

4. Рибаченко О.М. Основні проблеми розвитку кормовиробництва в Україні. *Агроінком*. 2011. № 10–12. С. 34–37.
5. Теорія і практика нормованої годівлі великої рогатої худоби : монографія / Г. О. Богданов, В. М. Кандиба, І. І. Ібатуллін [та ін.]; за ред. В. М. Кандиби, І. І. Ібатуліна, В. І. Костенка. Житомир : Рута, 2012. 860 с.
6. Технологія виробництва продукції тваринництва : підруч. / [Бусенко О.Т., Скоцик В.Є., Маценко М.І. та ін.]; за ред. О.Т. Бусенка. К. : «Агроосвіта», 2013. 492 с.
7. Яблонський В.А., Яблонська О. В. Методи наукових досліджень у тваринництві та ветеринарній медицині (Навчальний посібник для студентів магістратури, аспірантури та докторантури). Четверте видання. К.: В-во ТОВ "Аграр Медіа Груп", 2012. 297 с.
8. Matthews J. O., Southem L. L., Higbie A. D. Effect of betaine on growth, carcass characteristics, pork quality, and plasma metabolites of finishing pigs. *Journal of animal science*. 2014, P. 722–728.
9. Petra Wolf. (2021). Nutrition of the High-Yielding Dairy Cow. *Bovine Science Challenges and Advances*. doi:10.5772/intechopen.99438.
10. Sauvant, D., & Noziere, P. (2016). Quantification of the main digestive processes in ruminants: The equations involved in the renewed energy and protein feed evaluation systems. *Animal* 10:755-770. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002670>.

УДК 636.4.083.312:644.1"32"

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.31>

ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННІ ДЛЯ УТРИМАННЯ КНУРІВ-ПЛІДНИКІВ ЗА РІЗНИХ ТИПІВ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПОВІТРЯ ПРОТЯГОМ РОКУ

Дещенко О.С. – аспірант кафедри біології тварин,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Лихач А.В. – д.с.-г.н., професор,
професор кафедри біології тварин,
Національний університет біоресурсів і природокористування України

У зв'язку з глобальним потеплінням на планеті спостерігається підвищення температури з аномально спекотними періодами впродовж року, що спонукає використання альтернативних джерел відновлюваної енергії (геотермальної) з метою поліпшення мікроклімату свинарських підприємств.

У статті представлено результати вимірювань і аналізу параметрів мікроклімату в приміщенні для утримання кнурів-плідників за різних типів систем вентиляції повітря протягом року. Експериментальні дослідження проводили впродовж 2021 року, загалом використано 18 голів кнурів-плідників великої білої породи, порід ландрас і дюрок в умовах ПрАТ «Племзавод «Степной» Запорізької області. Правила поводження з кнурами в експерименті відповідали європейському законодавству про захист тварин та їх комфорт, які утримуються на фермах.

Результати експерименту свідчать, що за геотермальної вентиляції влітку температура повітря у приміщенні для утримання кнурів за рахунок підземного охолодження склала 24,4°C, що на 4,5°C вірогідно нижче ($p < 0,001$) відносно поперечної системи клімат-контролю. Осциляція середніх значень температури, показники швидкості руху повітря і вологості відносно решта пір року відповідали зоогігієнічним нормативним

параметрам для даної технологічної групи свиней за підземного типу підготовки повітря у приміщенні. Взимку обидві системи вентиляції коректно виконували свій функціонал, а показники шкідливих газів у повітрі відповідали нормативним значенням ВНТП-АПК – 02.05. За геотермальної системи вентилявання приміщення навесні фіксувався вищий вміст вуглекислого газу на $0,2 \text{ л/м}^3$, аміаку на $2,4 \text{ мг/м}^3$ ($p < 0,001$), сірководню на $0,30 \text{ мг/м}^3$ ($p < 0,01$), порівняно з поперечною системою вентиляції. Влітку застосування системи повітрообміну геотермального типу характеризувалося вищими рівнями вмісту CO_2 на $0,5 \text{ л/м}^3$ ($p < 0,001$), NH_3 на $1,6 \text{ мг/м}^3$ ($p < 0,001$), H_2S на $1,9 \text{ мг/м}^3$ ($p < 0,001$), а восени – зафіксовано на $0,1 \text{ л/м}^3$, більше концентрації вуглекислого газу, на $1,6 \text{ мг/м}^3$ ($p < 0,001$) вищий вміст аміаку і, зрештою, на $1,5 \text{ мг/м}^3$ ($p < 0,001$) більшу концентрацію сірководню, ніж при кліматичному контролі поперечної вентиляції повітря.

Таким чином, система поперечної вентиляції краще видаляє забруднене повітря з приміщення, мінімізуючи негативний вплив шкідливих газів CO_2 , NH_3 і H_2S на здоров'я і шерстопродукцію кнурів, що у найближчій перспективі публікуватиметься у науковій пресі.

Ключові слова: свині, кнури, технологія, мікроклімат, вентиляція, температура.

Deshchenko O.S., Lykhach A.V. Microclimate parameters boars housing with different types of air ventilation systems during the year

Due to global warming, the planet is experiencing an increase in temperature with abnormally hot periods throughout the year, which encourages the use of alternative sources of renewable energy (geothermal) to improve the microclimate of pig farms.

The article presents the results of measurements and analysis of microclimate parameters boars housing with different types of air ventilation systems during the year. Experimental studies were conducted during 2021, a total of 18 heads of boars of Large White, Landrace and Duroc breeds were used in the conditions of PJSC «Stepnoy», Zaporizhzhya region. The rules for handling boars in the experiment were in line with European legislation on the protection of animals and their comfort kept on farms.

The results of the experiment indicate that with geothermal ventilation in summer, the air temperature in the boar house due to underground cooling was 24.4°C , which is 4.5°C significantly lower ($p < 0.001$) than the transverse climate control system. The oscillation of average temperature values, air velocity and humidity relative to the rest of the year corresponded to zoohygienic regulatory parameters for this technological group of pigs with the underground type of indoor air preparation. In winter, both ventilation systems correctly performed their functions, and the indicators of harmful gases in the air corresponded to the normative values of VNT-APC – 02.05. In the geothermal ventilation system in spring, a higher content of carbon dioxide by 0.2 л/м^3 , ammonia by 2.4 мг/м^3 ($p < 0.001$), and hydrogen sulfide by 0.30 мг/м^3 ($p < 0.01$) was recorded compared to the transverse ventilation system. In summer, the use of the geothermal air exchange system was characterized by higher levels of CO_2 by 0.5 л/м^3 ($p < 0.001$), NH_3 by 1.6 мг/м^3 ($p < 0.001$), H_2S by 1.9 мг/м^3 ($p < 0.001$), and in autumn it was recorded by 0.1 л/м^3 , higher carbon dioxide concentration, 1.6 мг/м^3 ($p < 0.001$) higher ammonia content, and, finally, 1.5 мг/м^3 ($p < 0.001$) higher hydrogen sulfide concentration than in the climate control of transverse ventilation.

Key words: pigs, boars, technology, microclimate, ventilation, temperature.

Постановка проблеми. За даними Організації Об'єднаних Націй, станом на 15 листопада 2022 року населення світу сягнуло 8 мільярдів осіб, а прогнози стосовно росту населення від цієї ж світової організації наступні: 8,5 мільярдів – у 2030 році, 9,7 мільярда – у 2050 році та 10,4 мільярда – у 2100 році [33]. Виходячи із вищевказаних передумов, зростання світового населення сприятиме збільшення попиту на продукти харчування близько 60% до 2050 року [31]. Це означатиме, що агропромислові підприємства з виробництва продукції тваринництва мають витратити у найближчому майбутньому більше енергетичних потужностей задля збільшення кількості поголів'я тварин аби задовольнити потреби зростаючого населення з метою збалансування продовольчої й харчової безпеки. Крім того, білки тваринного походження відносяться до ряду повноцінних харчових продуктів з амінокислотним складом, що подібний до білків людського організму, тому і їх засвоюваність у травній системі людини становить 90–98%, що є основною причиною використання населенням планети до 25% тваринних білків [25].

Ось тому, виникає необхідність вирощувати тварин у закритих системах, або так званих тваринницьких приміщеннях, забезпечуючи контрольовану температуру, вологість та інші умови утримання. У результаті, сучасні тваринницькі комплекси мають вигляд інтенсивних систем технологій виробництва свинини, котрі експлуатуються з мінімальними витратами, максимальними технологіями і виробничими потужностями з дотриманням нормативних вимог для утримання свиней різних технологічних груп [11].

Варто відзначити, що в Україні, незважаючи на військові дії, свинина залишається найбільш споживаним видом м'яса, а її виробництво відбувається в регіонах з екстремальними температурами [24]. У зв'язку з цим, наголошуємо, що отримання високоякісної продукції неможливе без забезпечення нормованих показників мікрокліматичних параметрів на основі енергетичних ресурсів, навіть за умови повноцінної годівлі. Останній рік під час масованих обстрілів енергопотужностей України з боку країни-агресорки, важливість питання енергетики в сільському господарстві як з економічної, так і з екологічної точки зору є актуальним [10]. А тому, енергія копалин поступово замінюється відновлюваними джерелами, наприклад геотермальною енергією, що передбачається законами Європейського Союзу.

У результаті вище викладеного матеріалу, зазначаємо, що для отримання відповідної кількості продукції варто використовувати такі системи клімат-контролю, котрі забезпечуватимуть адекватні кліматичні умови у приміщеннях для вирощування свиней різних технологічних груп на промисловій основі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання механічних кліматичних систем у свинарниках, наприклад повітронагрівачів і вентиляторів спонукає значне споживання енергії [32], що робить свинарство другим за енергоємністю видом діяльності в усьому тваринництві після виробництва молока в Європейському Союзі [34].

На жаль, згідно з оцінками, споживання енергії в найближчому майбутньому галузю свинарства продовжуватиме зростати, чому сприятимуть різноманітні соціально-демографічні зміни, котрі збільшать глобальний попит на свинину [9, 10]. Дані факти сприяють глибокій трансформації енергетичних систем тваринницьких приміщень, які поступово переходять від викопного палива до більш стійких і низьковуглецевих джерел енергії, таких як фотоелектрична, сонячна теплова енергія і геотермальна енергія [20].

На думку *Krommweh M.S., Rösmann P., Büscher W.* [22], використання відновлюваної енергії є важливою альтернативою викопних ресурсів у сільськогосподарському секторі, зокрема у свинарстві. Разом з тим, використання альтернативних видів енергії при виробництві свинини необхідно для зниження шкідливої дії галузі на довкілля, а також для забезпечення вимог благополуччя для свиней з метою унормування біологічних потреб свиней до їх фактичного утримання в умовах промислових комплексів.

Метеорологічні умови південного регіону України, зокрема Запорізької області є помірно-континентальними з м'якою малосніжною зимою та особливо спекотним літом. У зв'язку з цим, температура, вологість і якість повітряного басейну у приміщеннях для утримання свиней є важливими параметрами з догляду, а контроль температури має вирішальне значення для свиней, оскільки незначна зміна внутрішньої температури має негативний вплив на поведінку, здоров'я, ріст, продуктивність, і, як результат, благополуччя свиней [9, 15-16, 23, 28].

В Україні достатньо чітко виражені температурно-вологісні коливання навколишнього середовища впродовж року, а тому продовжують існувати проблеми з температурою повітря всередині свинарника. За умови зміни температури навколишнього середовища, метаболізм свиней збільшується, що призводить до зниження ефективності використання кормових ресурсів та збільшення часу досягнення забійної маси [6-8, 24]. У зв'язку з цим, система геотермальної вентиляції запропонована, як метод поліпшення мікроклімату свинарників, підвищення продуктивних ознак свиней, запобігання захворюванням свиней та зведенню до мінімуму виділення шкідливих газів та запахів в умовах підвищеного чи зниженого температурного режиму навколишнього середовища. Вентиляційні системи з підвальним припливом повітря та геотермальної системи вентиляції, за якої припливне повітря проходить через прокладене під приміщенням каміння. Припливне повітря підігрівається чи охолоджується в підземних каналах або під час проходження через каміння за рахунок температури ґрунту (влітку – до 10°C, а взимку – до 5°C). А для кнурів існує особлива система охолодження – геотермальна вентиляція із застосуванням кам'яних подушок. Під корпусом на глибині 3 м викопані траншеї, котрі обкладені плитами і бутовим камінням, де охоложене повітря проходить по траншеї, а потім надходить у приміщення для утримання кнурів. У результаті вище як 25°C в приміщенні температура не підвищується, хоч на вулиці може бути понад 40°C.

Мета досліджень – вивчення впливу різних типів вентиляційних систем на показники мікроклімату в приміщеннях для утримання кнурів-плідників.

Матеріал та методика дослідження. Умови годівлі, напування, утримання, догляду, профілактики та лікування відповідали європейському законодавству щодо захисту тварин та їх комфорту (Директива Ради 2008/120/ЄС «Про встановлення мінімальних стандартів захисту свиней» від 18 грудня 2008 р. [12]), (Директива Європейського Парламенту та Ради 2010/63/ЄС «Про захист тварин, що використовуються в наукових цілях» від 22 вересня 2010 р. [13]) та Наказу Міністерства України «Про затвердження Вимог щодо забезпечення добробуту сільськогосподарських тварин під час їх утримання» від 18 лютого 2021 р. [5]. Поводження з кнурами в експерименті повністю відповідало вимогам біоетичних стандартів належного поводження з тваринами, схваленого Локальною комісією з питань біоетики Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Експериментальні дослідження проводили впродовж 2021 року у племінному господарстві України – ПрАТ «Племзавод «Степной» Запорізької області. Всього в експерименті використано 18 голів кнурів-плідників великої білої породи, порід ландрас і дюрок.

У свинарнику використовували примусову поперечну та геотермальну вентиляцію з електронним управлінням. Кнурам згодовували індивідуально гранульований повнораціонний комбікорм «Eber» по 2,8-3,0 кг корму на голову/добу з поживністю: вміст сирого протеїну 202,630 г/кг та обмінною енергією 12,406 МДж/кг. До складу 1 кг гранульованого комбікорму «Eber» виробництва ТОВ «ПК «Альтернатива» входять наступні інгредієнти (%): кукурудза (20,000), пшениця (18,355), висівки пшеничні (25,000), макуха соєва (22,645), шрот соняшниковий (10,000), Аміномікс Ебер (4,000), (сертифікат якості згідно з Технічними умовами ДСТУ 4508:2005). Корм згодовували двічі на добу, о 8:00 та 16:00. Кнури мали постійний доступ до питної води з ніпельних напувалок. Параметри мікроклімату під час утримання кнурів відповідали ВНТП-АПК – 02.05 «Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми)» [3].

Повновікових кнурів-плідників розділено на 2 групи: контрольна група кнурів у кількості 9 голів утримувалася у приміщенні, вентилявання котрого здійснювалось за допомогою системи поперечної вентиляції, з стінними повітрязабірними клапанами, витяжними стінними вентиляторами і автоматизованою системою регулювання мікроклімату.

Особливості конструкційного рішення вентиляційної системи у приміщенні, де утримувалися кнури у кількості 9 голів дослідної групи полягають у організації циркуляції повітря шляхом геотермальною системою: приплив повітря із навколишнього середовища здійснюється через вхідну повітрязабірну шахту, далі рух повітря пролягає через підземний тунель-повітропровід, де воно додатково нагрівається взимку, або охолоджується влітку за рахунок енергії ґрунту перед надходженням безпосередньо у приміщення через нижні повітряні стійки, котрі рівномірно знаходяться біля станків кнурів. Витяжні вентилятори шахт, розміщених на стелі, витягують повітря назовні, а функціонування всієї системи організовується і контролюється приладом управління мікрокліматом.

Обидва приміщення за різних систем вентиляції, де утримувалися піддослідні групи кнурів мали ідентичну будову, виконані з аналогічних будівельних матеріалів і однаково просторово розташовані відносно рози пануючих вітрів. Кількість кліток в обох приміщеннях однакова, з ідентичною площею, аналогічною системою напування, транспортування і роздачі корму, гній з приміщень видаляється горизонтальними транспортерами ТСН-3 та виносними транспортерами на тракторні причепа.

Параметри мікроклімату вимірювалися кожен місяць відповідного сезону року в один і той самий час тричі на добу (о 7:00, 14:00, та 22:00 години).

Протягом експерименту впродовж 2021 року в обох піддослідних групах кнурів досліджувалися параметри мікроклімату в приміщеннях за допомогою сертифікованих приладів: температури повітря – пірометру «Testo 810» виробник – «Testo AG» (Німеччина) з діапазоном безконтактної температури поверхні $-30...+300^{\circ}\text{C}$ і похибкою $\pm 2^{\circ}\text{C}$ та температури повітря – $-10...+50^{\circ}\text{C}$ з похибкою $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$; швидкості руху повітря – термоанемометром «Testo 425» виробник – «Testo AG» (Німеччина) з діапазоном вимірювань температури: $-20...+70^{\circ}\text{C}$ точністю $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, діапазоном вимірювань швидкості потоку: $0...20$ м/с й точністю $\pm(0,03\text{ м/с} + 5\%$ від виміряного значення). Відносну вологість повітря вимірювали за допомогою термогігрометра «Testo 605» виробник – «Testo AG» (Німеччина) з діапазоном вимірювання 5-95% відносної вологості ($\pm 3,0\%$ відносної вологості). Наявність і концентрація токсичних та шкідливих газів вимірювалася за допомогою сигналізатора-аналізатора газів, індивідуального багатокomпонентного «ДОЗОР-СМ», виробник – «НВП Оріон» (Україна) з діапазоном вимірювань за вмістом сірководню (H_2S) – від 0 до 50 мг/м³ з основною похибкою $\pm 2,5$ мг/м³, за аміаком (NH_3) – від 0 до 20 мг/м³ і основною похибкою ± 5 мг/м³, діоксиду вуглецю (CO_2) – від 0 до 0,2 л/м³ і основною похибкою $\pm 0,025$ мг/м³. Обладнання сертифіковане в Україні та відповідає ДСТУ 3377-96 [2].

Отримані результати були проаналізовані за допомогою Excel 2010. Результати представлені як середня арифметична величина \pm похибка середньої арифметичної величини ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$). Для дослідження використовували такі рівні значущості: $P < 0,05$; 0,01 і 0,001 між параметрами мікроклімату й аналізували за допомогою t-критерію Стьюдента [1].

Виклад основного матеріалу дослідження. Оскільки контроль за показниками мікроклімату в приміщеннях для утримання різних технологічних груп

свиней важливий, особливо для регіонів, де температура навколишнього середовища є вищою, ніж термонейтральна зона тварин [26] тому для викладення проведених результатів дослідження, надаємо графік щомісячної денної та нічної температури повітря протягом 2021 року в Запорізькій області (рис. 1) згідно даним Українського гідрометеорологічного центру Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Дані, котрі наведені на рис. 1 свідчать, що починаючи з червня й до вересня місяця денна температура навколишнього середовища коливалася від 26,3 до 22,6°C. Звісно, така температура не входить у межі температурної нейтральності кнурів-плідників, а є верхньою критичною температурою, при якій тварини повинні збільшити швидкість тепловтрати для досягнення теплового балансу. Якщо брати до уваги температуру в середині приміщень для утримання кнурів-плідників, то без додаткових систем клімат-контролю неможливо створити тваринам відповідний температурний контроль.

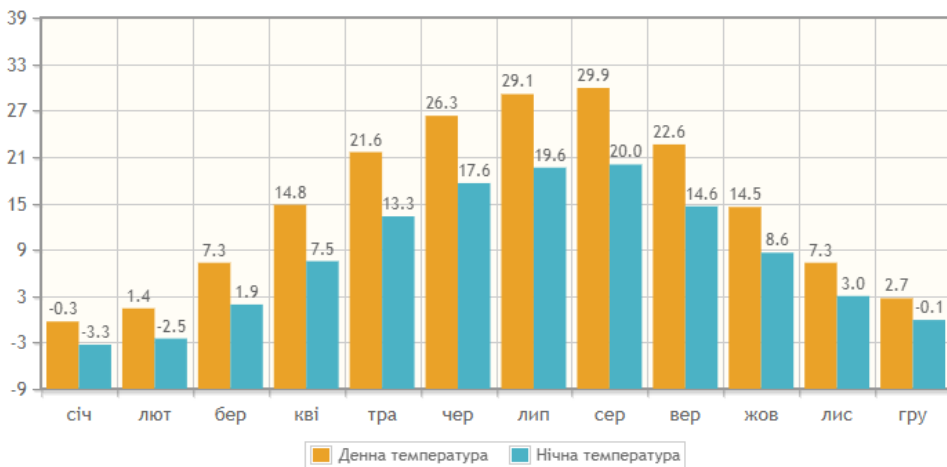


Рис. 1. Денна та нічна температура повітря у Запорізькій області протягом 2021 року

Джерело: дані Українського гідрометеорологічного центру Державної служби України з надзвичайних ситуацій станом на 2021 р. в умовах Запорізької області

У зв'язку з цим, нами проведено порівняльні дослідження поперечної та геотермальної систем вентиляції приміщення для утримання кнурів-плідників в умовах півдня України впродовж чотирьох календарних сезонів року (табл. 1). Оптимізація умов навколишнього середовища для кнурів-плідників є важливим принципом для: оптимального синтезу сперміїв і вироблення якісної сперми, результативного перебігу статевих рефлексів, споживання корму, підтримки здоров'я і благополуччя тварин. Свині, як й інші гомойотермні тварини, підтримують постійну температуру тіла в мінливих умовах навколишнього середовища умовах, регулюючи теплопродукцію і тепловтрати [15-16]. Свині почуваються найкомфортніше, коли температура навколишнього середовища знаходиться в зоні теплової нейтральності, коли тварини не відчувають ані холоду, ані спеки. Вектор контролю за мікрокліматичними показниками у приміщенні для утримання

кнурів-плідників є надважливим, особливо для регіонів України, де температура навколишнього середовища часто підіймається вище зони термічної нейтральності, або, так званої, зони температурного комфорту.

Таблиця 1

Параметри мікроклімату в приміщенні для утримання кнурів-плідників за різних типів систем вентиляції повітря протягом року, $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$

Показник	Нормативне значення	Сезон року			
		зима	весна	літо	осінь
поперечна вентиляція					
Температура повітря, °С:	17,0-19,0	15,6±0,74	16,3±0,56	28,9±0,48	17,2±0,83
Відносна вологість повітря, %	40,0-65,0	63,6±0,52	67,5±0,46	43,4±0,34	70,5±0,39
Швидкість руху повітря, м/с	0,30-1,00	0,15±0,032	0,29±0,024	0,54±0,042	0,33±0,019
геотермальна вентиляція					
Температура повітря, °С	17,0-19,0	19,2±0,69***	18,8±0,49***	24,4±0,62***	19,4±0,65*
Відносна вологість повітря, %	40,0-65,0	58,2±0,41**	62,2±0,54**	42,7±0,72	62,4±0,61***
Швидкість руху повітря, м/с	0,30-1,00	0,08±0,021***	0,15±0,038***	0,20±0,032***	0,16±0,022***

*Примітки. Тут і далі: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ (у порівнянні з кнурами, котрі утримувалися за поперечної системи вентиляції повітря у приміщенні).*

Джерело: авторські вимірвальні дані та розрахунки

Аналіз показників температури у приміщенні для кнурів-плідників у зимовий період року свідчить про достовірне перевищення її значень у приміщенні з геотермальною вентиляцією на 3,6°C, або на 18,75% ($p < 0,001$). Відзначаємо, що вимірювання швидкості руху повітря у приміщенні з поперечною вентиляцією взимку зумовлювало вищі значення даного параметру мікроклімату на 0,07 м/с, або 46,67% ($p < 0,001$) та вищу відносну вологість повітря на 5,4% ($p < 0,01$).

Дослідження температурних змін весною дало змогу встановити, що у елевелі за дії геотермальної системи вентиляції значення температури повітря було вірогідно вищим на 2,5°C, або на 13,29% ($p < 0,01$), ніж у приміщенні з поперечною системою клімат-контролю. Стосовно параметрів швидкості руху повітря та відносної вологості, то вірогідно вищими значеннями відзначалися споруди з поперечним типом вентиляційної системи на 0,14 м/с, або 48,27% ($p < 0,001$) та 5,3% ($p < 0,01$), відповідно, ніж у приміщеннях з підземним типом подачі повітря.

У зв'язку з тим, що літні температури навколишнього середовища півдня України були і залишаються екстримально високими, де пікові показники становлять 38,0°C на сонці, а середні їх значення досягають рівня 29,9°C, то температура повітря у приміщенні для утримання кнурів-плідників теж суттєво підвищується за поперечної системи вентиляції – 28,9°C, а за підземно-тунельного типу подачі повітря, його температура становила – 24,4°C, що на 4,5°C вірогідно нижче ($p < 0,001$). Якщо спостерігається висока температура навколишнього середовища, котра у свиней перевищує зону їх температурної нейтральності, то тваринам стає важче зберігати температурний комфорт з причини обмеженої здатності до потовиділення [24].

З позиції технолога з виробництва і переробки продукції тваринництва варто пам'ятати, що за умови збільшення температури повітря у приміщенні для утримання кнурів-плідників $+26^{\circ}\text{C}$ і більше у тварин спостерігається тепловий стрес, котрий впливає безпосередньо на первинну репродуктивну функцію, якість еякуляту кнура, викликаючи морфологічні зміни в сперміях [14-16, 21, 29-30], і як наслідок, знижується якість ембріонів, частішає ембріональна смертність та аборти на ранніх стадіях вагітності свиноматок, а також зменшується маса приплоду [24]. А тому контроль мікроклімату в елевтері дозволяє забезпечити оптимальну температуру для кнурів, однак, при надзвичайно високих зовнішніх температурах, які останнім часом спостерігаються все частіше і частіше, потребує застосування системи охолодження повітря від землі через підземні шахти (канали), як у нашому випадку. Фіксація швидкості руху повітря виявила тенденцію до вірогідного перевищення даного значення у приміщенні для утримання кнурів із поперечною системою вентиляції відносно цього ж параметру за геотермальної системи вентиляції на $0,34\text{ м/с}$, або $51,72\%$ ($p < 0,001$). Варто відзначити, що у літній період досліджуваного року відносна вологість приміщень для утримання кнурів-плідників за обох систем вентиляції відповідала санітарно-гігієнічним нормам і коливалася в межах $42,7-43,4\%$.

Стосовно осіннього періоду року, варто відзначити, що температура у приміщенні на рівні стояння кнура-плідника за геотермальної вентиляції фіксувалася на позначці $19,4^{\circ}\text{C}$, й перебуває у межах норм «ВНТП-АПК-02.05 – Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми)», а також рекомендацій компанії РІС щодо організації роботи станції штучного осіменіння [3]. Тоді як температуру в приміщенні для утримання кнурів за поперечної системи в осінній період виміряно на позначці $17,2^{\circ}\text{C}$, що вірогідно нижче ($p < 0,05$) на $2,2^{\circ}\text{C}$, або $11,34\%$ за вентиляцію з підземною подачею повітря. За параметрами швидкістю руху і відносною вологістю повітря вищі на $0,17\text{ м/с}$ або $48,48\%$ ($p < 0,001$) і на $8,1\%$ ($p < 0,001$), відповідно, показники встановлені для поперечної системи вентиляції.

Обидві системи створення мікроклімату забезпечили різний газовий склад повітря у приміщенні для утримання кнурів-плідників (табл. 2). На підставі вимірювань у зимову пору року в приміщенні для кнурів-плідників за поперечною системою підтримання мікроклімату вміст CO_2 ; NH_3 ; H_2S були нижчими, відповідно, на: $0,1\text{ л/м}^3$, або $5,88\%$; $0,9\text{ мг/м}^3$ або $7,50\%$; $0,2\text{ мг/м}^3$ або $6,25\%$, різниця при цьому невірогідна, порівняно з геотермальною системою підготовки повітря.

Порівняння газового складу повітря навесні у спорудах для утримання кнурів-плідників свідчить, що геотермальна система вентиляції приміщення допускала вищий вміст шкідливих газів, порівняно із поперечним типом вентиляції приміщення, за вмістом: вуглекислого газу на $0,2\text{ л/м}^3$, або $12,50\%$, де різниця є невірогідною; аміаку на $2,4\text{ мг/м}^3$, або $32,43\%$ ($p < 0,001$); сірководню на $0,30\text{ мг/м}^3$, або $16,67\%$ ($p < 0,01$), відповідно.

Варто відзначити, що у літню пору року обидві системи вентиляції коректно виконували свій функціонал, а показники шкідливих газів у повітрі відповідали нормативним значенням ВНТП-АПК 02.05. Разом з тим, застосування системи повітрообміну геотермального типу характеризувалося вищими рівнями вмісту CO_2 на $0,5\text{ л/м}^3$, або $29,41\%$ ($p < 0,001$), NH_3 на $1,6\text{ мг/м}^3$, або $23,53\%$ ($p < 0,001$), H_2S на $1,9\text{ мг/м}^3$, або $58,33\%$ ($p < 0,001$) відносно аналогічного приміщення, де застосовувалась поперечна система клімат-контролю.

Відносно осіннього періоду експериментального року за геотермальної системи вентиляції повітря у приміщенні для кнурів-плідників було зафіксовано на $0,1\text{ л/м}^3$, або $5,00\%$ більше концентрації вуглекислого газу (різниця

є недостовірною), на $1,6 \text{ мг/м}^3$, або $6,45\%$ ($p < 0,001$) вищий вміст аміаку і, зрештою, на $1,5 \text{ мг/м}^3$, або $53,53\%$ ($p < 0,001$) більшу концентрацію сірководню, ніж при кліматичному контролі поперечної вентиляції повітря.

Таблиця 2

Вміст газів у приміщенні для утримання кнурів-плідників за різних типів систем вентиляції повітря протягом року, $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$

Показник	Нормативне значення	Сезон року			
		зима	весна	літо	осінь
поперечна вентиляція					
CO ₂ , л/м ³	2,0	1,6±0,27	1,4±0,42	1,2±0,19	1,9±0,16
NH ₃ , мг/м ³	20,0	11,1±0,34	7,4±0,25	6,8±0,16	5,8±0,47
H ₂ S, мг/м ³	10,0	3,0±0,06	1,5±0,12	1,2±0,09	2,8±0,21
геотермальна вентиляція					
CO ₂ , л/м ³	2,0	1,7±0,19	1,6±0,12	1,7±0,21***	2,0±0,16
NH ₃ , мг/м ³	20,0	12,0±0,28	9,8±0,17***	8,4±0,24***	6,2±0,21***
H ₂ S, мг/м ³	10,0	3,2±0,07	1,8±0,10**	3,1±0,08***	4,3±0,11***

Висновки і перспективи подальших досліджень. Моніторинг мікроклімату у приміщеннях для утримання кнурів-плідників за досліджуваних типів вентиляційних систем дає можливість отримати достовірну інформацію про осциляцію температурно-вологісного режиму протягом всіх сезонів року. На підставі проведених вимірювань і обрахунків встановлено, що як поперечна, так і геотермальна системи вентиляції забезпечують кнурам параметри мікроклімату, котрі відповідають зоогігієнічним нормам згідно ВНТП-АПК-02.05 «Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми)». Проте, використання поперечної системи клімат-контролю не забезпечувало комфортної температури у приміщенні для утримання кнурів-плідників і спонукало її перевищення влітку на $9,9^\circ\text{C}$. А тому, підземна подача повітря забезпечує рівномірний повітрообмін, нормалізуючи температуру і рух повітря, забезпечуючи нормативні значення вологості у різні пори року й добре справляється із завданням створення задовільного мікроклімату в приміщенні для даної виробничої групи.

Система поперечної вентиляції краще видаляє забруднене повітря з приміщення, мінімізуючи негативний вплив шкідливих газів на здоров'я і спермопродукцію кнурів.

Таким чином, параметри мікроклімату в приміщеннях для утримання кнурів-плідників залежали від конструктивних особливостей систем вентилявання повітря і, ймовірно, впливають на поведінкові акти кнурів-плідників, їх статеву поведінку й, зрештою, їх спермопродуктивність, що буде відображено у наступних результатах досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник / С. С. Крамаренко, С. І. Луговий, А. В. Лихач, О. С. Крамаренко. Миколаїв: МНАУ, 2019. 211 с.
2. ДСТУ 3377-96 Сигналізатори горючих газів і парів термохімічні. Загальні технічні умови. [Чинний від 1997-07-01]. Київ, 1997. 24 с. (Інформація та документація).

3. Відомчі норми технологічного проектування Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми), ВНТП-АПК – 02.05. К. : Мінагрополітики України, 2005. 98 с. URL : https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpruyemstva-VNTP-APK-02.05.pdf
4. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві / за ред. І. І. Ібагуліна і О. М. Жукорського : посібник. К., 2017. 328 с.
5. Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України № 224 від 08.02.2021 «Про затвердження вимог до благополуччя сільськогосподарських тварин під час їх утримання». Зареєстрований від 18.02.2021 Міністерством Юстиції України № 206/35828.
6. Підвищення продуктивності свиней за використання сучасного генофонду та інноваційних технологічних рішень : монографія / В. Я. Лихач, Р. В. Фаустов, П. О. Шибанін, А. В. Лихач, Л. Г. Ленюков. Миколаїв : Іліон, 2022. 275 с., 75 табл., 32 рис. <http://dglib.nubip.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/9332>
7. Технологічні інновації у свинарстві : монографія / В. Я. Лихач, А. В. Лихач. Київ : ФОП Ямчинський О.В., 2020. 290 с., 101 табл., 65 рис.
8. Технологія виробництва продукції свинарства : навчальний посібник. М. Повод, О. Бондарська, В. Лихач, С. Жишка, В. Нечмілов та ін.; за ред. М. Г. Повода. К. : Науково-методичний центр ВФПО, 2021. 360 с.
9. Costantino A., Fabrizio E., Ghiggini A., Bariani M. Climate Control in Broiler Houses: A Thermal Model for the Calculation of the Energy Use and Indoor Environmental Conditions. *Energy Build*, 2018. Vol. 169. P. 110-126. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.03.056>
10. Costantino A., Comba L., Cornale P., Fabrizio E. Energy impact of climate control in pig farming: Dynamic simulation and experimental validation, *Applied Energy*, 2022. Vol. 309. P. 118457. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118457>
11. Costantino A., Fabrizio E., Calvet S. The Role of Climate Control in Monogastric Animal Farming: The Effects on Animal Welfare, Air Emissions, Productivity, Health, and Energy Use. *Applied Sciences*, 2021. Vol. 11(20). P. 9549. <https://doi.org/10.3390/app11209549>
12. Council Directive 2008/120/EC of 18 December 2008 laying down minimum standards for the protection of pigs (Codified version). *Official Journal of the European Union*. L 47. 18.2.2009. P. 5-13.
13. Council Directive 2010/63/EC of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. *Official Journal of the European Union*. L 276/33. 22.09.2010. P. 15-47.
14. Forcada F., Abecia J.A. How pigs influence indoor air properties in intensive farming: Practical implications – A review. *Annals of Animal Science*, 2019. Vol. 19. P. 31-47. <https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0030>
15. Gody D., Herbut P., Angrecka S., Corrêa Vieira F.M. Use of Different Cooling Methods in Pig Facilities to Alleviate the Effects of Heat Stress – A Review. *Animals*, 2020. Vol. 10(9). P. 1459. <https://doi.org/10.3390/ani10091459>
16. Gourdine J-L., Rauw W.M., Gilbert H., Pouillet N. The Genetics of Thermoregulation in Pigs: A Review. *Frontiers in Veterinary Science*, 2021. Vol. 8. P. 770480. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.770480>
17. Houghton E. Ammonia. – The Pig Site, 2021. URL:<https://www.thepigsite.com/disease-guide/ammonia>. Accessed on 08.12.2023
18. Islam M.M., Mun H.S., Bostami A.B.M.R., Park K.J., Yang C.J. Combined active solar and geothermal heating: A renewable and environmentally friendly energy source in pig houses. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 2016. Vol. 35(4). P. 1156-1165. <https://doi.org/10.1002/ep.12295>
19. Jo G., Ha T., Jang Y.N., Hwang O., Seo S., Woo S.E., Lee S., Kim D., Jung M. Ammonia emission characteristics of a mechanically ventilated swine finishing facility in Korea. *Atmosphere*, 2020. Vol. 11(10). P. 1088. <https://doi.org/10.3390/atmos11101088>

20. Kim H., Lee I., Aarnink A., Lee B., Jeong D., Jeong H. Development and validation of an air recirculated ventilation system, Part 1: Application of system in a pig farm and evaluation of pig productivity during winter. *Biosystems Engineering*, 2023. Vol. 230. P. 106-130. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2023.04.008>
21. Kondracki S., Iwanina M., Wysokińska A., Banaszewska D., Kordan W., Fraser L., Rymuza K., Górski K. The Usefulness of Sexual Behaviour Assessment at the Beginning of Service to Predict the Suitability of Boars for Artificial Insemination. *Animals*, 2021. Vol. 11(12) P. 3341. <https://doi.org/10.3390/ani11123341>
22. Krommweh M.S., Rösmann P., Büscher W. Investigation of Heating and Cooling Potential of a Modular Housing System for Fattening Pigs with Integrated Geothermal Heat Exchanger. *Biosystem Engineering*, 2014. Vol.121. P. 118-129. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.02.008>
23. Lacetera N. Impact of climate change on animal health and welfare. *Animal Frontiers*, 2019. Vol. 9(1). P. 26-31. <https://doi.org/10.1093/af/vfy030>
24. Lykhach A., Lykhach V., Mylostyvyi R., Barkar Y., Shpetny M., Izhboldina O. Influence of housing air temperature on the behavioural acts, physiological parameters and performance responses of fattening pigs. *Journal of Animal Behavioural and Biometeorology*, 2022. vol.10 (3). P. 2226. <http://dx.doi.org/10.31893/jabb.22026>
25. Mottet A., de Haan C., Falcucci A., Tempio G., Opio C., Gerber P. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*, 2017. Vol. 14. P. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>
26. Mun H-S., Dilawar MA., Rathnayake D., Chung I-B., Kim C-D., Ryu S-B., Park K-W., Lee S-R., Yang C-J. Effect of a Geothermal Heat Pump in Cooling Mode on the Housing Environment and Swine Productivity Traits. *Applied Sciences*, 2021. Vol. 11(22). P. 10778. <https://doi.org/10.3390/app112210778>
27. Mykhalko O., Povod M., Korzh O., Verbelchuk T., Verbelchuk S., Shcherbyna O., Kalynychenko H., Onishenko L. Annual dynamics of microclimate parameters of farrowing room in pigsty using two different ventilation systems. *Agraarteadus*, 2022. Vol. 33(2). P. 425-433. <https://doi.org/10.15159/jas.22.26>
28. Nienaber JA., Brown Brandl TM. Heat Stress Effects on Growing-Finishing Swine. In Proceedings of the 25th Annual Carolina Swine Nutrition Conference, Raleigh, NC, USA; 2009.
29. Oberlender G., Murgas LDS., Zangeronimo MG., Silva AC., Pereira LJ. Influence of ejaculation time on sperm quality parameters in high performance boars. *Journal of Animal Science Advances*, 2012. Vol. 2(5). P. 499-509. <https://www.sciencetheearth.com/uploads/2/4/6/5/24658156/jasa-2012-499-509.pdf>
30. Okere Ch., Joseph A., Ezekwe M. Seasonal and genotype variations in libido, semen production and quality in artificial insemination boars. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2005. Vol. 4. P. 885-888. <https://medwelljournals.com/abstract/?doi=javaa.2005.885.888>
31. Rethinking food systems – https://www.unep.org/news-and-stories/story/rethinking-food-systems?gad_source=1&gclid=Cj0KCCQiA4NWrBhD-ARIsAFCKwWtrN658BhpF7cESKwyA4PU78Sp6eQ8_EVD0EuOJRWR51hdY7BIKtb4aAnIfEA Lw_wcB/ Accessed on 10.12.2023
32. Seo I., Lee I., Moon O., Hong S., Hwang H., Bitog J.P., Kwon K., Ye Zh., Lee J. Modelling of internal environmental conditions in a full-scale commercial pig house containing animals. *Biosystems Engineering*, 2012. Vol. 111 (1). P. 91-106, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2011.10.012>
33. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects 2022: Summary of Results. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3. file:///C:/Users/User/Downloads/undesa_pd_2022_WPP_summary_of_results.pdf
34. Xie Q., Ni Ji-Qin, Bao J., Su Zh. A thermal environmental model for indoor air temperature prediction and energy consumption in pig building. *Building and Environment*, 2019. Vol. 161, P. 106238 <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106238>