

Андрій Садовий,

здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії III року навчання,
кафедра технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна

ORCID ID: 0009-0001-2608-4033

e-mail: a.sadovyi@nubip.edu.ua

Вадим Лихач,

доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри технологій у тваринництві
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна

ORCID ID: 0000-0002-9150-6730

e-mail: vylykhach80@nubip.edu.ua

Світлана Усенко,

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
кафедри біології продуктивності тварин,
Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна

ORCID ID: 0000-0001-9263-5625

e-mail: svetlana.usenko@pdau.edu.ua

Олександр Михалко,

доктор філософії, доцент кафедри технології кормів та годівлі тварин,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID ID: 0000-0002-0736-2296

e-mail: snau.cz@ukr.net

Людмила Зламанюк,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
кафедри технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Київ, Україна

ORCID ID: 0000-0003-3323-4658

e-mail: zlamanyuk@nubip.edu.ua

Людмила Чепіль,

кандидат сільськогосподарських наук,

доцент кафедри технологій у тваринництві,

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

Київ, Україна

ORCID ID: 0000-0002-2889-5446

e-mail: chepil2017@ukr.net

ВПЛИВ СИТЕМИ ПРИМУСОВОГО ВИПАРНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ JET COOL НА ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ, ТЕПЛОВИЙ СТРЕС ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ СВИНОМАТОК І ПОРОСЯТ

Анотація

Метою дослідження було визначити вплив системи охолодження на основі випарних панелей (rad cooling) на мікроклімат у приміщеннях для свиноматок та підсисних поросят, їх фізіологічний стан і благополуччя. Було оцінено ефект системи на температуру, вологість, швидкість руху повітря, тепловий стрес, молочну продуктивність свиноматок, ріст та збереженість приплоду. Встановлено що використання системи охолодження на основі випарних панелей суттєво вплинуло на мікрокліматичні умови, фізіологічний стан свиноматок та продуктивність підсисного приплоду. У контрольному приміщенні температура повітря на рівні дихальних шляхів свиноматки становила 28,7 °C, що перевищувало нормативні показники (19–24 °C). У дослідному приміщенні з випарними панелями температура знизилася до 22,4 °C, тобто на 6,3 °C або 21,9 %, що повністю відповідало вимогам термокомфورتу. У зоні утримання поросят температура зменшилася на 2,3 °C (7,3 %), забезпечуючи оптимальні умови для росту молодняку. Швидкість руху повітря також була стабілізована: на рівні дихальних шляхів свиноматки вона знизилася на 0,08 м/с (22,2 %), на рівні поросят – на 0,09 м/с (34,6 %). Це дозволило уникнути протягів та надмірного охолодження тварин, особливо чутливих поросят. Вологість повітря підвищилася з 52,7–53,4 % у контролі до 65,9–66,1 % у досліді, наблизивши умови до оптимальних 40–70 %. Зниження тепловологісного індексу (ТНІ) з 77,16 до 69,59 бала (-9,8 %) позитивно позначилося на фізіологічному стані свиноматок: температура шкіри зменшилася на 0,3 °C, частота дихання знизилася на 26,3 рухів за хвилину (38,4 %), а втрати маси тіла під час лактації скоротилися на 23 кг або 81,6 % у натуральних одиницях (з 28,2 до 5,2 кг). Покращення апетиту та мікроклімату сприяло зростанню споживання корму на одну свиноматку в період лактації на 27,73 кг (15,3 %), середньодобове споживання корму підвищилося на 1,06 кг (16,2 %), тоді як потреба поросят у престартерних кормах зменшилася на 22 %. Молочна продуктивність свиноматок підвищилася: середньодобове виділення молока зросло на 11,4 %, загальне за лактацію – на 10,5 %, молоко на одне відлучене поросля збільшилося на 10,2 %, а витрати молока на 1 кг приросту поросят залишилися стабільними. Завдяки оптимальному мікроклімату зменшилася частка мертвонароджених поросят на 12,6 %, кількість відлучених поросят на одну свиноматку зросла на 2,6 %, збереженість приплоду – на 1,22 %. Маса одного поросяти при відлученні збільшилася на 0,61 кг (10,2 %), а маса всього гнізда – на 10,7 кг (13,1 %). Абсолютний приріст одного поросяти під час лактації зріс на 0,7 кг (7,0 %), середньодобовий приріст на 7,7–18 %, а комплексні індекси відтворних якостей свиноматок (ІВЯ, СІВЯС, SZFTV) підвищилися на 2–5 %.

Ключові слова: благополуччя, випарні панелі, відтворювальні ознаки, мікроклімат, поросля, продуктивність, ріст, свиноматка, термокомфорт, технологія, утримання.

Вступ. Тепловий стрес є однією з ключових економічних проблем сучасного свиначства та, у контексті глобального потепління, становить перспективний виклик для фермерських господарств [1-3]. Це підштовхує до впровадження новітніх технологій у виробничі системи з метою підвищення комфорту тварин та їх продуктивності [4, 5]. Свині характеризуються низькою здатністю до потовиділення, а також мають товстий підшкірний шар жиру, що обмежує їхню здатність ефективно розсіювати метаболічне тепло, що може негативно впливати на продуктивні показники [5, 6].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Свиноматки сучасних порід та типів особливо чутливі до підвищених температур через високу продуктивність, досягнуту в результаті інноваційних методів селекції. Підвищені метаболічні потреби під час поросності та лактації призводять до збільшення вироблення внутрішнього тепла порівняно з класичними породами [7]. Ці твердження, щодо утворення тепла та волог свинями підтверджено і дослідженнями [8], що сучасні генетичні лінії свиней виділяють близько на 20 % більше тепла, ніж тварини початку 1980-х років. Крім того, зазначається, що ця тенденція, ймовірно, збережеться і протягом наступного десятиліття, що призведе до ще приблизно 10 % зростання тепловиділення.

Про покращення благополуччя свиноматок сучасних високопродуктивних генотипів, що сприяло підвищенню збереженості порослят та інтенсивності їхнього росту в підсисний період за умов оптимізації мікроклімату в свинарниках-маточниках у спекотну частину року в умовах України, повідомляють у своїх роботах вітчизняні науковці [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Одним із основних показників продуктивності, що піддається впливу теплового стресу, є споживання корму, яке знижується за високих температур, що, у свою чергу, може спричинити посилену мобілізацію тканин та більшу втрату маси тіла під час лактації, негативно впливаючи на подальшу відтворювальну продуктивність [17].

Високі температури також провокують фізіологічні зміни, що проявляються у підвищенні ректальної та поверхневої температури, а також у збільшенні частоти дихання як механізму тепловідведення, що сприяє мінімізації негативного впливу теплового стресу на утримання та продуктивність [18]. Незважаючи на розвиток систем охолодження у свинарських приміщеннях, ефективність утримання свиноматок у теплий період року залишається обмеженою та залежить від кліматичних умов [2].

Існують різні підходи до забезпечення ефективного охолодження лактуючих свиноматок, спрямовані як на зниження температури повітря в усьому приміщенні, так і на локальне охолодження поверхні шкіри тварин. Один із основних методів передбачає використання випарних панелей (система *rad cooling*), через які зовнішнє повітря проходить і охолоджується перед

потраплянням у приміщення [19]. Інша частина цих рішень також ґрунтується на ефекті випаровування води та включає системи зрошення, туманоутворення, дощування, випарні подушки та крапельні охолоджувальні системи [20, 21, 22, 23]. Зменшення теплового навантаження у свиней у спекотний період також можливо за рахунок посилення конвекційного або кондуктивного теплообміну, зокрема через використання підлогових охолоджувальних систем [7, 16, 24, 25]. У практиці свиначства широко застосовуються технології, що збільшують швидкість руху повітря. До них належать зональне охолодження, при якому потік охолодженого повітря спрямовується через трубки безпосередньо до шийного відділу свиноматки, забезпечуючи локальне охолодження та підвищуючи термокомфорт тварин під час лактації, а також тунельна вентиляція, яка дозволяє ефективно охолоджувати приміщення та оптимізувати параметри мікроклімату [26, 27].

Найбільш поширеними є використання розпилювання води за допомогою форсунок високого тиску (туманізація). Цей спосіб в поєднанні з вентиляцією негативного тиску дозволив за даними [28] знизити температуру всередині приміщення на 2,0–2,1 °C, тоді як за повідомленнями Botto et al., 2014 таке зниження становило 2,9 °C.

Випарні системи охолодження ґрунтуються на зміні агрегатного стану води, що знижує температуру в приміщенні. За належних умов управління, як зазначають [29] вони здатні зменшувати внутрішню температуру приміщення до 10 °C, що робить їх найбільш ефективними у регіонах із жарким і сухим кліматом. Ефективність системи залежить від поєднання зовнішньої температури та відносної вологості. Так, Morales, O. E. та інші [30] повідомили про зниження температури на 2,9 °C при зовнішніх коливаннях від 23,4 °C до 33,3 °C, тоді як інші дослідження демонструють можливість зменшення на 5–7 °C у приміщеннях з тваринами.

Застосування випарного охолодження неминуче підвищує вологість у приміщеннях. В одних дослідженнях відзначалося лише незначне збільшення (0,9%), в інших – до 19% [23]. Підвищена вологість може бути прийнятною у посушливих регіонах, проте у вологих кліматичних зонах вона вимагає посиленої вентиляції для запобігання тепловому стресу та зниження споживання корму [30, 31]. Оптимальні параметри в приміщеннях для свиней становлять 40–70% відносної вологості та температуру 16–22 °C [33, 34].

Використання випарних систем сприяло зниженню ректальної температури свиней на 0,3 °C та температури поверхні тіла на 0,5 °C [22, 28]. Крім того, у більшості досліджень спостерігалось зниження частоти дихання, яка є найбільш чутливим показником теплового стресу у свиноматок [29]. Водночас надмірне підвищення вологості у поєднанні з високою температурою може обмежувати тепловіддачу через дихальні шляхи, що підсилює ризик гіпертермії [35].

Тепловий стрес у свиноматок асоціюється зі зниженням споживання корму, підвищеною мобілізацією енергетичних резервів та зменшенням виробництва молока, що негативно впливає на ріст і масу поросят при

відлученні [17, 36]. У більшості досліджень використання випарного охолодження підвищувало споживання корму лактуючими свиноматками, зменшувало втрати маси тіла та сприяло більшій вазі поросят при відлученні [7, 37].

За даними Morales, O. E. [30], споживання корму лактуючими свиноматками за умов використання системи випарного охолодження збільшувалося на 0,40 кг/добу. У дослідженні [24] повідомляється про вищий рівень цього показника – 1,0 кг/добу, тоді як за результатами роботи [38] приріст становив 1,15 кг/добу у дорослих свиноматок та 1,67 кг/добу у першоопоросок. Згідно з повідомленнями цих авторів, таке підвищення споживання корму дозволило збільшити молоковиділення у свиноматок першого та другого опоросів у середньому на 18,8 %, а у тварин із третього до восьмого репродуктивних циклів – на 13,3% порівняно з контрольною групою. У результаті маса поросят при відлученні зросла на 21,80 % у першоопоросок та на 10,98 % у старших свиноматок за використання системи охолодження. Для порівняння, за даними [24] таке зростання становило лише 7,04 %, а за повідомленнями [28] – 3,35 %. Водночас різниці за показниками загальної кількості народжених поросят, багатоплідності, збереженості приплоду до відлучення та чисельності поросят на час відлучення не встановлено.

У дослідженні [37] відзначено збільшення товщини спинного шпигу на 0,4 мм у свиноматок, утримуваних у приміщеннях із випарним охолодженням, тоді як [39] повідомив про більш виражене підвищення цього показника – на 2,31 мм. За даними [38], втрати маси тіла у першоопоросок були меншими на 7,92 кг, а у свиноматок основного стада – на 6,54 кг при використанні охолодження, тоді як у роботі [24] ця різниця становила лише 3,11 кг у першоопоросок.

Інтервал від відлучення до еструсу оцінювався у кількох дослідженнях. Так, за повідомленнями [24], використання випарного охолодження сприяло скороченню цього інтервалу у першоопоросок на 3,8 доби (з 10,9 до 7,1), а у старших свиноматок – на 0,3 доби. У дослідженні [39] відзначено менш виражений ефект, який становив лише 0,8 доби.

Згідно з результатами [39] застосування випарного охолодження у лактуючих свиноматок сприяє підвищенню споживання корму в середньому на 1,0 кг/добу (з 4,0 до 5,0 кг/добу), зменшенню втрати маси тіла під час лактації на 6 % (від 7 до 1 %), збільшенню середньої маси поросят при відлученні на 9 % (від 5,8 до 6,4 кг), зниженню температури у приміщеннях на 2 °C (з 27 до 25 °C) та зменшенню частоти дихальних рухів свиноматок на 14/хв (з 61 до 47/хв).

Системи охолодження на основі випарних панелей (pad cooling) є одними з найбільш ефективних технологій для створення оптимального мікроклімату у приміщеннях для утримання свиноматок різного фізіологічного стану. Принцип їх роботи полягає у проходженні повітря через вологі панелі, розташовані перед повітрозабірником, що забезпечує інтенсивне випаровування води завдяки великій площі контактної поверхні [21, 40]. Внаслідок цього повітря

охолоджується ефективніше порівняно з традиційною механічною вентиляцією, при цьому підвищення вологості залишається відносно незначним, що знижує ризик надмірного зволоження приміщення та створює більш комфортні умови для тварин. За даними [21] у літній період температура повітря всередині приміщення може знижуватися до 15 °С, що дозволяє значно зменшити тепловий стрес свиней, водночас забезпечуючи економне використання водних ресурсів завдяки системі рециркуляції: поповнення води відбувається лише у частині, що випарувалася.

У порівнянні з системами туманоутворення, *pad cooling* забезпечує схожий ефект охолодження, але при цьому зменшується ризик надмірного зволоження повітря та забруднення підлоги, що є важливим для підтримання санітарного стану приміщень. Механічна вентиляція забезпечує лише циркуляцію повітря, не створюючи значного охолоджуючого ефекту, тому її ефективність у літній період є обмеженою. *Pad cooling* поєднує переваги обох підходів, забезпечуючи одночасно зниження температури повітря та контроль вологості, що є особливо важливим для підтримання продуктивності тварин у жарких кліматичних умовах, а саме в умовах теплового стресу [19].

До основних переваг систем *pad cooling* відносять високу ефективність охолодження при низькому енергоспоживанні, контроль рівня вологості, економне використання водних ресурсів та можливість інтеграції з автоматизованими системами управління мікрокліматом. Недоліки таких систем включають високі початкові інвестиційні витрати, необхідність регулярного технічного обслуговування панелей та можливе накопичення мінеральних і органічних відкладень на їх поверхні, що може знижувати ефективність випаровування.

Отже, аналіз наукових джерел свідчить, що системи *pad cooling* є одними з найбільш ефективних і економічно виправданих технологій охолодження повітря у закритих приміщеннях з утримання свиней. Вони забезпечують оптимальний баланс між зниженням теплового стресу тварин, контролем вологості та енергоефективністю, перевершуючи за цими показниками як традиційну механічну вентиляцію, так і системи туманоутворення [19]. Крім того, можливість інтеграції *pad cooling* з іншими автоматизованими системами мікроклімат-контролю дозволяє створювати комплексний підхід до підтримання оптимальних умов утримання тварин, що є ключовим фактором підвищення їх продуктивності та благополуччя.

Згідно з результатами гідрометеоцентру України [41] у більшості регіонів України за останні 10 років спостерігається стійка тенденція до підвищення середньорічних температур. Зокрема, у центральних областях, середньорічна температура зросла приблизно на 0,7–1,7 °С, що є значним показником для промислового свиноводства. Водночас це підвищення температури супроводжується збільшенням кількості спекотних днів та тривалих періодів високих температур у літній період, що створює додатковий стрес для тваринництва, зокрема для свиноматок під час лактації. Тоді як більшість свинарників, збудованих 10–15 років тому, не оснащені сучасними системами

охолодження, що робить їх вразливими до підвищених температурних навантажень. Це підкреслює необхідність реконструкції та модернізації існуючих приміщень із впровадженням ефективних технологій охолодження, які дозволяють підтримувати комфортний мікроклімат для свиней, зменшувати тепловий стрес та підвищувати продуктивність тварин. Тому, враховуючи зміни клімату та технічний стан виробничих приміщень існуючих свинокомплексів, дослідження систем охолодження є актуальним і своєчасним для підвищення ефективності свинарства в Україні.

Мета. Метою наших досліджень є визначення впливу системи охолодження на основі випарних панелей (pad cooling) на параметри мікроклімату у приміщеннях для свиноматок і поросят, їх фізіологічний стан, благополуччя та продуктивність.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для дослідження впливу систем охолодження повітря (pad cooling) на параметри мікроклімату та їхній взаємозв'язок із продуктивними ознаками свиней у липні-серпні 2025 року в умовах промислового свинокомплексу ТОВ «Агроінд» (м. Підгородне, Дніпропетровська область) було сформовано дві групи свиноматок за принципом груп-аналогів [41]. У досліді використовували маточне поголів'я генетичної компанії «Breeders» - двохпородні свиноматки (велика біла × ландрас). Згідно схеми для осіменіння свиноматок застосовувалася сперма кнурів породи данський дюрк. У період поросності свиноматок утримували у стандартних умовах невеликими групами по 8–10 тварин із використанням системи годівлі «Біофікс». 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).

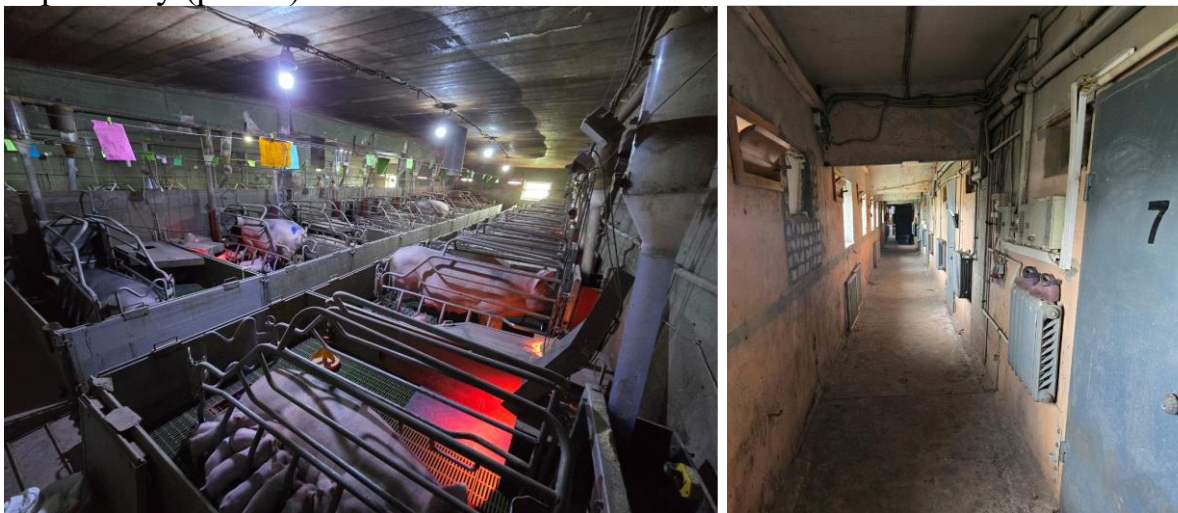


Рис. 1. Умови утримання свиноматок в цеху опоросу та лактації
Джерело: фото авторів

У період опоросу та лактації свиноматки обох груп групи утримувалися у секціях для опоросу, що включала 40 індивідуальних станків розміром 1,8×2,4 м, виробництва французької компанії «І-Тек». У центральній частині станка розміщувався бокс для фіксації свиноматки з чавунною ґратчастою підлогою, тоді як решта площі була обладнана полімерними решітками. У передній частині станка встановлювалася індивідуальна годівниця та автоматична поїлка для свиноматки, а також брудер для відпочинку поросят-сисунів. Для підтримання оптимальної температури поросята мали килимок обігріву та інфрачервону лампу. У тильній зоні станка знаходилися мисочкова поїлка та знімна годівниця для підгодовлі молодняку. Годівля свиноматок у контрольній та дослідній групах була повноцінною і збалансованою, здійснювалася сухими комбікормами власного виробництва, розробленими за рецептурою для підсисних свиноматок. Роздача кормів проводилася за допомогою об'ємних дозаторів та автоматизованих систем безперервної дії компанії «І-Тек» (Франція).

Для тварин контрольної групи застосовувалася стандартна система вентиляції з негативним тиском без додаткових засобів охолодження (див. рис. 1). Повітрообмін забезпечувався роботою двох витяжних вентиляторів та шести припливних клапанів, розташованих на торцевій стіні секції на висоті 2,4 м.

Свиноматки другої (дослідної) групи перебували в умовах, подібних до контрольної, проте приміщення для опоросу було обладнане модернізованою системою вентиляції. У кожній секції додатково встановлювали по два випарні повітряні охолоджувачі (evaporative air cooler, система Pad Cooling) (рис. 2), робота яких була інтегрована до загальної системи керування мікрокліматом.



Рис. 2. Додаткова система охолодження в секціях другої дослідної групи
Джерело: фото авторів

За температури повітря в приміщенні нижчу за термонеїтральну зону тварин функціонувала стандартна система вентиляції з негативним тиском, що забезпечувалася вентиляторами та припливними клапанами. Коли температура в приміщенні перевищувала межі комфортної зони для свиноматок, автоматично вмикалися охолоджувачі, які подавали кожен близько 12 тис. м³ охолодженого повітря на годину. Це зменшувало ступінь розрідження повітря в секціях і, відповідно, уповільнювало приплив зовнішнього повітря через клапани. Додатково система була оснащена датчиками відносної вологості, що відключали охолоджувачі при досягненні критичних показників.

Протягом усього експерименту у секціях вели безперервний контроль мікрокліматичних параметрів із використанням сертифікованого вимірювального обладнання. Температуру в зоні лігва та температуру шкіри свиноматок фіксували у визначених точках за допомогою інфрачервоного пірометра Testo 805. Швидкість руху повітря та його температуру вимірювали термоанемометром Testo 425, а показники відносної вологості визначали за допомогою термогігрометра Testo 605. Замір проводили на трьох рівнях: 20 см (рівень перебування поросят), 70 см (зона дихальних шляхів свиноматок). Спостереження здійснювали двічі на тиждень – у вівторок і четвер, тричі на добу (о 7:00, 14:00 та 21:00). Вимірювання виконували по діагоналі секції: у двох крайніх та двох центральних станках. У тих самих станках паралельно визначали частоту дихальних рухів свиноматок (по два повтори).

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

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

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), як значення нижче 75 вказує на термонеутральні умови утримання, вище цього значення на ризик теплового стресу, показники 79–83 вважаються небезпечним для свиней, а понад 84 – дуже небезпечними.

У процесі експерименту відтворювальні ознаки свиноматок оцінювали відповідно до методичних підходів, описаних [41]. Після кожного опоросу в гніздах реєстрували загальну кількість новонароджених поросят, окремо виділяючи число живонароджених. Одночасно проводили зважування всього приплоду для визначення сумарної маси гнізда на основі цих даних розраховували великоплідність свиноматок.

Після завершення періоду лактації фіксували кількість поросят в гнізді та визначали відсоток їхньої збереженості. За допомогою зважування на момент відлучення визначали масу всього гнізда і, на їх основі, середню живу масу одного поросяти.

Наприкінці дослідного періоду добову молочну продуктивність свиноматок розраховували за формулою, наведеною у роботі [44]:

$$\text{MP} = d \times (4,27 \times \Delta W \times n),$$

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

Шляхом зважування свиноматки на другий день після опоросу та в день відлучення поросят визначали втрату ними маси під час лактації, а шляхом вимірювання товщини шпику за допомогою ультразвукового приладу BMV Vet товщину підшкірного сала в точці P2.

Для більш комплексної оцінки репродуктивної ефективності свиноматок за різних варіантів систем охолодження у приміщеннях використовували

спеціалізовані індекси. Одним із них був індекс відтворних якостей (ІВЯ), розроблений Лашем і Мольмом та адаптований М. Березовським [41]. Його значення обчислювали за формулою:

$$\text{ІВЯ} = A + 2B + 35\sigma,$$

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

Також застосовували селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматок (СІВЯС), представлений [45]. 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 (дів); 6 та 9,34 – відповідні коефіцієнти.

Крім цього, було застосовано інтегральний SZFTV-індекс [46], 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); i – скореговане середнє значення за породою (стандарт).

Експериментальні дані оброблені методом варіаційної статистики із використанням комп'ютерної техніки і пакетів прикладного програмного забезпечення [47].

Результати досліджень. У ході досліду порівнювали визначені показники мікроклімату у контрольному (без випарних панелей) та дослідному (з використанням випарних панелей «evaporative air cooler») приміщеннях, результати яких наведено у табл. 1.

Табл. 1.

Показники мікроклімату в приміщеннях за використання випарних панелей і без них, $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$

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	28,7±64***	22,4±0,37	19–24

рівні дихальних шляхів людини, °C			
Температура повітря у приміщенні на рівні дихальних шляхів свиноматки, °C	28,9± 0,61***	22,4±0,33	18–22
Температура повітря під брудером поросят на рівні дихальних шляхів, °C	31,6±0,46***	29,3±0,24	22–30
Температура лігва поросят, °C	32,4±0,29***	30,6±0,17	28–35
Температура лігва свиноматки, °C	27,4±0,63***	22,6±0,32	—
Швидкість руху повітря в станку свиноматки на рівні її дихальних шляхів, м/с	0,36±0,019***	0,28±0,013	1,00
Швидкість руху повітря в станку свиноматки на рівні дихальних шляхів поросят, м/с	0,26±0,011***	0,17±0,008	0,4
Швидкість руху повітря в під брудером на висоті 20 см, м/с	0,15±0,007**	0,13±0,005	0,15
Відносна вологість повітря на рівні дихальних шляхів свиноматки, %	52,7±2,19	65,9±1,36***	40–70
Відносна вологість повітря на рівні дихальних шляхів поросят см, %	53,4± 2,07	66,1±1,32***	40-70
Відносна вологість повітря під брудером поросят на рівні 20 см, %	49,4±1,29	58,6±1,03***	40-70

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

За результатами моніторингу температури в різних точках секції для опоросу встановлено, що при однаковій зовнішній температурі (28,3 °C) умови всередині приміщень значно відрізнялися. У контрольному приміщенні температура повітря на рівні дихальних шляхів людини (160 см) становила – 28,7 °C, що перевищувало нормативні показники (19–24 °C). Натомість у дослідній групі вона була – 6,3 °C або на 22,0 % нижчою ($p < 0,001$) і дорівнювала – 22,4 °C, повністю відповідаючи вимогам ВНТП-АПК-02.05 – «Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми)» та вимогам генетичної компанії «Breeders» щодо утримання підсисних свиноматок.

Аналогічні відмінності зафіксовано на рівні дихальних шляхів свиноматки (70 см): 28,9 °C у контролі проти 22,4 °C у досліді ($p<0,001$), де зниження становило – 22,5 %.

Температура в зоні утримання поросят завдяки більш інтенсивній вентиляції та притоку теплого зовнішнього повітря була на 2,3 °C або 7,3 % ($p<0,001$) вищою у станках контрольного приміщення (31,6 °C проти 29,3 °C) і водночас виявилась більш оптимальною у дослідній групі. Особливо важливим є підтримання оптимального теплового режиму в брудері поросят при загальному зниженні температури у приміщенні через високу їх вразливість на ранніх етапах життя, особливо в перший тиждень. Так, під брудером температура повітря у станках з випарною вентиляцією становила – 29,3 °C, що на 2,3 °C нижче ($p<0,001$) за контроль, але залишалася в межах температурного комфорту для поросят цієї вікової групи (22–30 °C), тоді як, температура лігва поросят у контрольній групі виявилась більш комфортною і була на 1,8 °C (5,6 %) вищою ($p<0,001$), ніж у дослідному приміщенні (30,6 °C).

У лігві свиноматки комфортною є більш низька температура, близька до 22 °C. В рамках дослідження вона була ближчою до зони комфорту в приміщенні з випарними панелями (дослідне приміщення) і становила – 22,6 °C проти – 27,4 °C у контролі, що свідчить про створення більш комфортних умов для свиноматок (різниця склала – 4,8 °C або 17,5 %, $p<0,001$).

Отже, використання випарних панелей дозволило знизити температуру у приміщенні та зоні лігва свиноматки на 4,8–6,5 °C (17,5–22,5%), забезпечивши її відповідність нормативним вимогам та наблизивши до зони комфорту дорослих тварин. У той час, як без застосування охолоджуваної системи температура залишалася вищою за межі термонеутральності. Водночас, завдяки проникненню холодних повітряних мас, температура в зоні життєдіяльності поросят знизилася на 1,8–2,3 °C (5,6–7,3 %), залишаючись при цьому в межах зони комфорту для тварин цієї вікової групи.

У контрольному приміщенні через вищу температуру більш інтенсивно працювала вентиляційна система, що призвело до підвищення швидкості руху повітря на всіх рівнях. Так, на рівні дихальних шляхів свиноматки швидкість його руху становила – 0,36 м/с у контрольному приміщенні, та 0,28 м/с у дослідному приміщенні з випарними панелями, що дало зниження на 0,08 м/с або 22,2 % ($p<0,001$). На висоті життєдіяльності поросят за рахунок зниження потоків повітря перегородами станків для опоросу різниця була ще більш помітною: 0,26 м/с у контролі проти 0,17 м/с у досліді, тобто зниження склало 0,09 м/с або 34,6 % ($p<0,001$). В обох випадках швидкість руху повітря не перевищувала нормативні значення. Проте нижчі показники у дослідній групі зменшували можливість протягів і надмірного охолодження тварин, що особливо важливо для поросят, які чутливі до різких потоків повітря. Під брудером для поросят швидкість руху повітря залишалася в межах норми і не перевищувала 0,15 м/с у контрольному приміщенні та 0,13 м/с у дослідному. Різниця склала 0,02 м/с або 13,3% ($p<0,01$). Це забезпечувало комфортні умови для молодих тварин, зменшуючи ризик їх охолодження, при цьому вентиляція

залишалася достатньою для підтримки оптимального мікроклімату. Таким чином, використання випарних панелей дозволило стабілізувати повітрообмін у приміщенні, знижуючи швидкість руху повітря на 0,08–0,09 м/с (22–35 %) порівняно з контролем. Це сприяло створенню більш комфортного та безпечного мікроклімату для поросят, без ризику надмірної вентиляції та протягів.

Використання системи охолодження на основі випарних панелей позитивно вплинуло і на рівень вологості повітря у приміщеннях. У контрольному приміщенні середні значення цього показника перебували на нижній межі норми та становили 52,7–53,4 %. Натомість у дослідній групі вони були суттєво вищими – 65,9–66,1 %, що означало зростання на 12,7–13,2 % ($p < 0,001$), (або 23,9–24,7 % відносно контролю). Це забезпечувало формування більш стабільного та комфортного мікроклімату для свиноматок і поросят.

Під брудером, де додатково використовувалися інфрачервоні лампи у перші дні після опоросу та тепла підлога, показники вологості становили 49,4 % у контрольному приміщенні та 58,6 % у дослідному. Таким чином, рівень вологості в досліді був на 9,2 % вищим ($p < 0,001$), або на 18,6 % відносно контролю.

В обох випадках параметри вологості залишалися в межах допустимих норм (40–70 %). Однак у приміщенні з випарними панелями показники були ближчими до оптимальних, що створювало сприятливіші умови для утримання тварин і зменшувало ризик стресових станів, пов'язаних із надмірною сухістю повітря.

Отже, застосування випарних панелей у свинарських приміщеннях дозволило знизити температуру у зоні утримання свиноматок і поросят на 5–6 °C та наблизити її до зони термонеутральності, як для свиноматок так і поросят, зменшити швидкість руху повітря до комфортного рівня, що запобігає утворенню протягів, підвищити вологість повітря до оптимальних значень, що сприяє кращому самопочуттю та збереженості тварин.

Використання системи охолодження на основі випарних панелей мало суттєвий позитивний вплив на тепловологісний індекс (ТНІ) у приміщеннях для свиноматок. У контрольному приміщенні він становив – 77,16 бала, що свідчить про наявність теплового стресу у тварин. Натомість у дослідному приміщенні з випарними панелями цей показник знизився до 69,59 бала, тобто на 7,57 бала або 9,8 %. Це забезпечило умови, зони термокомfortу, і сприяло зменшенню напруження терморегуляторних механізмів (табл. 2).

Табл. 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	77,16	69,59
Температура шкіри свиноматки, °C	37,4±0,11	37,1±0,06*
Частота дихання, разів	68,4±3,11	42,1± 2,11***
Втрата маси тіла свиноматки під час лактації, кг	28,2±6,12	5,2±1,17***
Втрата маси свиноматки під час лактації, %	11,02	2,01

Примітка; *– $P < 0,05$; ***– $P < 0,001$ вірогідність різниці з контрольною групою

Зниження тепловологісного індексу безпосередньо позначилося на фізіологічному стані свиноматок. Так, температура їх шкіри у дослідній групі була нижчою на 0,3 °C (37,1 проти 37,4 °C у контролі) ($p < 0,05$), що свідчить про зменшення теплового навантаження на організм. Частота дихання тварин у дослідному приміщенні зменшилася майже в 1,6 рази (42,1 проти 68,4 дихальних рухів за хвилину), що еквівалентно зниженню на 26,3 рухи або 38,4 % відносно контролю ($p < 0,001$). Це є ключовим маркером зменшення проявів теплового стресу. Важливим критерієм ефективності охолодження стало також збереження маси тіла свиноматок за рахунок покращення їх апетиту у період лактації. У контрольній групі втрати маси становили 28,2 кг (11,02 % від початкової), тоді як у дослідній групі – лише 5,2 кг (2,01 %). Тобто різниця склала 23,0 кг або 81,6 % ($p < 0,001$) та зниження у 5,5 рази у відносних величинах. Це підтверджує, що створення оптимального мікроклімату за рахунок випарних панелей суттєво знижує енергетичні витрати організму для підтримання температури тіла, зберігаючи резерви тварин та підвищуючи їх фізіологічний комфорт.

Таким чином, результати дослідження доводять, що використання випарних панелей у системі вентиляції забезпечує істотне зниження тепловологісного індексу, нормалізацію температури тіла та частоти дихання, а також мінімізацію втрат маси тіла свиноматок у період лактації. Це створює передумови для покращення їхнього загального стану, підвищення продуктивності та біологічної стійкості.

Використання системи охолодження на основі випарних панелей позитивно вплинуло на апетит свиноматок та споживання кормів у період лактації (табл. 3). У контрольній групі середнє споживання корму однією свиноматкою за період лактації становило – 181,06 кг, тоді як у дослідній групі – 208,79 кг, що на 27,73 кг (15,3 %) більше. Середньодобове споживання корму

свиноматкою зросло з 6,56 кг у контролі до 7,62 кг у досліді, тобто на 1,06 кг або 16,2 %, що свідчить про покращення апетиту тварин завдяки створенню комфортнішого мікроклімату в умовах використання випарних панелей.

Табл. 3

Витрати кормів підсисними свиноматками і поросятами

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Спожито кому на одну свиноматку за період лактації, кг	181,06	208,79
Середньодобове споживання корму свиноматкою, кг	6,56	7,62
Кількість корму спожитого свиноматкою в розрахунку на 1 відлучене поросся, кг	13,23	14,86
Кількість спожитого корму на 1 кг приросту поросят, кг	2,95	2,91
Кількість спожитого корму на виділений 1 л молока, кг	20,75	21,16
Спожито престартерних кормів на одне поросся, кг	1,32	1,03
Спожито престартерних кормів на гніздо поросят, кг	18,07	14,47

За рахунок підвищеного середньодобового споживання корму його кількість в розрахунку на одне відлучене поросся, також зросла у дослідній групі (14,86 кг проти 13,23 кг у контролі, різниця 1,63 кг або 12,3 %). Водночас ефективність використання кормів на приріст поросят залишалася високою: 2,91 кг на 1 кг приросту у досліді проти 2,95 кг у контролі, що свідчить про збереження або навіть незначне покращення конверсії корму.

Подібна тенденція відзначалася і у витратах кормів на виробництво молока. У контрольному приміщенні на виділення 1 л молока витрачалося 20,75 кг корму, тоді як у дослідному – 21,16 кг (різниця 0,41 кг або 2,0 %). Це пояснюється підвищеним споживанням кормів у дослідній групі, яке водночас сприяло підтриманню вищої молочної продуктивності свиноматок.

Щодо споживання престаартерних кормів поросятами спостерігалася протилежна тенденція. За рахунок вищої молочності свиноматок в умовах дослідного приміщення на одне порося спожито – 1,03 кг престаартеру, тоді як у контрольному – 1,32 кг, що на 0,29 кг (22 %) більше. У перерахунку на все гніздо це становило – 18,07 кг у контролі, проти – 14,47 кг у досліді, тобто економія корму склала – 3,6 кг (19,9 %). Це пояснюється тим, що у свиноматок, які утримувалися в умовах оптимізованого мікроклімату завдяки випарним панелям, підвищилася молочність, і поросята отримували більше поживних речовин із материнського молока.

Отже, використання випарних панелей забезпечило покращення апетиту та збільшення споживання кормів свиноматками, що позитивно позначилося на молочній продуктивності та розвитку поросят. Водночас потреба у престаартерних кормах для поросят зменшилася майже на 20 %, що свідчить про вищу молочність свиноматок в умовах мікроклімату створеного з використанням випарних панелей.

Використання системи охолодження на основі випарних панелей спричинило підвищену кількість спожитого ними корму і як наслідок позитивно вплинуло на молочну продуктивність свиноматок у період лактації. У контрольній групі середньодобове виділення молока становило – 12,94 кг, тоді як у дослідній групі – 14,41 кг, що на 1,47 кг або 11,4 % більше. Така різниця є наслідком покращення апетиту тварин та зменшення теплового навантаження завдяки створенню комфортнішого мікроклімату (табл. 4).

Табл. 4

Продуктування свиноматкою молока під час лактації

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Середньодобове виділення молока, кг	12,94	14,41
Виділення молока за лактацію, кг	357,17	394,76
Виділено молока на 1 відлучене порося, кг	25,49	28,10
Виділено молока на 1 кг приросту поросят, кг	5,69	5,50

Так, загальне виділення молока за весь період лактації також було суттєво вищим у дослідному приміщенні – 394,76 кг проти 357,17 кг у контролі, тобто різниця склала 37,59 кг або 10,5 %. Це свідчить про стабільніше функціонування лактаційних процесів у свиноматок за умов використання випарних панелей.

У розрахунку на одне відлучене поросля у дослідній групі свиноматки продукували –28,10 кг молока, тоді як у контрольній лише – 25,49 кг. Збільшення на 2,61 кг або 10,2 % забезпечувало кращі умови для росту та розвитку приплоду. Водночас витрати молока на 1 кг приросту поросят становили – 5,50 кг у досліді, проти – 5,69 кг у контролі, що свідчить про підвищення ефективності його використання поросятами в більш комфортному середовищі.

Таким чином, застосування випарних панелей у системі вентиляції дозволило не лише підвищити загальну молочну продуктивність свиноматок на 10–11%, а й оптимізувати її розподіл у розрахунку на поросля та приріст його живої маси. Це створює більш сприятливі умови для інтенсивного росту молодняку без додаткових витрат кормів, підтверджуючи важливу роль випарних панелей у формуванні оптимального мікроклімату та фізіологічного комфорту тварин.

Використання системи охолодження на основі випарних панелей позитивно вплинуло на основні показники продуктивності свиноматок (табл. 5).

Табл. 5

Продуктивність свиноматок, $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Середній репродуктивний цикл, опоросів	3,9±0,11	3,7±0,13
Всього народжених поросят, гол.	16,29±0,361	16,32±0,205
В тому числі мертвонароджених, гол.	1,27±0,011**	1,11±0,031
Частка мертвонароджених поросят, %	7,8	6,8
Багатоплідність, гол.	15,02±0,278	15,21±0,224
Маса гнізда поросят при народженні, кг	20,4±0,520	20,7±0,326
Великоплідність, кг	1,36±0,036	1,36±0,024
Кількість поросят на свиноматку при відлученні, гол.	13,69±0,291	14,05±0,132
Збереженість поросят в підсисний період, %	91,15±0,963	92,37±0,971
Маса одного поросяти при відлученні, кг	5,97±0,113	6,58±0,107***

Маса гнізда поросят при відлученні, кг	81,7±2,07	92,4±1,59***
--	-----------	--------------

За майже однакового віку свиноматок коли тривалість репродуктивного циклу у контрольній групі становила – 3,9 опоросу, тоді як у дослідній – 3,7, загальна кількість народжених поросят була практично однаковою у обох групах (16,29 проти 16,32 голів). Водночас створення комфортних умов безпосередньо перед опоросом свиноматки під час її адаптації в умовах нового приміщення і нового статусу призвело, на наш погляд, до зменшення частки мертвонароджених: у контрольній групі цей показник становив – 1,27 голови або 7,8 %, тоді як у дослідній – 1,11 голови або 6,8 %. Це зниження на 0,16 гол., $p < 0,01$ (12,6 % у відносних величинах) на користь свиноматок, які утримувались у приміщенні з випарними панелями.

На наш погляд, за рахунок зменшення частки мертвонароджених поросят багатоплідність була дещо вищою у дослідній групі (15,21 проти 15,02 поросят у контролі), і за однакового значення великоплідності 1,36 кг, вищою виявилась в дослідній групі і маса гнізда при народженні (20,7 проти 20,4 кг).

Система оптимізації мікроклімату в приміщенні на основі використання випарних панелей спричинила суттєві відмінності у збереженості приплоду та рості поросят. Так покращені мікрокліматичні умови посприяли підвищенню збереженості поросят у підсисний період, яка досягала – 92,37 % у досліді, проти – 91,15 % у контролі, що відповідає зростанню на 1,22 %. Вища багатоплідність та краща збереженість поросят в підсисний період посприяла зростанню кількості відлучених поросят на одну свиноматку, яка у дослідній групі виявилась на 0,36 голови вищою (14,05 проти 13,69 у контролі). Термокомфортні умови для свиноматок, які посприяли більшому споживанню кому та вищій їх молочності і оптимальні кліматичні умови утримання їх приплоду більш суттєво вплинули на масу поросят при відлученні. Так, маса одного поросяти при відлученні у дослідному приміщенні становила – 6,58 кг, що на 0,61 кг (10,2 %) ($p < 0,001$) більше порівняно з контролем – 5,97 кг. За рахунок цього та зважаючи на більшу кількість поросят в гнізд при відлученні, маса всього гнізда на цей період у дослідній групі була на 10,7 кг або 13,1 % більшою ($p < 0,001$), (92,4 проти 81,7 кг у контролі).

Отже, застосування випарних панелей у системі вентиляції дозволило досягти відчутного зростання продуктивності свиноматок та життєздатності їх приплоду. Збереженість поросят у підсисний період підвищилася на 1,22 %, кількість відлучених на одну свиноматку зросла на 2,6 %, середня маса одного поросяти при відлученні підвищилася на 10,2 %, а маса всього гнізда – на 13,1 %. Сукупний ефект цих змін свідчить, що використання випарних панелей створює не лише кращий мікроклімат, підвищує рівень благополуччя свиноматок і поросят, а й забезпечує підвищення продуктивності свиноматок на 10–13 % у порівнянні з традиційною системою вентиляції приміщень.

Використання системи охолодження на основі випарних панелей суттєво вплинуло на інтенсивність росту підсисних поросят та рівень комплексних

відтворних індексів свиноматок. За практично однакової тривалості лактації у обох групах (27,6 діб у контролі проти 27,4 діб у досліді) можна порівнювати зміни показників індексів без впливу цього фактору. Абсолютний приріст гнізда поросят у дослідній групі становив – 71,8 кг, тоді як у контрольній – 61,3 кг, тобто на 10,5 кг або 17,1 % більше ($p<0,001$). Абсолютний приріст одного поросяти був вищим на 0,34 кг (7,0 %) ($p<0,001$) – 5,22 кг проти 4,88 кг у контролі. Середньодобовий приріст гнізда зріс з 2,22 кг у контролі до 2,62 кг у досліді (+0,4 кг або 18 %), а середньодобовий приріст одного поросяти підвищився з 176,8 г до 190,5 г (+13,7 г або 7,7 %) ($p<0,05$). Відносний приріст одного поросяти залишався практично на одному рівні (136,0 % у контролі проти 135,8 % у досліді), що свідчить про стабільність ефективності використання корму при підвищеній продуктивності (табл. 6).

Табл. 6

Інтенсивність росту підсисних поросят та рівень комплексних індексів,

$$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$$

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Тривалість підсисного періоду, діб	27,6±0,135	27,4±0,136
Абсолютний приріст гнізда поросят, кг	61,3±1,99	71,8±1,52***
Абсолютний приріст одного поросяти, кг	4,88±0,110	6,58±0,107***
Середньодобовий приріст гнізда поросят, кг	2,22±0,056	2,62±0,043***
Середньодобовий приріст однієї голови, г	176,8±5,26	190,5±4,03*
Відносний приріст одного поросяти, %	136,0±2,17	135,8±1,32
ІВЯ, балів	48,6	50,0
СІВЯС, балів	117,8	122,8
SZFTV, балів	189,41	197,52

Примітка; *– $P < 0,05$; ***– $P < 0,001$ вірогідність різниці з контрольною групою

Використання випарних панелей позитивно вплинуло і на комплексні індекси відтворювальних ознак: ІВЯ (індекс відтворювальної якості свиноматок) збільшився з 48,6 до 50,0 бала, СІВЯС (селекційний індекс

відтворювальної якості свиноматок) – з 117,8 до 122,8 бала, а SZFTV (індекс відтворювальної здатності свиноматок та росту поросят) підвищився з 189,41 до 197,52 бала.

Таким чином, застосування випарних панелей забезпечило значне підвищення інтенсивності росту поросят на 7–35 % залежно від показника, а також покращення комплексних індексів відтворних якостей свиноматок і росту їхнього приплоду. Це свідчить про підвищення рівня благополуччя, загального фізіологічного стану та продуктивності молодняку.

Обговорення. Результати проведеного дослідження підтверджують ефективність використання систем охолодження на основі випарних панелей (pad cooling) у приміщеннях для свиноматок та поросят-сисунів. Зниження температури повітря на 2,3–6,3 °C, стабілізація вологості та зменшення швидкості руху повітря на 22–35 % створили комфортний мікроклімат, який відповідає вимогам термокомфарту для свиней цих технологічних груп. Ці результати узгоджуються з даними міжнародних досліджень, де показано, що система «pad cooling» ефективно оптимізує параметри мікроклімату, за рахунок чого знижується вплив теплового стресу, зменшується ректальна температура і частота дихання, що особливо важливо для лактуючих свиноматок [12, 13, 22, 29].

В результаті проведених досліджень встановлено, що зниження тепловологісного індексу (ТНІ) на 9,8 % сприяло покращенню фізіологічного стану свиноматок: температура шкіри зменшилася на 0,3 °C, частота дихання скоротилася на 38,4 %, а втрати маси тіла під час лактації знизилися на 81,6 %. Ці показники відображають зменшення мобілізації енергетичних резервів і зниження теплового навантаження на організм, що відповідає даним [17, 24], які підкреслюють критичну роль охолодження для підтримання апетиту та збереження маси тіла у лактуючих свиноматок.

Позитивний вплив системи «pad cooling» простежувався і на продуктивність приплоду. Масу поросят при відлученні було збільшено на 10,2 %, масу гнізда – на 13,1 %, а середньодобовий приріст однієї голови – на 7,7 %. Крім того, спостерігалось зростання кількості відлучених поросят на одну свиноматку на 2,6 % та підвищення збереженості приплоду на 1,22 %. Це узгоджується з літературними даними, де повідомляється, що використання випарного охолодження дозволяє збільшити молочну продуктивність свиноматок на 13–18 % та покращити масу поросят при відлученні на 7–22 % [24, 30, 37, 48, 49].

З огляду на тенденції глобального потепління та підвищення середньорічних температур в Україні на 0,7–1,7 °C за останнє десятиліття, модернізація свинарських приміщень із впровадженням ефективних систем охолодження, таких як «pad cooling», є особливо актуальною. Вона дозволяє знизити тепловий стрес, підтримувати оптимальний мікроклімат і забезпечувати стабільну продуктивність свиноматок та приплоду, що відповідає сучасним вимогам інтенсивного свинарства.

Отже, результати проведеного науково-господарського досліджу демонструють, що впровадження випарних панелей у систему вентиляції приміщень є ефективним заходом для підвищення комфорту, фізіологічного благополуччя та продуктивності свиноматок і поросят, підтверджуючи дані світової літератури і рекомендації щодо адаптації тварин до теплового стресу.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Використання системи охолодження на основі випарних панелей суттєво знизило температуру повітря в приміщеннях для свиноматок та поросят на 2,3–6,3 °C (7–22 %), стабілізувало вологість (підвищення на 12–14 %), зменшило швидкість руху повітря на 22–35 % та наблизило умови утримання до оптимальних норм термокомфورتу.

Зниження тепловологісного індексу (ТНІ) на 9,8 % призвело до зменшення частоти дихання на 38,4 %, зниження температури шкіри на 0,3 °C і значного скорочення втрат маси тіла під час лактації на 81,6 %, що свідчить про зменшення теплового стресу.

Оптимізація мікроклімату сприяла збільшенню споживання корму на 15–16 %, підвищенню молочної продуктивності на 10–11 %.

Застосування випарних панелей забезпечило зростання маси поросят при відлученні на 10,2 %, маси їх гнізда – на 13,1 %, абсолютного приросту гнізда – на 17,1 %, а середньодобового приросту – на 7,7–18,0 %. Відповідно, підвищилася кількість відлучених поросят на одну свиноматку на 2,6 %, а збереженість приплоду – на 1,22 %.

Використання системи охолодження на основі випарних панелей забезпечує комплексне покращення мікроклімату, зниження теплового стресу, підвищення фізіологічного комфорту тварин та значне підвищення продуктивності свиноматок і їх приплоду на 7–35 % залежно від показника.

Список використаної літератури

1. 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. <https://doi.org/10.13031/aea.12398>
2. 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. <https://doi.org/10.1186/s12711-018-0382-1>
3. Рєзнїченко В. І., Лїхач В. Я. Вплив виду локального обїгрїву і його енергозбереження на продуктивність та поведїнку поросят-сїсунїв. *Таврїйський науковий вїсник. Серїя: Сїльськогосподарські науки*, 2023. Вип. 134. С. 305–314. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.39>
4. Lontoc, C. A. A., Marquez, J. B., & Valencia, J. C. (2016). Comparative performance of sows housed with and without evaporative cooling system at temperature humidity index of 73–83. *Philippine Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 42(2), 77–84. <http://pjvas.org/index.php/pjvas/article/view/183>

5. 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. <https://doi.org/10.1071/AN15267>
6. 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. <https://doi.org/10.1093/jas/sky057>
7. Cabezón, F. A., Schinckel, A. P., Alencar, S. A., Faccin, J. E., da Silva, C. A., & Moreira, R. H. R. (2017). Effect of floor cooling on late lactation sows under acute heat stress. *Livestock Science*, 206, 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.10.017>
8. Повод, М. Г. Обґрунтування, розробка, практичне впровадження існуючих та вдосконалених технологій виробництва свинини. Дисертація на здобуття ступеня доктора с.-г. наук. Миколаїв. 2015. 369 с.
9. Волощук В. М., Підтереба О. І., Герасимчук В. М. Ефективність створення мікроклімату у маточнику при різних способах подачі та видалення повітря. *Свинарство. Міжсвідомчий тематичний науковий збірник Інституту свинарства і АПВ НААН. Полтава*, 2017. Вип. 69. С. 9–18.
10. Герасимчук, В. М. Оцінка і вдосконалення систем вентиляції свинарників різного призначення. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії, Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН, Полтава, 2018. 191 с.
11. Михалко, О. Г., Повод, М. Г. Сезонна залежність продуктивності свиноматок данського походження від конструктивних особливостей системи вентиляції приміщень у період опору та лактації. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*, 2019. Вип. 1-2(36-37), С. 15–25. <https://repo.snau.edu.ua/handle/123456789/8515>
12. Михайлов, В. Системи охолодження у свинарстві: ефективність pad cooling. *Науковий вісник ветеринарної медицини*, 2024. Вип. 42(2), С. 85–92.
13. Михайлов, В. Випарні системи у свинарських приміщеннях: досвід України. *Агроінженерія*, 2024. Вип. 15(3), С. 41–48.
14. Жижка С. В. Оптимізація техніко-технологічних умов утримання свиней ірландської селекції в умовах промислової технології. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Суми, 2021. 189 с.
15. Повод, М. Г., Лихач, В. Я., Лихач, А. В., Оборонько, Д. М. Практична реалізація існуючих та удосконалених технологій виробництва продукції свинарства. Миколаїв: Іліон. 2022. URL: <https://dglibtest.nubip.edu.ua/items/6d7960b0-a875-43cd-92b1-bbf7238e03cb>
16. Deschenko, A., Lykhach, A., Lykhach, V., Lenkov, L., Barkar, Y., & Shpetny, M. (2024). The impact of ventilation system type on the microclimate of boar's pen

- and their clinical triad parameters. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 34(3), 420–434. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.1424785>
17. Baumgard, L. H., & Rhoads, R. P. (2013). Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annual Review of Animal Biosciences*, 1, 311–337. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103644>
18. 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. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4342>
19. 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. <https://doi.org/10.13031/trans.57.10711>
20. 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. <https://doi.org/10.13031/aea.12398>
21. Михайлов, В. В. Система вентиляції «Екзатоп» в свинарських господарствах – охолодження. Дайджест «Газета». URL: <https://vvmikhailov.com/tpost/kcmi6ccfp1-sistema-ventilyats-ekzatop-v-svinarskih> (дата звернення 21.09.2026)
22. 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. <https://doi.org/10.1590/1678-6478>
23. 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. <https://doi.org/10.17221/40/2013-RAE>
24. 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. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141693>
25. 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. <https://doi.org/10.31548/animal.2.2024.72>
26. 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. <https://doi.org/10.13031/2013.12734>
27. 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. <https://doi.org/10.1016/j.jaer.2007.02.005>

28. 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. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000600003>
29. 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. <https://doi.org/10.1002/mrd.22844>
30. 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. <https://www.redalyc.org/pdf/2890/289031817016.pdf>
31. Noblet, J., Fortun-Lamothe, L., & Dourmad, J. Y. (2003). Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. *Productions Animales*, 3(4), 197–210. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=LV2016020035>
32. Williams, A. M., Cafranski, 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. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-6055>
33. 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. <https://doi.org/10.2527/1998.7682017x>
34. Повод М., Бондарська О., Лихач В., Жишка С., Нечмілов В. Технологія виробництва продукції свинарства : навчальний посібник : Науково-методичний центр ВФПО. Київ. 2021. 360 с.
35. 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. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000300015>
36. 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. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.04.015>
37. 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 Agrícola*, 65(4), 335–339. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000400002>
38. Kiefer, C., Moura, M. S., Silva, C. M., & Lima, A. L. (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>
39. Mendes, A. S., Rech, C. L. S., Gava, D., Silveira, P. R. S., Machado, G. S., & Silva, C. A. (2020). Evaporative cooling system for gestating and lactating sows: A systematic review. *Ciência Rural*, 50(11), e20190758. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190758>

40. 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. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002448>
41. Регіональні данні метеоспостережень. URL: <https://meteorpost.com/weather/climate/>
42. Ладика В. І., Хмельничий Л. М., Повод, М. Г. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: підручник для аспірантів. Одеса: Олді+, 2023. 244 с.
43. Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12(2), 57–60. <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>
44. Ferreira, A.S., Costa, P.M.A., & Pereira, J.A.A. (1988). Estimativas de Produção de Leite de Porca. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 17, 203–211.
45. Церенюк, А. Н., Хватов, А. І., Стрижак, Т. А. Оцінка ефективності показників материнської продуктивності свиней. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Творчість*, 2010. Т. 3(42), 73–77. <http://socrates.vsau.edu.ua/repository/getfile.php/6689.pdf>
46. Radnóczy, L., Novozánszky, G., Baltay, M., Csóka, L., Eicher, J. & Fekete, B. (2017). Ertés teljesítményvizsgálati kódex. Budapest, 39. URL: http://www.mfse.eu/modul/_files/k_dex_8_2017.pdf
47. Крамаренко С. С., Луговий С. І., Лихач А. В., Крамаренко О. С. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ, 2019. 211 с.
48. Muns, R., Malmkvist, J., Larsen, M. L. V., Sørensen, D., Pedersen, L. J., & Nielsen, M. N. (2016). High environmental temperature around farrowing induced heat stress in crated sows. *Journal of Animal Science*, 94(1), 377–384. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9623>
49. Ross, J. W., Hale, B. J., Seibert, J. T., Romoser, M. R., Adur, M. K., & Keating, A. F. (2017). Physiological mechanisms through which heat stress compromises reproduction in pigs. *Molecular Reproduction and Development*, 84(9), 934–945. <https://doi.org/10.1002/mrd.22859>

Sadovy Andriy,

Candidate for the degree of Doctor of Philosophy, 3rd year of study,

Department of Animal Husbandry Technologies,

National University of Life Resources and Environmental Management of Ukraine

ORCID ID: 0009-0001-2608-4033

e-mail: a.sadovyi@nubip.edu.ua

Lykhach Vadym,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Animal Husbandry Technologies
National University of Life Resources and Environmental
Management of Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-9150-6730

e-mail: vylykhach80@nubip.edu.ua

Usenko Svitlana,

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher.
Department of Animal Productivity Biology
Poltava State Agrarian University

ORCID ID: 0000-0001-9263-5625

e-mail: svetlana.usenko@pdau.edu.ua

Myhalko Oleksandr,

Doctor of Philosophy, Associate Professor, Department
of Feed Technology and Animal Feeding,
Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-0736-2296

e-mail: snau.cz@ukr.net

Zlamanyuk Lyudmila,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
of the Department of Animal Husbandry Technologies,
National University of Life Resources and Environmental Management
of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0003-3323-4658

e-mail: zlamanyuk@nubip.edu.ua

Chepil Lyudmila,

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor of the Department of Animal Husbandry Technologies,
National University of Life Resources and Environmental Management
of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-2889-5446

e-mail: chepil2017@ukr.net

INFLUENCE OF THE JET COOL FORCED EVAPORATIVE AIR COOLING SYSTEM ON THE PARAMETERS OF THE MICROCLIMATE OF THE ROOMS, THERMAL STRESS AND PRODUCTIVITY OF SOWS AND PIGLETS

Abstract

The study aimed to determine the impact of a pad cooling system on the microclimate in the sow and suckling piglet housing, as well as their physiological state and well-being. The effect of the system on temperature, humidity, air velocity, heat stress, sow milk production, growth, and survival of the offspring was assessed. It was found that using a pad cooling system significantly affected the microclimate, sow physiological state, and suckling piglet production. In the control room, the air temperature at the sow's respiratory tract level was 28.7 °C, which exceeded the standard values (19–24 °C). In the experimental room with pad cooling, the temperature decreased to 22.4 °C, i.e., by 6.3 °C or 21.9%, which fully met thermal comfort requirements. In the piglet holding area, the temperature decreased by 2.3 °C (7.3%), providing optimal conditions for the growth of the young. The air velocity was also stabilized: at the sow's respiratory tract level, it decreased by 0.08 m/s (22.2%), at the level of the piglets, by 0.09 m/s (34.6%). This allowed avoiding drafts and excessive cooling of the animals, especially sensitive piglets. The air humidity increased from 52.7–53.4% in the control to 65.9–66.1% in the experiment, bringing the conditions closer to the optimal 40–70%. The decrease in the thermal and humidity index (THI) from 77.16 to 69.59 points (-9.8%) had a positive effect on the physiological condition of the sows: skin temperature decreased by 0.3 °C, respiratory rate decreased by 26.3 movements per minute (38.4%), and body weight loss during lactation decreased by 23 kg or 81.6% in natural units (from 28.2 to 5.2 kg). Improved appetite and microclimate increased feed consumption per sow during lactation by 27.73 kg (15.3%). The average daily feed consumption increased by 1.06 kg (16.2%), while the piglets' need for pre-starter feed decreased by 22%. The milk production of sows increased: the average daily milk yield increased by 11.4%, the total for lactation by 10.5%, milk per weaned piglet increased by 10.2%, and milk consumption per 1 kg of piglet growth remained stable. Thanks to the optimal microclimate, the proportion of stillborn piglets decreased by 12.6%, the number of weaned piglets per sow increased by 2.6%, and the survival rate of the litter increased by 1.22%. The weight of one piglet at weaning increased by 0.61 kg (10.2%), and the weight of the entire litter by 10.7 kg (13.1%). The absolute gain of one piglet during lactation increased by 0.7 kg (7.0%), the average daily gain by 7.7–18%, and the complex indices of reproductive qualities of sows (IVYA, SIVIAS, SZFTV) increased by 2–5%.

Keywords: well-being, evaporation panels, reproductive traits, microclimate, piglet, productivity, growth, sow, thermal comfort, technology, maintenance.

References

1. 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. <https://doi.org/10.13031/aea.12398>
2. 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. <https://doi.org/10.1186/s12711-018-0382-1>

3. Reznichenko, V. I., & Lykhach, V. Ya. (2023). The influence of the type of local heating and its energy saving on the productivity and behavior of suckling piglets. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky*, 134, 305–314. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.39>
4. Lontoc, C. A. A., Marquez, J. B., & Valencia, J. C. (2016). Comparative performance of sows housed with and without evaporative cooling system at temperature humidity index of 73–83. *Philippine Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 42(2), 77–84. <http://pjas.org/index.php/pjas/article/view/183>
5. 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. <https://doi.org/10.1071/AN15267>
6. 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. <https://doi.org/10.1093/jas/sky057>
7. Cabezón, F. A., Schinckel, A. P., Alencar, S. A., Faccin, J. E., da Silva, C. A., & Moreira, R. H. R. (2017). Effect of floor cooling on late lactation sows under acute heat stress. *Livestock Science*, 206, 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.10.017>
8. Povod, M. G. (2015). Justification, development, practical implementation of existing and improved technologies for pork production. Doctoral dissertation. Mykolaiv. 369 p.
9. Voloshchuk, V. M., Pidtereba, O. I., & Gerasymchuk, V. M. (2017). Efficiency of creating a microclimate in the brooder with different methods of air supply and removal. *Svynarstvo. Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk Instytutu svynarstva i APV NAAN*, (69), 9–18.
10. Gerasymchuk, V. M. (2018). Assessment and improvement of ventilation systems of pig farms for various purposes. Doctoral dissertation, Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production NAAN. Poltava. 191 p.
11. Mykhalko, O. G., & Povod, M. G. (2019). Seasonal dependence of the productivity of sows of Danish origin on the design features of the ventilation system of premises during the period of resistance and lactation. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii «Tvarynnystvo»*, 1–2(36–37), 15–25. URL: <https://repo.snau.edu.ua/handle/123456789/8515>
12. Mykhailov, V. (2024). Cooling systems in pig farming: Effectiveness of pad cooling. *Naukovyi visnyk veterinarnoi medytsyny*, 42(2), 85–92.
13. Mykhailov, V. (2024). Evaporative systems in pig farming premises: Experience of Ukraine. *Ahroinzheneriia*, 15(3), 41–48.
14. Zhizhka, S. V. (2021). Optimization of technical and technological conditions for keeping Irish-bred pigs in industrial technology. PhD dissertation. Sumy. 189 p.
15. Povod, M. G., Lykhach, V. Ya., Lykhach, A. V., & Oboronko, D. M. (2022). Practical implementation of existing and improved technologies for the production of pork products. Mykolaiv: Ilion. URL:

- 16.Deschenko, A., Lykhach, A., Lykhach, V., Lenkov, L., Barkar, Y., & Shpetny, M. (2024). The impact of ventilation system type on the microclimate of boar's pen and their clinical triad parameters. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 34(3), 420–434. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.1424785>
- 17.Baumgard, L. H., & Rhoads, R. P. (2013). Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annual Review of Animal Biosciences*, 1, 311–337. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103644>
- 18.Malmkvist, J., Pedersen, L. J., Kammergaard, 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. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4342>
- 19.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. <https://doi.org/10.13031/trans.57.10711>
- 20.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. <https://doi.org/10.13031/aea.12398>
- 21.Mykhaylov, V. V. (n.d.). Ventilation system "Ekzatop" in pig farms – cooling. Digest "Gazeta". Retrieved September 21, 2026, URL: <https://vvmikhailov.com/tpost/kcmi6ccfp1-sistema-ventilyats-ekzatop-v-svinarskih> (Request date 21.09.2025)
- 22.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. <https://doi.org/10.1590/1678-6478>
- 23.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. <https://doi.org/10.17221/40/2013-RAE>
- 24.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. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141693>
- 25.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. <https://doi.org/10.31548/animal.2.2024.72>
- 26.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.
<https://doi.org/10.13031/2013.12734>

27. 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. <https://doi.org/10.1016/j.jaer.2007.02.005>
28. 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. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000600003>
29. 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. <https://doi.org/10.1002/mrd.22844>
30. 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. <https://www.redalyc.org/pdf/2890/289031817016.pdf>
31. Noblet, J., Fortun-Lamothe, L., & Dourmad, J. Y. (2003). Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. *Productions Animales*, 3(4), 197–210. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=LV2016020035>
32. 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. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-6055>
33. 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. <https://doi.org/10.2527/1998.7682017x>
34. Povod, M., Bondarska, O., Lykhach, V., Zhyshka, S., & Nechmilov, V. (2021). Technology for the production of pork products: A textbook. Kyiv: Scientific and Methodological Center of the VFPO. 360 p.
35. 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. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000300015>
36. 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. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.04.015>
37. 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 Agrícola*, 65(4), 335–339. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000400002>

- 38.Kiefer, C., Moura, M. S., Silva, C. M., & Lima, A. L. (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>
- 39.Mendes, A. S., Rech, C. L. S., Gava, D., Silveira, P. R. S., Machado, G. S., & Silva, C. A. (2020). Evaporative cooling system for gestating and lactating sows: A systematic review. *Ciência Rural*, 50(11), e20190758. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190758>
- 40.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. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002448>
- 41.Regional meteorological observation data. URL: <https://meteopost.com/weather/climate/> (Request date 21.09.2025)
- 42.Ladyka, V. I., Khmelnychy, L. M., & Povod, M. G. (2023). Technology of production and processing of livestock products: A textbook for graduate students. Odesa: Oldi+. 244 p.
- 43.Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12(2), 57–60. <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>
- 44.Ferreira, A.S., Costa, P.M.A., & Pereira, J.A.A. (1988). Estimativas de Produção de Leite de Porca. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 17, 203–211.
- 45.Tsereniuk, A. N., Khvatov, A. I., & Stryzhak, T. A. (2010). Evaluation of the effectiveness of indices of maternal productivity of pigs. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: Tvorchist*, 3(42), 73–77. <http://socrates.vsau.edu.ua/repository/getfile.php/6689.pdf>
- 46.Radnóczy, L., Novozánszky, G., Baltay, M., Csóka, L., Eicher, J. & Fekete, B. (2017). *Ertés teljesítményvizsgálati kódex*. Budapest, 39. URL: http://www.mfse.eu/modul/_files/k_dex_8_2017.pdf
- 47.Kramarenko, S. S., Lugovyi, S. I., Lykhach, A. V., & Kramarenko, O. S. (2019). Analysis of biometric data in animal breeding and selection: A textbook. Mykolaiv: MNAU. 211 p.
- 48.Muns, R., Malmkvist, J., Larsen, M. L. V., Sørensen, D., Pedersen, L. J., & Nielsen, M. N. (2016). High environmental temperature around farrowing induced heat stress in crated sows. *Journal of Animal Science*, 94(1), 377–384. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9623>
- 49.Ross, J. W., Hale, B. J., Seibert, J. T., Romoser, M. R., Adur, M. K., & Keating, A. F. (2017). Physiological mechanisms through which heat stress compromises reproduction in pigs. *Molecular Reproduction and Development*, 84(9), 934–945. <https://doi.org/10.1002/mrd.22859>

Стаття надійшла до редакції 30 липня 2025 року

Стаття пройшла рецензування 02 вересня 2025 року

Стаття опублікована 30 вересня 2025 року