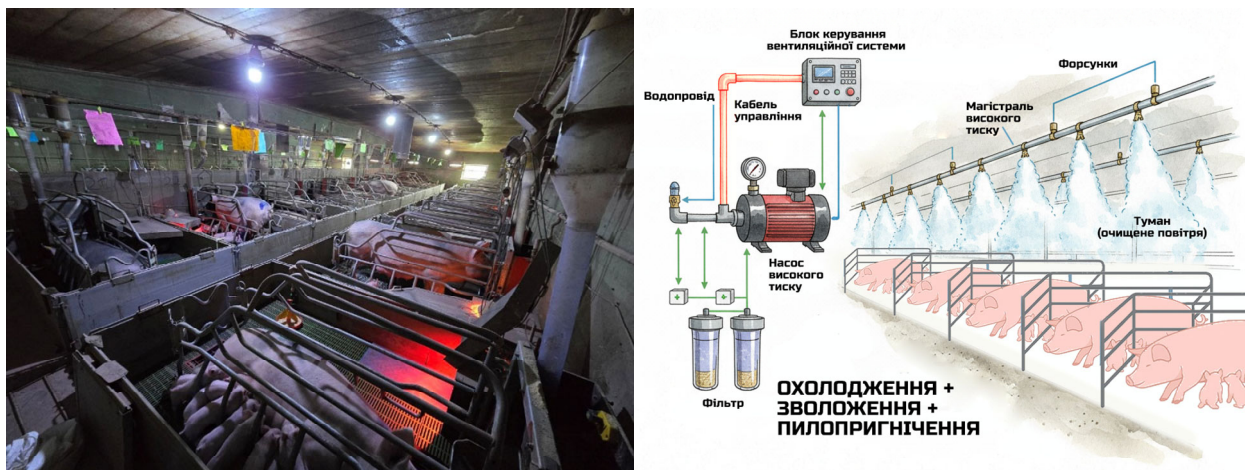


Рис. 2. Система охолодження у контрольному приміщенні

Джерело: фото авторів



Рис. 3. Система примусового випарного охолодження повітря “Jet Cool” у дослідному приміщенні

Джерело: фото авторів

Серцевиною системи випарного охолоджувача “Jet Cool” за повідомленнями В. Михайлова (Mykhailov, 2024) є целюлозний фільтр який виготовляється із гофрованих целюлозних листів, склеєних між собою. Через цей фільтр протікає вода, спричиняючи випаровування і, відповідно, охолодження повітря. Система управління регулює роботу водяного насоса та вентилятора, що забезпечує нагнітання охолодженого повітря у приміщення. Вбудована система рівномірного розподілу води забезпечує підтримку вологості всієї поверхні фільтра, що максимізує ефект випарного охолодження. Вентилятори створюють негативний тиск, протягуючи повітря через зволожені фільтри, тим самим забезпечуючи ефективний теплообмін між повітрям і водою. Коли температура повітря в приміщенні знижувалася нижче меж термонейтральної зони для тварин, працювала стандартна система вентиляції з негативним тиском, яка функціонувала завдяки вентиляторам та припливним клапанам. У разі перевищення

температури понад комфортний рівень для свиноматок автоматично запускалися охолоджувачі, кожен з яких подавав приблизно 12 тис. м³ охолодженого повітря за годину. Це призводило до зменшення ступеня розрідження в секціях і, відповідно, сповільнювало надходження зовнішнього повітря через клапани. Додатково система мала датчики відносної вологості, що вимикали охолоджувачі при досягненні критичних рівнів.

Упродовж усього дослідження в секціях здійснювався безперервний моніторинг параметрів мікроклімату за допомогою сертифікованих приладів. Температуру у зоні відпочинку та показники шкірної температури свиноматок визначали в заданих точках інфрачервоним пірометром Testo 805. Для вимірювання швидкості руху повітря та його температури застосовували термоанемометр Testo 425, а рівень відносної вологості контролювали за допомогою термогігрометра Testo 605. Замірювання проводили на трьох висотах: 20 см – у зоні перебування поросят, 70 см – на рівні дихальних

шляхів свиноматок. Спостереження виконували двічі на тиждень (у вівторок та четвер), тричі протягом доби – о 7:00, 14:00 та 21:00. Вимірювання здійснювали по діагоналі секції: у двох крайніх і двох середніх станках. У тих самих станках паралельно реєстрували частоту дихальних рухів свиноматок (по два повтори).

Для оцінки мікроклімату розраховували температурно-вологісний індекс (ТНІ) за формулою Thom (1959):

$$ТНІ = (0,8 \times T) + ((RH \div 100) \times (T - 14,4)) + 46,4,$$

де: T – температура повітря на рівні дихальних шляхів свиноматки °C; RH – відносна вологість на рівні дихальних шляхів свиноматки, %.

Його градацію визначали згідно з NWSCR (1976) та FASS (2020), як значення нижче 75 вказує на термонейтральні умови утримання, вище цього значення на ризик теплового стресу, показники 79–83 вважаються небезпечним для свиней, а понад 84 – дуже небезпечними.

Відтворювальні ознаки свиноматок визначали за методикою Ladyka et al. (2023): реєстрували кількість новонароджених і живонароджених поросят, масу гнізда та середню живу масу поросят при відлученні. Молочну продуктивність (МР) розраховували за формулою Ferreira et al. (1988),

$$МР = d \times (4,27 \times \Delta W \times n),$$

де: МР – молочна продуктивність свиноматки, кг/добу; ΔW – середній приріст живої маси поросят за період, кг; n – кількість поросят у гнізді; d – тривалість лактації, діб.

Втрату живої маси свиноматкою оцінювали шляхом зважування після опоросу та при відлученні поросят.

Для комплексної характеристики відтворної здатності застосовували індекс відтворних якостей (ІВЯ) (Ladyka et al., 2023):

$$ІВЯ = A + 2B + 35\sigma,$$

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

Селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматок (СІВЯС) (Tsereniuk et al., 2010):

$$СІВЯС = 6X_1 + 9,34(X_2/X_3),$$

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

Інтегральний SZFTV-індекс (Radnóczy et al., 2017).

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

де: n_0 – позначає багатоплідність (гол.); n_f – кількість поросят при відлученні (гол.); W_f – маса поросят при відлученні (кг); i – скореговане середнє значення за породою (стандарт).

Експериментальні дані оброблені методом варіаційної статистики із використанням комп'ютерної техніки і пакетів прикладного програмного забезпечення (Kramarenko et al., 2019).

Результати

Порівняльний аналіз ефективності різних систем зниження температури в свинарниках показав, що використання випарних панелей rad cooling дозволяє підтримувати нижчу на 2,0 °C (8,2%, $P < 0,01$) температуру повітря на рівні дихальних шляхів свиноматок (22,4 °C проти 24,4 °C у свинарнику за використання розпилення води). Це наближає температуру до зони термонейтральності для лактуючих свиноматок, що, у свою чергу, підвищує рівень їх благополуччя (табл. 1).

Аналогічне зниження температури спостерігалось на рівні дихальних шляхів людини, що свідчить про покращення загального мікроклімату в приміщенні для обслуговуючого персоналу.

У зоні життєдіяльності поросят, завдяки меншій інтенсивності вентиляції, температура під брудером у дослідній групі була на 2,8% вищою, ніж у контролі – 29,3 °C проти 28,5 °C. Це знаходиться в межах зони термокомфорту тварин цього віку і відповідає нормативам ВНТП-АПК-02.05 (22–30 °C), забезпечуючи оптимальні умови для терморегуляції поросят у підсисний період.

Таблиця 1

Показники мікроклімату в приміщеннях за використання різних систем зниження температури, $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$

Показник	Група свиноматок		Вимоги ВНТП-АПК-02.05)
	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 дихальних шляхів людини, °C	24,3 ± 0,53**	22,4 ± 0,37	19–24
Температура повітря у приміщенні на рівні дихальних шляхів свиноматки, °C	24,4 ± 0,52**	22,4 ± 0,33	18–22
Температура повітря під брудером поросят на рівні дихальних шляхів, °C	28,5 ± 0,52	29,3 ± 0,24	22–30
Температура лігва поросят, °C	29,8 ± 0,37*	30,6 ± 0,17	28–35
Температура лігва свиноматки, °C	25,3 ± 0,42***	22,6 ± 0,32	-
Швидкість руху повітря в станку свиноматки на рівні її дихальних шляхів, м/с	0,41 ± 0,024***	0,28 ± 0,013	1,00
Швидкість руху повітря в станку свиноматки на рівні дихальних шляхів поросят, м/с	0,31 ± 0,016***	0,17 ± 0,008	0,4
Швидкість руху повітря в під брудером на висоті 20 см, м/с	0,17 ± 0,009***	0,13 ± 0,005	0,15
Відносна вологість повітря на рівні дихальних шляхів свиноматки, %	68,7 ± 1,59	65,9 ± 1,36	40–70
Відносна вологість повітря на рівні дихальних шляхів поросят см, %	68,9 ± 1,73***	66,1 ± 1,32	40–70
Відносна вологість повітря під брудером поросят на рівні 20 см, %	60,3 ± 1,31	58,6 ± 1,03	40–70

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

Температура лігва поросят у приміщенні з випарними панелями становила 30,6 °С, що на 0,8 °С вище порівняно з приміщенням, де використовувалося розпилення води (туманізація) –29,8 °С ($p < 0,05$), але залишалася в межах оптимальних значень за ВНТП (28–35 °С).

Водночас лігво свиноматки у дослідній групі мало температуру, більш близьку до зони термокомфорту – 22,6 °С, що на 2,7 °С (10,7 %) нижче, ніж у контролі (25,3 °С, $p < 0,001$), і відповідає рекомендаціям щодо комфортного утримання дорослих тварин.

Таким чином, використання випарних панелей рад cooling забезпечує підтримку оптимальних температурних режимів у всіх ключових зонах приміщення – на рівні свиноматок, поросят та під брудером, що сприяє покращенню мікроклімату та створює комфортні умови відповідно до нормативних вимог ВНТП-АПК-02.05.

Аналіз відносної вологості повітря у приміщеннях для свиноматок показав, що використання за розпилення дрібнодисперсних частинок води в приміщенні суттєво підвищується вологість повітря, що в свою чергу спричиняє більш інтенсивну вентиляцію приміщення для її стабілізації. Водночас використання випарних панелей рад cooling з метою зниження температури сприяє підтриманню оптимальної вологості у всіх ключових зонах приміщення.

Так, на рівні дихальних шляхів свиноматки відносна вологість у дослідній групі становила 65,9 %, що на 2,8 % нижче, ніж у контрольній групі (68,7 %), але залишалася у межах нормативів ВНТП-АПК-02.05 (40–70 %). На рівні дихальних шляхів поросят відбулося зниження вологості з 68,9 % у контролі до 66,1 % у дослідній групі, що становить 2,8 % різниці ($P < 0,001$).

Під брудером для поросят на висоті 20 см завдяки постійно діючому килимку підігріву, та періодичній дії інфрачервоного випромінювання від лампи брудеру відносна вологість знизилася з 60,3 % у контролі до 58,6 % у дослідній групі, що становить 1,7 % різниці і також залишаючись у межах оптимального діапазону (40–70 %).

Система охолодження повітря спричиняє різну інтенсивність вентиляції так як, остання підлягає регулюванню датчиками вологості. Тому аналіз швидкості руху повітря у приміщеннях для свиноматок показав суттєву різницю між контрольним приміщенням з системою випаровування високого тиску (туманізація) та дослідним приміщенням із випарними панелями рад cooling. Так на рівні дихальних шляхів свиноматки швидкість руху повітря у дослідному приміщенні становила 0,28 м/с, що на 0,13 м/с або 31,7 % ($P < 0,001$) менше, ніж у контрольній групі (0,41 м/с). Це зменшення потоку повітря сприяє більш рівномірному розподілу повітряного потоку в станку та знижує ризик виникнення локальних протягів, водночас поєднання з більш низькою температурою в зоні життєдіяльності свиноматок підвищує їх комфорт у спекотний період.

На рівні життєдіяльності поросят за рахунок супротиву суцільних перегородок станка швидкість руху повітря знизилася з 0,31 м/с у контрольному приміщенні до 0,17 м/с у дослідному, що становить 0,14 м/с (45,2 %) різниці ($P < 0,001$). За рахунок обмеження простору під брудером його кришкою та стінками станка на висоті 20 см швидкість руху повітря ще більше зменшилася з 0,17 м/с до 0,13 (0,04 м/с або 23,5 %, $P < 0,001$).

Отже, використання випарних панелей рад cooling забезпечує помірну швидкість повітря у всіх ключових зонах приміщення, що зменшує тепловий стрес у свиноматок і поросят, підвищує їхній терморегуляційний комфорт і створює оптимальні умови мікроклімату у спекотну частину року.

Таким чином, використання випарних панелей рад cooling забезпечує зниження температури та помірну вентиляцію у приміщенні, зберігаючи оптимальні рівні вологості. Це покращує терморегуляцію свиноматок та поросят, сприяє зменшенню теплового стресу і потенційно підвищує продуктивність тварин у спекотну частину року.

Встановлено, що використання різних систем терморегуляції у свинарниках по-різному впливало на фізіологічний стан свиноматок у період лактації (табл. 2). У контрольному приміщенні де застосовувалося туманне охолодження, тепловологісний індекс (ТНІ) становив 72,79 бала, що перевищує показник у дослідному приміщенні з випарними панелями (69,59 бала) на 3,2 одиниці або 4,4 %. Це свідчить про те, що випарні панелі ефективніше знижують сумарне теплове та вологісне навантаження, створюючи більш комфортні умови для утримання тварин.

Температура шкіри свиноматок у групі з туманним охолодженням становила 36,9 °С, тоді як у групі з випарними панелями – 37,1 °С. Незважаючи на підвищення на 0,2 °С (0,54 %), цей показник відображає посилений периферичний теплообмін у тварин при ефективнішій роботі системи охолодження. Це можна пояснити тим, що за нижчого тепловологісного індексу організм тварин активніше використовує шкіру як додатковий механізм віддачі тепла.

Таблиця 2

Показники фізіологічного стану свиноматок за різної системи терморегуляції в приміщенні, $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Тепловологісний індекс, балів	72,79	69,59
Температура шкіри свиноматки, °С	36,9 ± 0,16	37,1 ± 0,06
Частота дихання, разів	46,1 ± 2,16	42,1 ± 2,11
Втрата маси тіла свиноматки під час лактації, кг	6,3 ± 1,32	5,2 ± 1,17
Втрата маси свиноматки під час лактації, %	2,41	2,01

Частота дихання є одним із найчутливіших показників теплового стресу. У групі з туманним охолодженням свиноматки здійснювали в середньому 46,1 дихальних рухів за хвилину, тоді як за використання випарних панелей – 42,1. Зменшення на 4 вдихи/хв, або 8,7 %, свідчить про зниження теплового навантаження та зменшення потреби у компенсаторному охолодженні через дихальну систему.

Втрата живої маси під час лактації також виявилася меншою у свиноматок, утримуваних у приміщенні з випарними панелями. Втрата становила 5,2 кг проти 6,3 кг у контрольній групі, що менше на 1,1 кг або 17,5 %. У відсотковому вираженні різниця також була істотною: 2,01 % проти 2,41 % (зменшення на 0,40 пункти, або 16,6 %). Це свідчить про економніший енергетичний обмін, кращий апетит та збереження резервів організму у дослідних тварин.

Узагальнюючи отримані результати, можна стверджувати, що застосування випарних панелей забезпе-

чує більш ефективне зниження теплового стресу у свиноматок, ніж туманне охолодження. Це проявляється у зниженні тепловологісного індексу та частоти дихання, оптимізації теплообміну через шкіру та зменшенні втрат живої маси під час лактації, що має важливе значення для продуктивності та відтворної здатності тварин.

Вивчення витрат кормів свиноматками та їхнім приплодом (табл. 3) показало, що системи охолодження по-різному впливали на споживання поживних речовин. У контрольній групі де використовувалося туманне охолодження, загальне споживання корму свиноматкою за період лактації становило 210,37 кг тоді як у дослідній у дослідній де застосовувались випарні панелі 208,79 кг. Різниця склала – 1,58 кг (0,75 %), що свідчить що обидві системи охолодження забезпечували порівняно рівні умови для загальної споживаності кормів.

Таблиця 3

Витрати кормів підсисними свиноматками і поросятами за використання різних систем зниження температури

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Спожито кому на одну свиноматку за період лактації, кг	210,37	208,79
Середньодобове споживання корму свиноматкою, кг	7,54	7,62
Кількість корму спожитого свиноматкою в розрахунку на 1 відлучене порося, кг	15,17	14,86
Кількість спожитого корму на 1 кг приросту поросят, кг	3,06	2,91
Кількість спожитого корму на виділений 1 л молока, кг	22,06	21,16
Спожито престаартерних кормів на одне порося, кг	1,14	1,03
Спожито престаартерних кормів на гніздо поросят, кг	15,81	14,47

Середньодобове споживання корму свиноматкою було дещо вищим у групі з випарними панелями – 7,62 кг проти 7,54 кг. Різниця +0,08 кг (1,06 %) свідчила про кращу інтенсивність споживання корму в умовах ефективнішого мікроклімату.

Кількість корму на 1 відлучене порося у контрольній групі становила 15,17 кг, тоді як у дослідній – 14,86 кг. Зменшення на 0,31 кг (2,04 %) вказує на ефективніше використання корму за умов випарного охолодження.

Витрати корму на 1 кг приросту поросят у групі з туманним охолодженням були 3,06 кг, тоді як за використання випарних панелей – 2,91 кг. Зменшення на 0,15 кг (4,90 %) свідчить про кращу конверсію корму за більш оптимального тепловологісного режиму.

Кількість корму на 1 л продукovanого молока також була нижчою у дослідній групі – 21,16 кг проти 22,06 кг у контрольній. Різниця – 0,90 кг (4,08 %) підтверджує більш раціональне використання поживних речовин на молокопродукцію.

Споживання престаартерних кормів на одне порося становило 1,14 кг у контрольній групі та 1,03 кг у дослідній, тобто на 0,11 кг менше (9,65 %). В розрахунку на гніздо поросят ця різниця була ще більш вираженою: 15,81 кг проти 14,47 кг, що менше на 1,34 кг (8,48 %). Це може бути наслідком більшої кількості молока у свиноматок при випарному охолодженні, що зменшило потребу поросят у додатковому підживленні.

Узагальнюючи результати, можна стверджувати, що застосування випарних панелей, порівняно з туманним охолодженням, сприяє більш економному використанню кормів. Це проявляється у зменшенні витрат кормів на відлучене порося, на 1 кг приросту, на 1 л молока, а також у скороченні споживання престаартерних кормів поросятами. Такі результати свідчать про підвищення ефективності годівлі та оптимізацію енергетичного обміну тварин за використання випарного охолодження у приміщенні для утримання лактуючих свиноматок з поросятами.

Таблиця 4

Продуктування свиноматкою молока під час лактації за використання різних систем зниження температури

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Середньодобове виділення молока, кг	13,67	14,41
Виділення молока за лактацію, кг	381,41	394,76
Виділено молока на 1 відлучене порося, кг	27,50	28,10
Виділено молока на 1 кг приросту поросят, кг	5,55	5,50

Використання різних систем охолодження мало суттєвий вплив на молочну продуктивність свиноматок у період лактації (табл. 4). У контрольній групі де застосовувалося розпилення дрібних частинок води під високим тиском, середньодобове виділення молока у свиноматок становило 13,67 кг, тоді як у дослідній де для охолодження повітря застосовувались випарні панелі – 14,41 кг. Різниця склала +0,74 кг (5,41 %), що свідчить про кращу фізіологічну стабільність та вищу функціональну активність молочних залоз у тварин за умов ефективного охолодження.

Загальне виділення молока за період лактації у свиноматок, які утримувались у приміщенні із туманним охолодженням становило 381,41 кг, тоді як у дослідній групі де використовувались випарні панелі – 394,76 кг. Збільшення на 13,35 кг (+3,50 %) підтверджує позитивний вплив випарних панелей на тривалу секрецію молока.

Кількість молока, виділеного на 1 відлучене поросля, у контрольній групі становила 27,50 кг, у дослідній – 28,10 кг. Різниця +0,60 кг (2,18 %) хоч і не є значною відображає тенденцію до підвищення молочної продуктивності на кожне поросля.

Виділення молока на 1 кг приросту порослят було практично однаковим у двох групах: 5,55 кг у контрольній та 5,50 кг у дослідній. Зменшення на 0,05 кг (0,90 %) вказує на відносно стабільне співвідношення “молоко–приріст” незалежно від системи охолодження.

Узагальнюючи отримані результати, можна стверджувати, що застосування випарних панелей у порівнянні з застосуванням розпилення дрібних частинок води під високим тиском забезпечує підвищення середньодобового та сумарного виділення молока під час лактації, а також сприяє більшій продуктивності свиноматок. Це створює кращі умови для розвитку та росту приплоду, хоча окремі показники (молоко на 1 поросля та на 1 кг приросту) залишалися на рівні тенденцій.

Аналіз продуктивності свиноматок у період лактації показав, що використання різних систем охолодження мало неоднаковий вплив на відтворні та господарсько-корисні показники (табл. 5). Враховуючи що середній репродуктивний цикл свиноматок у обох групах був практично однаковим і становив відповідно 3,6 та 3,7 опоросів це суттєво не вплинуло на результативність досліджень, а відмінності були спричинені використанням різних систем охолодження приміщень.

Таблиця 5

Продуктивність свиноматок під час лактації за використання різних систем зниження температури, $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Середній репродуктивний цикл, опоросів	3,6 ± 0,21	3,7 ± 0,13
Всього народжених порослят, гол.	16,35 ± 0,297	16,32 ± 0,205
В тому числі мертвонароджених, гол.	1,09 ± 0,013	1,11 ± 0,031
Частка мертвонароджених порослят, %	6,7	6,8
Багатоплідність, гол.	15,26 ± 0,249	15,21 ± 0,224
Маса гнізда порослят при народженні, кг	20,6 ± 0,403	20,7 ± 0,326
Великоплідність, кг	1,35 ± 0,042	1,36 ± 0,024
Кількість порослят на свиноматку при відлученні, гол.	13,87 ± 0,197	14,05 ± 0,132
Збереженість порослят в підсисний період, %	90,89 ± 1,071	92,37 ± 0,971
Маса 1 голови при відлученні, кг	6,44 ± 0,093	6,58 ± 0,107
Маса гнізда порослят при відлученні, кг	89,3 ± 1,34**	92,4 ± 1,59

Так у контрольній групі де застосовувалося розпилення дрібних частинок води під високим тиском, загальна кількість народжених порослят, число мертвонароджених порослят, багатоплідність та великоплідність свиноматок, маса гнізда порослят при народженні істотно не відрізнялася у контрольній та у дослідній групі що свідчить про відсутність істотного впливу систем охолодження на показники плодючості та масу приплоду при народженні.

Разом із тим, більш виражені тенденції спостерігалися під час вирощування порослят. Так збереженість порослят у підсисний період мала тенденцію до істотного підвищення у свиноматок, які утримувались в свинарниках із випарними панелями – 92,37 % проти 90,89 % у приміщенні з охолодженням за допомогою туманізації повітря. Це спричинило тенденцію до збільшення кількості відлучених порослят у цій групі яка становила 14,05 гол. проти 13,87 гол. у контрольній групі, що свідчить про тенденцію до зростання на 1,3 %. Аналогічна тенденція простежувалася й за

живою масою одного поросляти при відлученні де середня маса становила 6,44 кг у контрольній групі та 6,58 кг у дослідній (різниця +2,17 %). Тоді як найбільш суттєвою виявилася різниця у масі гнізда порослят при відлученні: 89,3 кг у контрольній групі проти 92,4 кг у дослідній, що вірогідно перевищувало контроль на 3,1 кг або 3,47 % (P < 0,01).

Отже, застосування випарних панелей не мало суттєвого впливу на показники відтворення та масу приплоду при народженні, проте забезпечувало кращу збереженість порослят, більшу їх середню масу та масу гнізда при відлученні. Це свідчить про переваги випарного охолодження над туманним у період лактації, що забезпечує оптимальні умови для росту та розвитку молодняку.

Аналіз інтенсивності росту підсисних порослят та рівня комплексних індексів показав, що різні системи охолодження створювали певні відмінності у розвитку молодняку (табл. 6).

Таблиця 6

Інтенсивність росту підсисних поросят та рівень комплексних індексів під час лактації за використання різних систем зниження температури, $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Тривалість лактації, діб	27,9 ± 0,121	27,4 ± 0,136
Абсолютний приріст гнізда поросят, кг	68,7 ± 1,24	71,8 ± 1,52
Абсолютний приріст одного поросяти, кг	5,09 ± 0,092	5,22 ± 0,107
Середньодобовий приріст гнізда поросят кг	2,46 ± 0,034	2,62 ± 0,043*
Середньодобовий приріст однієї голови, г	182,4 ± 4,71	190,5 ± 4,03*
Відносний приріст одного поросяти, %	135,2 ± 1,56	135,8 ± 1,32
ІВЯ, балів	49,4	50,0
СІВЯС, балів	121,5	122,8
SZFTV, балів	195,31	197,52

Враховуючи, що тривалість лактації у свиноматок контрольної групи (туманне охолодження) становила 27,9 доби, а у дослідній (випарні панелі) – 27,4 різниці у 0,5 доби не мала суттєвого впливу на ріст поросят за цей час і різниця в продуктивності обумовлена застосуванням різних систем охолодження. Так абсолютний приріст гнізда поросят виявився вищим у дослідній групі (71,8 кг проти 68,7 кг у контролі), що відповідало зростанню на 3,1 кг або 4,51 %, проте статистичної достовірності різниці не мала ($P > 0,05$). У перерахунку на одну голову абсолютний приріст становив 5,09 кг у контрольній групі та 5,22 кг у дослідній, що свідчить про незначне зниження індивідуальних показників (2, 6 %; $P > 0,05$).

Разом із тим, більш виражені відмінності простежувалися за середньодобовими приростами. Середньодобовий приріст гнізда у дослідній групі був достовірно вищим і становив 2,62 кг проти 2,46 кг у контрольній, що перевищувало контроль на 0,16 кг або 6,50 % ($P < 0,05$). Тоді як середньодобовий приріст одного поросяти збільшився на 8,1 г або на 4,4 % та становив у дослідній групі 190,5 г відповідно ($P < 0,05$). Водночас відносний приріст одного поросяти не мав суттєвої розбіжності між групами з різною системою підтримання мікроклімату і становив у контрольній групі 135,2 % проти 135,8 % у дослідній.

Комплексні індекси розвитку демонстрували незначні переваги дослідної групи. Так, індекс відтворювальної якості (ІВЯ) становив 49,4 бала у контрольній групі та 50,0 бала у дослідній, середній селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматок (СІВЯС) – 121,5 та 122,8 бала відповідно, а інтегральний показник SZFTV – 195,31 та 197,52 бала. Різниця свідчила про загальну тенденцію до підвищення ефективності отримання та вирощування поросят за використання випарних панелей.

Отже, застосування випарного охолодження сприяло зростанню середньодобових абсолютних приростів гнізда та комплексних індексів відтворних якостей проте не впливало достовірно на індивідуальні середньодобові прирости та навіть дещо знижувало відносний приріст молодняку. Це дозволяє зробити висновок, що позитивний ефект випарних панелей проявляється насамперед на рівні гнізда, забезпечуючи вищу загальну продуктивність потомства у підсисний період.

Обговорення

Результати нашого дослідження узгоджуються з попередніми роботами, які вказують на ефективність систем туманоутворення у зниженні температури приміщень для свиноматок. За даними [Justino et al. \(2014; 2015\)](#), поєднання високотискового розпилення з вентиляцією негативного тиску дозволяє знизити температуру на 2,0–2,1 °С, тоді як [Morales et al. \(2013\)](#) та [Botto et al. \(2014\)](#) повідомляють про ефект охолодження до 2–3 °С. У дослідженні Михайлова В. ([Mykhailov, 2021](#)) вказується, що за правильної організації вентиляції зниження температури може сягати навіть 8,3 °С. Наші дані підтверджують ефективність туманізації, проте показують, що за умов підвищеної вологості вона поступається за результативністю випарним панелям “Jet Cool”.

Підвищення вологості є типовим наслідком використання систем дрібнодисперсного розпилення води: від 0,9 % ([Morales et al., 2013](#)) до 19 % ([Botto et al., 2014](#)). Це не становить проблеми у посушливих регіонах, однак у вологих зонах надлишкова вологість може погіршувати тепловіддачу через дихальні шляхи, що підвищує ризик теплового стресу ([Noblet et al., 2003; Pandorfi et al., 2008](#)). Наші результати підтверджують цю тенденцію: у приміщеннях з туманізацією вологість була вищою на 2,8 %, тоді як за застосування Jet Cool залишалась у межах комфорту.

Щодо фізіологічних реакцій тварин, наші дані корелюють із роботами [Justino et al. \(2014; 2015\)](#) та [Lucy & Safranski \(2017\)](#), які показали зниження ректальної та поверхневої температури, а також частоти дихання свиней під впливом охолодження. У нашому дослідженні застосування випарних панелей зменшувало частоту дихання на 8,7 %, що свідчить про менший рівень теплового стресу у порівнянні з туманізацією приміщення. Водночас спостерігалось зменшення втрат маси тіла у свиноматок та підвищення споживання корму, що узгоджується з даними [Romanini et al. \(2008\)](#) та [Cabezón et al. \(2017\)](#), які довели позитивний вплив охолодження на споживання корму й відтворювальні показники.

Особливу увагу заслуговує ефективність систем pad cooling. За літературними даними, вони здатні знижувати температуру повітря на 5–10 °С ([Renaudeau et al., 2012; Pertagnol et al., 2013; Lucy &](#)

Safranski, 2017). Михайлов В. (Mykhailov, 2024) повідомляє про зниження до 15 °C у літній період, що значно перевищує показники туманізації. Наші результати також підтверджують переваги випарних панелей: зниження тепловологісного індексу, покращення молочності свиноматок, підвищення збереженості та середньодобових приростів поросят. Це узгоджується з висновками Dutertre et al. (1998) та Sartor et al. (2003), які відзначають стабільність параметрів мікроклімату при використанні pad cooling.

У практичному вимірі це означає, що випарні панелі забезпечують кращий баланс між охолодженням і контролем вологості порівняно з туманізацією. На відміну від механічної вентиляції, яка не має суттєвого охолоджувального ефекту (Hahn, 1999); Stinn & Xin (2014), pad cooling поєднує ефективне охолодження з ощадливим використанням води, що робить його економічно й технологічно доцільним рішенням для сучасних свинокомплексів (Mader et al., 2006; Mykhailov, 2024).

Таким чином, наші результати підтверджують високу ефективність випарних панелей Jet Cool у забезпеченні комфортного мікроклімату та підвищенні продуктивності тварин. Порівняно з системами туманізації, вони демонструють кращу адаптивність до умов високої вологості та забезпечують більш виражений комплексний позитивний ефект на фізіологічний стан і продуктивність свиней.

Висновки

Використання випарних панелей pad cooling у свинарниках забезпечує оптимальні температурні та вологісні умови у всіх ключових зонах, помірну швидкість руху повітря, зменшує тепловий стрес у свиноматок і поросят та сприяє підвищенню їхнього терморегуляційного комфорту й потенційної продуктивності у спекотну частину року.

Використання випарних панелей забезпечує комплексне покращення фізіологічного стану свиноматок, продуктивності молока та росту підсисного молодняку. Тварини дослідної групи мали нижчий тепловологісний індекс, зменшену частоту дихання та менші втрати маси під час лактації, що свідчить про зниження теплового стресу.

Використання випарного охолодження дозволило економічніше витратити корм, зменшивши його витрати на одиницю приросту поросят та на молоко, а також покращило продуктивність приплоду: підвищилася маса гнізда та середня маса поросят при відлученні, й збереженість молодняку.

Середньодобові та абсолютні прирости поросят та їх гнізда, а також комплексні індекси відтворювальних якостей свиноматок демонстрували тенденцію до покращення.

Отже, випарні панелі створюють оптимальні умови для утримання свиноматок і росту молодняку, підвищуючи ефективність та економічну продуктивність виробництва.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

- Barbari, M., Conti, L., Monti, M., & Rossi, G. (2007). Effects of different ventilation systems on pig welfare. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 86(1), 85–93. DOI: 10.1016/j.jaer.2007.02.005.
- Bashchenko, M. I., Boiko, O. V., Lesyk, Y. V., Honchar, O. F., Havrysh, O. M., Gutyj, B. V., Hoivanovych, N. K., Krechkivska, H. V. (2024). Changes in the blood parameters of rabbits consuming a complex of citrates of zinc, selenium, and germanium under the conditions of heat stress. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 15(4), 702–708. DOI: 10.15421/0224101.
- 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. DOI: 10.1146/annurev-animal-031412-103644.
- Big Dutchman (2024). Equipment for creating a microclimate in pig farming (99-94-0385).
- Bjerg, B., Brandt, P., Sørensen, K., Pedersen, P., & Zhang, G. (2019). Review of methods to mitigate heat stress among sows. 2019 Boston, Massachusetts July 7- July 10, 2019. American Society of Agricultural and Biological Engineers. DOI: 10.13031/aim.201900741.
- Botto, L., Hanus, A., Chmelíková, G., & Polák, P. (2014). The effect of evaporative cooling on climatic parameters in a stable for sows. *Research in Agricultural Engineering*, 60(S1), S85–S91. DOI: 10.17221/40/2013-RAE.
- Bragança, M. M., Mullan, B. P., & Pluske, J. R. (1998). Does feed restriction mimic the effects of increased ambient temperature in lactating sows? *Journal of Animal Science*, 76(8), 2017–2024. DOI: 10.2527/1998.7682017x.
- Brown-Brandl, T. M., Hayes, M. D., Xin, H., Nienaber, J. A., & Li, H. (2014). Heat and moisture production of modern swine. *ASHRAW Trans*, 120, 469–489.
- Cabezón, F. A., Schinckel, A. P., Marchant-Forde, J. N., Johnson, J. S., & Stwalley, R. M. (2017). Effect of floor cooling on late lactation sows under acute heat stress. *Livestock Science*, 206, 113–120. DOI: 10.1016/j.livsci.2017.10.017.
- Cecil, M. R., Neeno, S. M., Byrd, M., Field, T. C. C., Marchant, J. N., Schinckel, A. P., Richert, B. T., Ni, J.-Q., III, R. M. M. S., & Johnson, J. S. (2024). 96 Evaluating the impact of macroenvironment temperature on thermoregulatory and milk quality parameters in lactating sows and their litter. *Journal of Animal Science*, 102(Supplement_2), 31–32. DOI: 10.1093/jas/skae102.038.
- Cecil, M., Neeno, S., Byrd, M., Field, T. C., Marchant, J., Ni, J.-Q., Richert, B. T., Schinckel, A. P., Stwalley, R. M., & Johnson, J. S. (2023). PSX-18 Determining the Optimal Macroenvironment Temperature to Improve Lactating Sow and Piglet Productivity. *Journal of Animal Science*, 101(Supplement_3), 512–513. DOI: 10.1093/jas/skad281.605.

- Chen, S., Yong, Y., & Ju, X. (2021). Effect of heat stress on growth and production performance of livestock and poultry: Mechanism to prevention. *Journal of thermal biology*, 99, 103019. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2021.103019.
- Cross, A. J., Keel, B. N., Brown-Brandl, T. M., Rohrer, G. A., & Cassady, J. P. (2018). Genome-wide association of changes in swine feeding behaviour due to heat stress. *Genetics Selection Evolution*, 50(1), 1–12. DOI: 10.1186/s12711-018-0382-1.
- Deschenko, O., & Lykhach, A. (2024). Behavioural patterns of boars by breed depending on age, season, and type of ventilation. *Animal Science and Food Technology*, 15(2), 72–92. DOI: 10.31548/animal.2.2024.72.
- Dutertre, G., Michel, J., & Tournadre, H. (1998). Evaporative cooling systems for livestock buildings: efficiency and management. *Journal of Agricultural Engineering*, 45(3), 125–134.
- FASS (2020) Federation of Animal Science Societies (FASS). 2020. Guide for the care and use of agricultural animals in research and teaching. 4th ed. Champaign, IL: Fed. Anim. Sci. Soc. Chap. 9.
- Ferreira, A. S., Costa, P. M. A., Pereira, J. A. A., et al. (1988). Estimativas de Produção de Leite de Porca. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 17, 203–211.
- Fragomeni, B. O., Lourenco, D. A. L., Tsuruta, S., Andonov, S., Gray, K., Huang, Y., & Misztal, I. (2016). Modeling response to heat stress in pigs from nucleus and commercial farms in different locations in the United States. *Journal of Animal Science*, 94(11), 4789–4798. DOI: 10.2527/jas.2016-0536.
- 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 : an open access journal from MDPI*, 10(9), 1459. DOI: 10.3390/ani10091459.
- Guo, H., He, J., Yang, X., Zheng, W., & Yao, W. (2020). Responses of intestinal morphology and function in offspring to heat stress in primiparous sows during late gestation. *Journal of thermal biology*, 89, 102539. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2020.102539.
- Hahn, G. L. (1999). Environmental management for animals under heat stress. In Y. R. Chen (Ed.), *Livestock Environment VIII* (pp. 17–28). St. Joseph: ASAE.
- He, J., Zheng, W., Lu, M., Yang, X., Xue, Y., & Yao, W. (2019). A controlled heat stress during late gestation affects thermoregulation, productive performance, and metabolite profiles of primiparous sow. *Journal of thermal biology*, 81, 33–40. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2019.01.011.
- Hilbrands, A. M., Brown-Brandl, T. M., Rohrer, G. A., & Stinn, J. P. (2017). Research room design using artificial heat sources to implement heat stress studies of pigs. *Applied Engineering in Agriculture*, 33(6), 881–889. DOI: 10.13031/aea.12398.
- Hopka, M. (2024). Svitovyi rynek svynyny: khto vtrachaie, a khto znakhodyt [Elektronnyi resurs]. URL: <https://agrotimes.ua/opinion/svitoviy-rynok-svynyny-hto-vtrachaye-a-hto-znakhodyt> (in Ukrainian).
- Johnson, J. S. (2018). Heat stress: impact on livestock well-being and productivity and mitigation strategies to alleviate the negative effects. *Animal Production Science*, 58(8), 1404. DOI: 10.1071/an17725.
- Johnson, J. S., & Baumgard, L. H. (2018). Physiology symposium: Postnatal consequences of in utero heat stress in pigs. *Journal of Animal Science*, 97(2), 962–971. DOI: 10.1093/jas/sky472.
- Johnson, J. S., & Stewart, K. R. (2025). Heat stress matters: insights from United States swine producers. *Translational animal science*, 9, txaf001. DOI: 10.1093/tas/txaf001.
- Johnson, J. S., Jansen, T. L., Galvin, M., Field, T. C., Graham, J. R., Stwalley, R. M., & Schinckel, A. P. (2022). Electronically controlled cooling pads can improve litter growth performance and indirect measures of milk production in heat-stressed lactating sows. *Journal of animal science*, 100(2), skab371. DOI: 10.1093/jas/skab371.
- Johnson, J. S., Stewart, K. R., Safranski, T. J., Ross, J. W., & Baumgard, L. H. (2020). In utero heat stress alters postnatal phenotypes in swine. *Theriogenology*, 154, 110–119. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.013.
- 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), 1638–1644. DOI: 10.2527/1999.7771638x.
- Justino, E., Pandorfi, H., Almeida, G. L. P., Barbosa Filho, J. A. D., & Guiselini, C. (2014). The impact of evaporative cooling on the thermoregulation and sensible heat loss of sows during farrowing. *Engenharia Agrícola*, 34(6), 1050–1061. DOI: 10.1590/S0100-69162014000600003.
- Justino, E., Pandorfi, H., Almeida, G. L. P., Guiselini, C., & Barbosa Filho, J. A. D. (2015). Effect of evaporative cooling and electrolyte balance on lactating sows in tropical summer conditions. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67(2), 455–464. DOI: 10.1590/1678-6478.
- Kramarenko, S. S., Luhovyi, S. I., Lykhach, A. V., & Kramarenko, O. S. (2019). Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta selektsii tvaryn : navchalnyi posibnyk. Mykolaiv: MNAU (in Ukrainian).
- Ladyka, V. I., Khmelnychyi, L. M., Povod, M. H. (2023). Tekhnolohiia vyrobnytstva ta pererobky produktiv tva-rynnystva: Pidruchnyk dlia studentiv mahistratury. Odesa: Oldi+ (in Ukrainian).
- Leskiv, K. Y., Guttyj, B. V., Khalak, V. I., Bordun, O. M., Todoriuk, V. B., Khymynets, P. S., Vus, U. M., Binkevych, V. Y., & Solomon, A. M. (2023). The effect of methionin, phenaron, and metiphen in different doses on the activity of the enzymatic link of the antioxidant protection of the piglets' bodies. *Agrology*, 6(3), 67–70. DOI: 10.32819/021111.
- Llonch, P., Guevara, R. D., & Camerlink, I. (2024). Effects of climate change on pig welfare. *Advances in Pig Welfare*, 557–576. Elsevier. DOI: 10.1016/b978-0-323-85676-8.00024-9.
- Lucy, M. C., & Safranski, T. J. (2017). Heat stress in pregnant sows: Thermal responses and subsequent

- performance of sows and their offspring. *Molecular Reproduction and Development*, 84(9), 1–11. DOI: 10.1002/mrd.22844.
- Lykhach V. Ya., Lykhach A. V., Faustov R. V., Kucher O. A. (2021). Suchasnyi stan ta tendentsii rozvytku vitchyzniano-ho svynarstva. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriiia «Tvarynnytstvo»*, 1(44), 69–79. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/10090/1/СУЧАСНИЙ%20СТАН%20ТА%20ТЕНДЕНЦІЇ%20РОЗВИТКУ%20ВИТЧИЗНЯНОГО%20СВИНАРСТВА%2002.09.2021.pdf> (in Ukrainian).
- Mader, T. L., Davis, M. S., & Brown-Brandl, T. (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 84(3), 712–719. DOI: 10.2527/2006.843712x.
- Malmkvist, J., Pedersen, L. J., Kammersgaard, T., & Jørgensen, E. (2012). Influence of thermal environment on sows around farrowing and during the lactation period. *Journal of Animal Science*, 90(9), 3186–3199. DOI: 10.2527/jas.2011-4342.
- Mayorga, E. J., Renaudeau, D., Ramirez, B. C., Ross, J. W., & Baumgard, L. H. (2018). Heat stress adaptations in pigs. *Animal frontiers : the review magazine of animal agriculture*, 9(1), 54–61. DOI: 10.1093/af/vfy035.
- Mayorga, E. J., Ross, J. W., Keating, A. F., Rhoads, R. P., & Baumgard, L. H. (2020). Biology of heat stress; the nexus between intestinal hyperpermeability and swine reproduction. *Theriogenology*, 154, 73–83. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.023.
- McConn, B. R., Schinckel, A. P., Robbins, L., Gaskill, B. N., Green-Miller, A. R., Lay, D. C., Jr, & Johnson, J. S. (2022). A behavior and physiology-based decision support tool to predict thermal comfort and stress in non-pregnant, mid-gestation, and late-gestation sows. *Journal of animal science and biotechnology*, 13(1), 135. DOI: 10.1186/s40104-022-00789-x.
- Morales, O. E. S., de Oliveira, R. F. M., Donzele, J. L., Saraiva, A., & Oliveira, W. P. (2013). Effect of different systems for the control of environmental temperature on the performance of sows and their litters. *Acta Scientiae Veterinariae*, 41(1), 1–7. URL: <https://www.redalyc.org/pdf/2890/289031817016.pdf>.
- Mykhailov, V. V. (2021). Systemy tumanoutvorennya u svynokompleksakh. *Hotuiemo sany vlitku... Ventyliatsiia. Hazeta «Svynokompleksy»*. URL: <https://vvmikhailov.com/tpost/jnflu6kbi1-sistemi-tumanoobrazovaniya-v-svynokomple> (in Ukrainian).
- Mykhailov, V. V. (2024). Systema ventyliatsii «Ekzatom» v svynarskykh hospodarstvakh – okholodzhennia. *Daidzhest «Hazeta»*. URL: <https://vvmikhailov.com/tpost/kcmi6ccfp1-sistema-ventilyats-ekzatom-v-svynarskih> (in Ukrainian).
- Mykhailov, V. V., Lykhach, V. Ya., Lenkov, L. H., Sadovyi, A. A., & Faustov, R. V. (2024). Yevropeiske svynarst-vo u tsyfrakh: analiz stanu ta tendentsii. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 135(2), 167–175. <https://vvmikhailov.com/tpost/9zgszab1g1-vropeiske-svynarstvo-u-tsifrah-analz-sta> (in Ukrainian).
- Mykhalko, O. H. (2021). Current state and ways of pig production in the world and Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock*, 3(46), 61–77. DOI: 10.32845/bsnau.lvst.2021.3.9.
- Mykhalko, O. H., Povod, M. H., Verbelchuk, T. V., Verbelchuk, S. P., Shcherbyna, O. V., Myronenko, O. I., & Ulianko, S. O. (2022). Produktyvniat svynomatok ta rist porosiat za vykorystannia riznykh system pidtry-mannia mikroklimatu v prymishchenni. *Zbirnyk naukovykh prats «Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produk-tsii tvarynnytstva» (BNAU)*, 1, 65–74 (in Ukrainian).
- Mylostyvyi, R. V., Wrzecińska, M., Samardžija, M., Gutyj, B. V., Yefimov, V. H., Skliarov P. M., & Lieshchova, M. O. (2024). Impact of heat stress on blood serum cortisol level in dairy cows. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 12(4), 3–8. DOI: 10.32819/2024.12016.
- Mylostyvyi, R., Izhboldina, O., Midyk, S., Cherniy, N., Lieshchova, M., Skliarov, P., Gutyj, B., Kornienko, V., & Mylostyva, D. (2022). Clinical significance of measuring fatty acids in biological fluids of dairy cows (in blood and milk) with a focus on heat stress. *Multidisciplinary Reviews*, 5(2), 1–5. DOI: 10.31893/multirev.2022011.
- Noblet, J., Bontems, V., & Tran, G. (2003). Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. *INRAE Productions Animales*, 16(3), 197–210. DOI: 10.20870/productions-animales.2003.16.3.3660.
- NWSCR (1976). *Livestock hot weather stress. Regional operations manual letter C-31-76*. Kansas City, MO: National Weather Service Central Region
- Ogundare, W., Teeple, K., Fisher, E., Davis, C., Reis, L. G., Jannasch, A., Beckett, L. M., Schinckel, A., Minor, R., & Casey, T. (2024). Cooling lactating sows exposed to early summer heat wave alters circadian patterns of behavior and rhythms of respiration, rectal temperature, and saliva melatonin. *PLOS ONE*, 19(10), e0310787. DOI: 10.1371/journal.pone.0310787.
- Pandorfi, H., Almeida, G. L. P., Guiselini, C., & Almeida, G. A. (2008). Conforto térmico para matrizes suínas em fase de gestação, alojadas em baias individuais e coletivas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12(3), 326–332. DOI: 10.1590/S1415-43662008000300015.
- Parois, S. P., Cabezón, F. A., Schinckel, A. P., Johnson, J. S., Stwalley, R. M., & Marchant-Forde, J. N. (2018). Effect of Floor Cooling on Behavior and Heart Rate of Late Lactation Sows Under Acute Heat Stress. *Frontiers in veterinary science*, 5, 223. DOI: 10.3389/fvets.2018.00223.
- Pearce, S. C., Mani, V., Boddicker, R. L., Johnson, J. S., Weber, T. E., Ross, J. W., Baumgard, L. H., & Gabler, N. K. (2012). Heat stress reduces barrier function and alters intestinal metabolism in growing pigs. *Journal of animal science*, 90 Suppl 4, 257–259. DOI: 10.2527/jas.52339.
- Perin, J., Pandorfi, H., Almeida, G. L. P., Guiselini, C., & Barbosa Filho, J. A. D. (2016). Evaporative snout cooling system on the performance of lactating sows and their litters in a subtropical region. *Ciência Rural*, 46(2), 342–347. DOI: 10.1590/0103-8478cr20141693.
- Pertagnol, J., Gallmann, E., Pflanz, W., & Jungbluth, T. (2013). Efficiency of resources of different cooling

- systems for fattening pigs. *Agricultural Engineering*, 68(5), 353–358. DOI: 10.15150/lt.2013.251.
- Povod, M. H., Lykhach, A. V., Bondarska, O. M., Lykhach, V. Ya., Chentsov, M. M., Bevz, N. L., Hlukhenkyi, S. L., Yaroshchuk, D. A. (2023). Vitchyzniani ta svitovyi rynok svynyny: pidsumky 2022 roku ta prohnozy / Tavrii-skyi naukovyi visnyk: naukovyi zhurnal. Kherson: vydavnychiy dim “Helvetyka”, 130, 307–319 (in Ukrainian).
- Povod, M. H., Lykhach, V. Ya., Voloshynov, V. V., Koroban, M. P., Bondarska, O. M. (2022). Rozvytok hlobalno-ho svynarstva. Tavrii-skyi naukovyi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky / Khersonskiy derzhavnyi ahrarno-ekonomichnyi universytet. Kherson: Vydavnychiy dim «Helvetyka», 125, 171–175. DOI: 10.32851/2226-0099.2022.125.24 (in Ukrainian).
- Radnóczy, L., Novozánszky, G., Baltay, M., Csóka, L., Eicher, J., Fekete, B. (2017). Ertés teljesítményvizsgáló kódex, Budapest, 39. URL: http://www.mfsc.eu/modul_files/k_dex_8_2017.pdf.
- Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., Basilio, V. de, Gourdine, J. L., & Collier, R. J. (2012). Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*, 6(5), 707–728. DOI: 10.1017/S1751731111002448.
- Ribeiro, B. P. V. B., Bernardi, M. L., Wentz, I., Bortolozzo, F. P., & Barcellos, D. E. S. N. (2018). Heat negatively affects lactating swine: A meta-analysis. *Journal of Thermal Biology*, 74, 325–330. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2018.04.015.
- Romanini, C. E. B., Pandorfi, H., Almeida, G. L. P., Guiselini, C., & Almeida, G. A. (2008). Physiological and productive responses of environmental control on housed sows. *Scientia Agricola*, 65(4), 335–339. DOI: 10.1590/S0103-90162008000400002.
- Ross, J. W., Hale, B. J., Seibert, J. T., Romoser, M. R., Adur, M. K., & Keating, A. F. (2015). Physiological consequences of heat stress in pigs. *Animal Production Science*, 55(12), 1381–1390. DOI: 10.1071/AN15267.
- Sampaio, C. A. P., Nääs, I. A., & Moura, D. J. (2004). Evaluation of the thermal environment in growing and finishing swine housing using thermal comfort indexes under tropical conditions. *Ciência Rural*, 34(3), 785–790. DOI: 10.1590/S0103-84782004000300020.
- Sartor, R., Rehage, J., & Schwager, J. (2003). Influence of evaporative cooling on microclimate and animal performance in swine buildings. *Trans. of ASAE*, 46(6), 1781–1787.
- Seelenbinder, K. M., Brown-Brandl, T. M., Eigenberg, R. A., & Stinn, J. P. (2018). Effects of heat stress during porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection on metabolic responses in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 96(4), 1375–1387. DOI: 10.1093/jas/sky057.
- Smychok, T., Gutyj, B., Kozenko, O., Todoriuk, V., Martyschuk, T., Kushnir, V., Krempa, N., Vus, U., Rudenko, O., Vozna, O., & Senechyn, V. (2023). The influence of the feed additive “Metisevit” on the activity of the antioxidant defense system of piglets under conditions of nitrate-nitrite load. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 25(99), 176–181. DOI: 10.32718/nvlvet-a9929.
- 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), 79–82. DOI: 10.13031/2013.12734.
- Stinn, J. P., & Xin, H. (2014). Heat and moisture production rates of a modern U.S. swine breeding-gestation-farrowing facility. *ASHRAE Transactions*, 57(1), 1517–1528. DOI: 10.13031/trans.57.10711.
- St-Pierre, N. R., Cobanov, B., & Schnitkey, G. (2003). Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries. *Journal of Dairy Science*, 86, E52–E77. DOI: 10.3168/jds.s0022-0302(03)74040-5.
- Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12(2), 57–60. DOI: 10.1080/00431672.1959.9926960.
- Trouw Nutrition (2023). Improved efficiency by addressing heat stress in lactating sows: recent trial reveals promising results. URL: <https://www.trouwnutrition-scandinavia.com/en/news-and-events/news/improved-efficiency-by-addressing-heat-stress-in-lactating-sows-recent-trial-reveals-promising-results/>
- Tsereniuk, A. M., Khvatov, A. I., Stryzhak, T. A. (2010). Otsinka efektyvnosti pokaznykiv materynskoj produktivnosti svynei. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: Tva-rynnytstvo*, 3(42), 73–77. URL: <http://socrates.vsau.edu.ua/repository/getfile.php/6689.pdf> (in Ukrainian).
- Williams, A. M., Safranski, T. J., Spiers, D. E., Eichen, P. A., Coate, E. A., & Lucy, M. C. (2013). Effects of a controlled heat stress during late gestation, lactation, and after weaning on the thermoregulation, metabolism, and reproduction of primiparous sows. *Journal of Animal Science*, 91(6), 2700–2714. DOI: 10.2527/jas.2012-6055.
- Yurchenko, O. S., Bondarska, O. M., Lykhach, V. Ya., Kalitaiev, K. K., & Kovalenko, O. A. (2024). Stan vitchyznianoho svynarstva. *Problemy ta perspektyvy. Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*, (42), 55–63. DOI: 10.37406/2706-9052-2024-1.8 (in Ukrainian).