

О. ГАВРИШ О. БОЙКО М. НЕБИЛИЦЯ О. ГОНЧАР О. ВОЛОЩУК Є. ТКАЧ Т. ОСОКІНА



**ОПТИМІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТУ
ЗА ІНТЕНСИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
ВИРОЩУВАННЯ КРОЛІВ
(Методичні рекомендації)**



ЧЕРКАСИ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ БІОРЕСУРСІВ**

**ОПТИМІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТУ ЗА ІНТЕНСИВНОЇ
ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КРОЛІВ
(Методичні рекомендації)**



Черкаси– 2026

УДК 636.92: 631.22.223.6:628.8

DOI: <https://doi.org/10.37617/OMMIRGT/2026>

Оптимізація управління мікроклімату за інтенсивної технології вирощування кролів. Методичні рекомендації. Черкаси: Черкаська дослідна станція біоресурсів НААНУ. 2026. 36 с.

У рекомендаціях викладено аналітичні та експериментальні дані з питань удосконалення елементів інтенсивної технології вирощування кролів з використанням підкислювачів гною та інноваційних засобів системи вентиляції для оптимізації мікроклімату. Дисперсійним аналізом визначено вплив досліджуваних факторів крільчатника на мінливість показників мікроклімату. Метою досліджень було обґрунтувати стратегію удосконалення елементів інтенсивної технології вирощування кролів з використанням підкислювачів гною і сучасних технічних засобів вентиляції для оптимізації мікроклімату на засадах енергоефективності.

Рекомендації розраховані на викладачів і студентів біотехнологічних факультетів коледжів, ВНЗ та керівників, головних спеціалістів і технологів свинарських господарств.

Авторський колектив: О.М. Гавриш, О.В. Бойко, М.С. Небилиця, О.Ф. Гончар,
О.В. Волощук, Є.Ф. Ткач, Т.Г. Осокіна.

Рецензенти:

І.С. Лучин, доктор сільськогосподарських наук, с. н. с. Черкаська ДСБ НААН,
Ю.М. Сотніченко, кандидат сільськогосподарських наук, с. н. с. Черкаська ДСБ НААН.

Рекомендації розглянуті та схвалені Вченою радою Черкаської дослідної станції біоресурсів НААН протокол № 4 від 15.05.2026 року.

© Гавриш О.М., Бойко О.В., Небилиця М.С., Гончар О.Ф.,
Волощук О.В., Ткач Є.Ф., Осокіна Т.В.

© Черкаська ДСБ НААН, тел. (0472) 31-40-54, факс (0472) 31-40-52

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Паратипові і генотипові фактори, що впливають на мікроклімат.....	4
1.1 Зовнішнє середовище	4
1.2 Фізіологічні особливості терморегуляції кролів.....	5
1.3 Об'ємно-планувальні рішення крільчатників і теплотехнічні характеристики їх огороджувальних елементів.....	5
1.4 Система вентиляції крільчатників.....	6
1.5 Обладнання для опалення та охолодження повітря.....	6
2. Порівняльна оцінка впливу крільчатника з механічною системою вентиляції на формування мікроклімату за використання двох способів підкислення гною.....	7
3. Порівняльна оцінка впливу крільчатника з механічною системою вентиляції на формування мікроклімату за спрощеної моделі автоматизованого способу керування.....	17
4. Оптимізація мікроклімату крільчатників у фермерських господарствах. Пропозиції для виробництва.....	30
Перелік посилань.....	32

ВСТУП

Актуальність роботи полягає в практичній реалізації методу безперервної автоматичної реєстрації параметрів мікроклімату для розроблення пропозицій з удосконалення систем вентиляції та опалення/охолодження крільчатників у кліматичних умовах України. Розробка є важливою для підвищення конкурентоспроможності галузі вітчизняного кролівництва. Сучасні технології утримання кролів пред'являють високі вимоги до мікроклімату в приміщеннях, які знайшли своє відображення у Відомчих нормах технологічного проектування (ВНТП-АПК-05.07). Дотримання цих норм дозволить забезпечувати високу продуктивність кролів. Разом з тим, забезпечення необхідного мікроклімату є енергоємним технологічним процесом.

На даному етапі, виникла необхідність в обґрунтуванні модернізації систем охолодження, обігріву та вентиляції на етапі розробки проектів реконструкції та нового будівництва, що і зумовлює актуальність даної роботи та відповідає «Енергетичній стратегії України на період до 2030 року» (розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 № 145-р) [1].

Вирішення цієї проблеми має важливе практичне значення, оскільки сприятиме підвищенню енергозбереження крільчатників на 15-20%, за рахунок оптимізації технологічних практик поводження з гноем [2] і технічних характеристик роботи обладнання систем вентилявання. Крім того, сприятиме підвищенню конкурентоздатності галузі, екологічної безпеки виробництва та збереженню довкілля.

1. Паратипові та генотипові фактори, що впливають на мікроклімат

У формуванні параметрів мікроклімату крільчатників важливе значення належить таким важливим чинникам, зокрема:

- макроклімату зони України, в якому знаходиться будівля;
- живій масі, породі, віку та фізіологічним особливостям кроликів;
- основним розмірам, внутрішньому плануванню, теплотехнічним характеристикам огорожувальних конструкцій;

- кількості свіжого повітря, потрібного для добробуту тварин шляхом здійснення вентиляції;
- технології і кратності видалення гною та практикам поводження з ним;
- спеціальним технічним засобам, які здійснюють оптимізацію мікроклімату крільчатників, зокрема ефективності роботи опалювальних та охолоджуючих систем.

З точки зору формування необхідного для кролів мікроклімату в приміщенні та економії енергії найважливішими параметрами є: температура, відносна вологість, швидкість руху та забрудненість повітря аміаком, сірководнем, метаном і дрібнодисперсним пилом фракцій PM₁₋₁₀.

1.1 Мікроклімат

У формуванні мікроклімату крільчатників визначальну роль відіграє зовнішнє середовище. Метеорологічні умови зовнішнього середовища впливають на мікроклімат приміщень трьома шляхами:

- безпосереднім проникненням тепла та вологи через стіни та інші огорожувальні конструкції;
- у вигляді безпосереднього обміну повітря, необхідного для вентиляції приміщення;
- опосередковано, шляхом регулювання кількості виділеного тепла тваринами за дії деяких метеорологічних умов.

1.2 Фізіологічні особливості терморегуляції

Кролі віддають тепло шляхом випромінювання, конвекції, кондукції та випаровування, коли температура в приміщенні нижча, ніж температура їх шкірного покриву і одержувати – коли вона вища.

Кролі віддають тепло шляхом конвекції через поверхню шкіри, яка стикається з повітрям (шкірні покриви та вушні раковини). При цьому величина теплообміну залежатиме від різниці температур поверхонь – повітря та покривів тіла, від швидкості руху повітря, розмірів та форми поверхонь, які віддають тепло.

Віддача тепла шляхом кондукції відбувається коли поверхня тіла тварин безпосередньо стикається із більш холодною поверхнею.

Теплообмін випаровуванням залежить від площі поверхні тіла, від різниці парціальних тисків повітря і вологих покривів та від швидкості руху повітря.

1.3 Об'ємно-планувальні рішення і теплотехнічні характеристики огороджувальних елементів крільчатників

Габарити будівель мають відповідати вимогам технологічного процесу, а планувальні рішення – прийматися з урахуванням використання новітніх систем і обладнання щодо механізації для енергоощадної технології утримання тварин в господарстві.

З огляду економії теплової енергії та впливу об'ємно-планувальних рішень крільчатників на мікроклімат важливими є:

- розміри та об'єм;
- теплообмін на поверхні огороджувальних конструкцій;
- здатність конструкцій пропускати вологу і вплив цього чинника на тепловий баланс приміщення;
- тиск повітря в приміщенні (надлишковий чи понижений) та повітряно-пропускна здатність вентиляційних каналів;
- орієнтація будівлі згідно сторін світу, з огляду мінімізації кількості сонячного випромінювання та впливу сили вітру.

Для формування мікроклімату крільчатника зовнішні метеорологічні фактори, вік і жива маса тварин не являються постійними і передбачуваними. Тому вибір розмірів, об'ємно-планувальних та інших конструктивних рішень приміщення потрібно розглядати в якості одного із важливих засобів економного використання теплової енергії.

1.4 Система вентиляції крільчатників

У будівлях вентиляція виконує дві основні функції:

- підтримання відносної вологості та масової концентрації забруднювальних речовин (продуктів життєдіяльності) у повітрі в межах нормативних значень;
- виконує функцію охолодження з метою підтримання нормативної температури в приміщенні.

Перша функція необхідна впродовж року, а друга – переважно в літні місяці року. З огляду економії теплової енергії, в зимовий

період року, інтенсивність вентиляції необхідно знижувати до мінімального значення, яке є достатнім для підтримання гранично допустимої вологості та загазованості повітря закритого приміщення (застосовуючи вентиляційні установки). У морозні дні зимового періоду в приміщенні може бути допустимою така кількість вологи за якої не відбувається її конденсації на внутрішній поверхні огороджувальних конструкцій.

1.5 Технічне обладнання для опалення та охолодження

Опалення крільчатників потрібне лише в тому випадку, коли потрібна для тварин температура може бути досягнута шляхом використання додаткової теплової енергії. Донедавна, розрахунки по опаленню приміщень, зазвичай обмежувалися вибором потужності опалювального обладнання.

Максимальну потужність опалювального обладнання визначають виходячи з мінімально необхідної в крільчатнику температури повітря з урахуванням мінімальних зимових температур за рівнянням теплового балансу. Тривалість опалювального періоду визначають виходячи з показника граничної температури опалення, під якою розуміють той показник зовнішньої температури, нижче якого потрібне застосування опалювання будівлі з метою підтримання продуктивної температурної зони приміщення.

2. Порівняльна оцінка впливу крільчатника з механічною системою вентиляції на формування мікроклімату за використання двох способів підкислення гною

Літературні джерела свідчать про те, що підкислювачі, адсорбенти та інгібітори уреаз є ефективними для зменшення викидів NH_3 . Однак, окрім характеристик дозових реакцій цих добавок, необхідно зрозуміти їх перехресний вплив на властивості гною та викиди інших газів, для оптимізації їх управління в умовах сільськогосподарського виробництва. Вплив доступних підкислювачів гною на зниження концентрації забруднювальних газів у повітрі крільчатників за метеорологічних і технологічних умов утримання тварин в Україні наразі невідомий.

Авторами вперше в Україні досліджено потенціал застосування подвійного суперфосфату кальцію та водного розчину фосфорної кислоти в гнойові канали крільчатника, на зниження концентрації забруднювальних газів. Експериментальну роботу проводили на поголів'ї кролів породи полтавське срібло, каліфорнійська та новозеландська біла на базі кролеферми Черкаської дослідної станції біоресурсів.

Проведено дослідження забрудненості повітря крільчатника за періодами року за повітрообміну до 30 м³ (взимку) до 60 м³ (влітку) і до 45 м³ (весною та осінню) на 100 кг живої маси тварин та застосування двох видів підкислювачів гною, з діючою речовиною ортофосфорна кислота. Результати досліджень свідчать про те, що температура в крільчатнику (рис. 1) змінювалися впродовж кожного періоду досліджень, дотримуючись незначної синусоїдальної добової моделі, на відміну від добре вираженої зовнішньої.

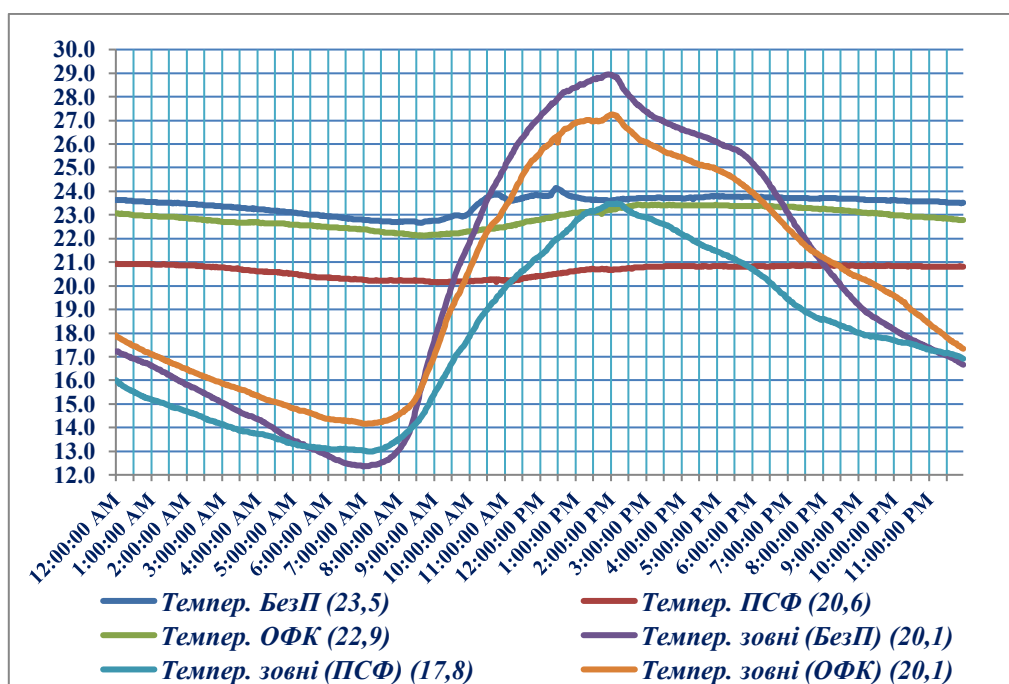


Рис. 1. Графічний аналіз середньодобової температури повітря в крільчатнику і зовні осінню за періодами досліджень

Відносна вологість повітря в крільчатнику змінювалися дотримуючись більш вираженої синусоїдальної добової моделі та більше залежала від зовнішньої.

Середньодобові параметри мікроклімату крільчатника та забруднення повітря об'ємними концентраціями газів CO₂, NH₃, CH₄ за температурно-вологісного режиму чотирьох періодів року наведено в табл. 1-2.

Таблиця 1 – Середньодобові параметри мікроклімату крільчатника в зимовий і весняний періоди за умов без- та підкислення гною, M±m; n=240

Параметр мікроклімату, забруднювальна речовина	Період досліджень:			Норматив
	контроль-ний	ПСФ	ОФК	
<i>Період року</i>	<i>Зима</i>			
Температура, °С	6,1±0,01	8,2±0,01	8,8±0,02	5-25
Відносна вологість, %	87,6±0,02	93,3±0,04	91,6±0,06	45-85
Атм. тиск, мм. рт. ст.	758±0,02	753±0,04	757±0,02	760
Освітленість, Лк	27,9±3,7	28,9±3,2	28,3±3,5	30-75
Шумовий тиск, Дб	68,6±0,06	70,6±0,03	72,0±0,06	30-65
CO ₂ , ppm	1480±6,1	1291±4,8***	1124±7,2***	450-2500
NH ₃ , ppm	5,4±0,01	5,3±0,01***	4,4±0,01***	0-14
CH ₄ , ppm	0,0±0,00	20,0±3,4	5,4±3,7	0-10528
PM ₁₋₁₀ , мкг/м ³	20,3±0,24	18,5±0,26	59,5±1,7	0-75
Мікробне забруднення, тис. КУО	20,11±2,95	22,61±2,37	16,83±1,71	50,0-70,0
<i>Період року</i>	<i>Весна</i>			
Температура, °С	17,1±0,03	19,0±0,03	16,2±0,01	12-25
Відносна вологість, %	55,4±0,16	59,1±0,15	62,8±0,05	45-75
Атм. тиск, мм. рт. ст.	748±0,22	755±0,06	744±0,02	760
Освітленість, Лк	44,4±3,7	39,4±3,2	26,0±2,2	30-75
Шумовий тиск, Дб	79,2±0,06	78,3±0,03	79,4±0,03	30-65
CO ₂ , ppm	1395±16,1	1282±14,3***	996±5,4***	450-2500
NH ₃ , ppm	5,3±0,07	4,8±0,07***	3,5±0,03***	0-14
CH ₄ , ppm	77,0±0,81	101,8±0,49***	70,1±0,23***	0-10528
PM ₁₋₁₀ , мкг/м ³	28,4±2,36	22,5±0,50	14,5±0,18	0-75
Мікробне забруднення, тис. КУО	14,64±0,82	28,48±5,61	16,96±0,88	50,0-70,0

Примітка: тут і далі, період досліджень: без підкислення гною (Без) – контрольний, за додавання в гнойовий канал 100 г/м² розмеленого подвійного суперфосфату кальцію (ПСФ) - дослідний, за додавання 6,0% водного розчину ортофосфорної кислоти в кількості 100 мл/м² (ОФК) - дослідний;

нормативне значення згідно: ¹ - ВНТП АПК-02.07 [3]; ² - ГДК_{рз} для робочої зони Наказ МОЗУ № 1596 від 14.07.2020, із змінами № 881 від 06.05.2021 та № 1715 від 10.08.2021 [4];

³ - максимально допустима середньодобова масова концентрація зважених часток РМ згідно Глобальних рекомендацій ВООЗ з якості повітря ($PM_{10}=15$ мкг/м³, $PM_{2,5}=15$ мкг/м³, $PM_{10}=45$ мкг/м³) [5];

значення рівня надійності * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001.

Таблиця 2 – Середньодобові параметри мікроклімату крільчатника в літній і осінній періоди за умов без- та підкислення гною, $M \pm m$; n=720

Параметр мікроклімату, забруднювальна речовина	Період досліджень:			Норматив
	контроль-ний	ПСФ	ОФК	
<i>Період року</i>	<i>Літо</i>			
Температура, °С	25,6±0,01	27,7±0,02	26,3±0,01	15-28
Відносна вологість, %	60,8±0,12	53,1±0,13	54,3±0,17	45-75
Атм. тиск, мм. рт. ст.	750±0,01	752±0,02	752±0,01	760
Освітленість, Лк	31,9±1,5	39,9±2,0	37,2±1,8	30-75
Шумовий тиск, Дб	83,9±0,05	84,1±0,05	84,0±0,05	30-65
СО ₂ , ppm	1643±14,1	1252±9,2***	1535±15,0***	450-2500
NH ₃ , ppm	8,4±0,07	5,7±0,04***	7,2±0,07***	0-14
CH ₄ , ppm	98,0±0,99	99,3±0,85	92,7±1,11***	0-10528
PM ₁₋₁₀ , мкг/м ³	7,9±0,04	14,5±0,10***	12,5±0,12***	0-75
Мікробне забруднення, тис. КУО	32,17±7,99	43,20±2,45	11,47±1,84	50,0-70,0
<i>Період року</i>	<i>Осінь</i>			
Температура, °С	23,5±0,01	20,6±0,01	22,9±0,01	12-25
Відносна вологість, %	50,7±0,08	59,5±0,04	51,1±0,08	45-75
Атм. тиск, мм. рт. ст.	757±0,02	749±0,01	751±0,02	760
Освітленість, Лк	53,0±2,8	34,4±1,9	65,9±3,6	30-75
Шумовий тиск, Дб	73,5±0,06	73,2±0,06	73,6±0,06	30-65
СО ₂ , ppm	1138±6,6	1105±9,7***	952±3,8***	450-2500
NH ₃ , ppm	4,5±0,01	3,2±0,02***	3,3±0,01***	0-14,0
CH ₄ , ppm	66,8±0,39	68,4±0,62***	50,0±0,25***	0-10528
PM ₁₋₁₀ , мкг/м ³	19,6±0,24	10,5±0,08	16,1±0,13	0-75
Мікробне забруднення, тис. КУО	35,21±1,68	23,65±3,47	24,45±4,39	50,0-70,0

Аналіз даних (табл. 1-2) свідчить про те, що зазначені параметри мікроклімату приміщення були близькими до нормативних, за винятком відносної вологості повітря в зимовий період (була більше максимально допустимого значення на 2,6-8,3%) та шумового тиску за механічної системи вентиляції (був більшим від максимально допустимого на 3,6-7,0 дБ). У весняний, літній та осінній періоди показники мікроклімату крільчатника відповідали нормативним параметрам, за винятком шумового тиску (був більшим на 14,4-19,1 дБ від максимально допустимого значення).

Дослідили потенціал впливу добавок подвійного суперфосфату кальцію і ортофосфорної кислоти до гнойового каналу на концентрацію забруднювальних газів крільчатника та фізико-хімічні властивості кролячого гною, з метою оптимізації їх управління в умовах інтенсивної технології виробництва кролятини.

Необхідно зазначити, що концентрація забруднювальних газів у крільчатнику знаходилася нижче гранично допустимих нормативних значень для добробуту тварин і здоров'я обслуговуючого персоналу. Дослідженнями встановлено вірогідне зниження концентрації аміаку та вуглекислого газу у повітрі крільчатника за всіма періодами року, зокрема в зимовий період на 1,9-18,5% та 12,8-24,0%, у весняний – на 8,4-32,6% та 8,1-28,6%, в літній – на 14,3-32,1% та 6,6-23,8%, в осінній період – на 26,7-28,9% та 2,9-16,3% відповідно.

Однчасне зниження концентрації забруднювальних газів NH_3 та CO_2 можна пояснити тим, що при підкисленні гною суттєво зменшує свою активність фермент уреаза (відноситься до класу гідролаз), під дією якого відбувається розщеплення сечовини на аміак та вуглекислий газ (Calvet S. et al., 2008), оскільки оптимальна активність уреази проявляється лише за нейтральної кислотності, тобто за рН 6,5-7,5 [6].

Виняток становила концентрація в крільчатнику метану (CH_4), яка вірогідно збільшувалася у весняний, літній та осінній період на 32,2% ($\text{td}=26,2$), 1,3% ($\text{td}=1,0$; $p<n/d$) та 2,4% ($\text{td}=2,2$) після внесення підкислювача ПСФ, проте вірогідно знижувалася після застосування водного розчину ОФК на 9,0% ($\text{td}=8,2$), 5,4% ($\text{td}=3,6$) та 25,1% ($\text{td}=36,3$) порівняно з контролем. Таким чином, можна припустити, що

підкислення гною ПСФ у різні періоди року справляло суттєвий вплив на установлену рівновагу мікробних систем гною кролів, у результаті цього проявилась активація метаногенних систем мікроорганізмів. На нашу думку, активація може відбуватися лише впродовж певного періоду на початковому етапі застосування ПСФ для підкислення гною (рис. 3). Для підтвердження цього положення, потрібно провести додаткові дослідження.

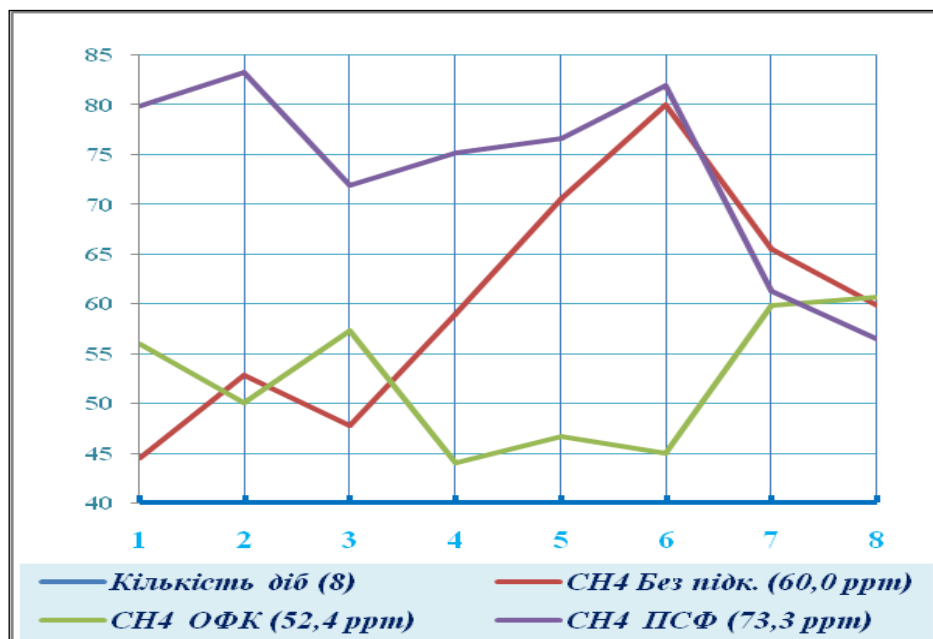


Рис. 3. Графічний аналіз тижневої динаміки концентрації CH_4

Графічний аналіз тижневої динаміки зниження концентрації CO_2 та NH_3 після підкислення гною ПСФ та ПФК (середні дані за чотири періоди року), свідчить про пролонговану дію обох видів підкислювачів та дещо більший потенціал зниження рН підкислювачем ПФК, зокрема в перші чотири доби після застосування (рис. 4-5).

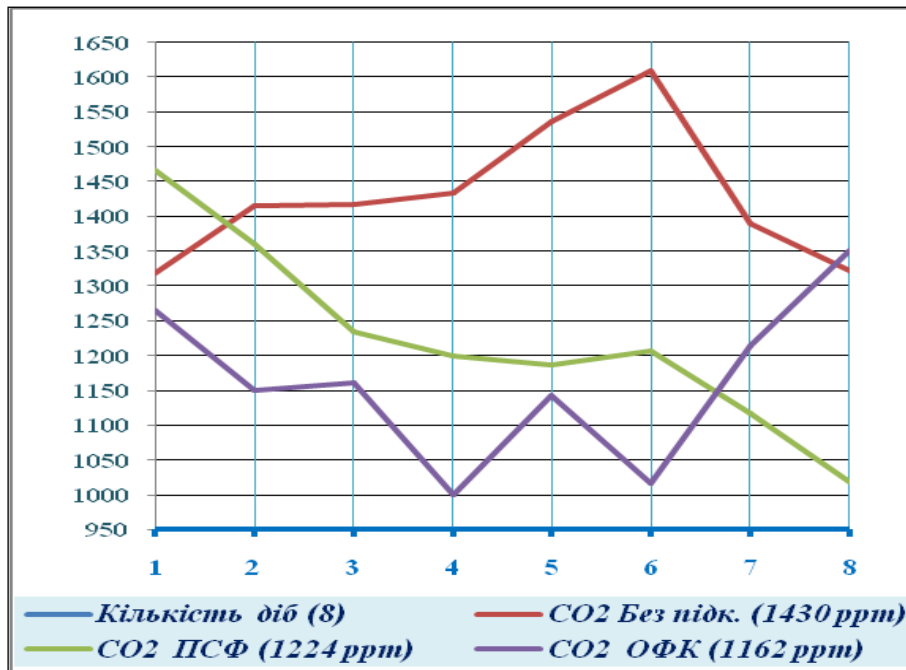


Рис. 4. Графічний аналіз тижневої динаміки концентрації CO₂

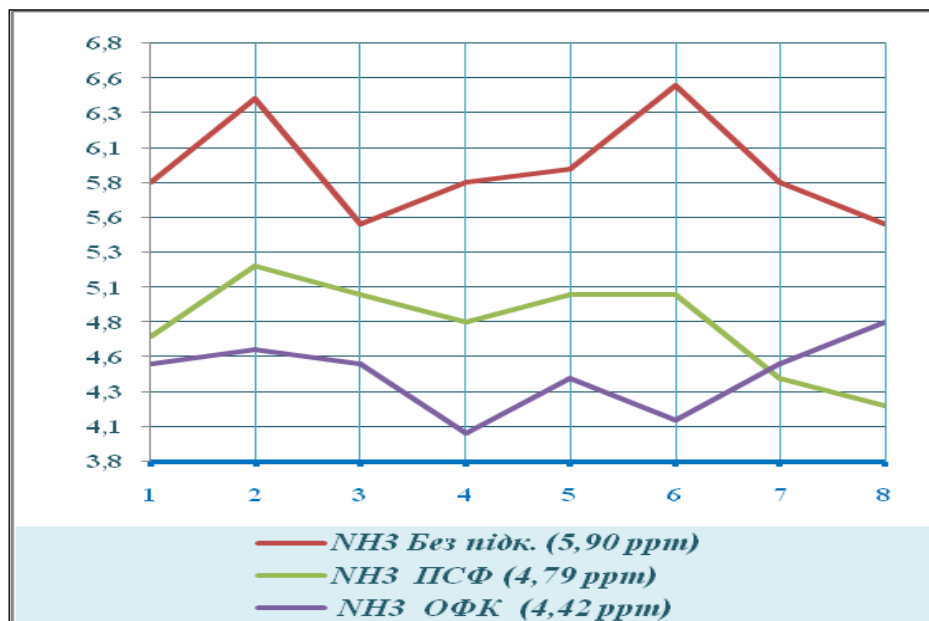


Рис. 5. Графічний аналіз тижневої динаміки концентрації NH₃

Крім цього, дисперсним аналізом визначили силу впливу (η_x^2) на мінливість концентрації вуглекислого газу, аміаку та метану: температури 0,951-0,973; $p < 0,001$ (вірогідна висока), відносної вологості 0,236-0,656; $p < 0,050-0,001$ (переважно вірогідна середня), атмосферного тиску повітря крильчатника 0,418-0,509; $p < 0,030-0,010$ (переважно вірогідна середня), пори року 0,299-0,674; $p < 0,001$

(вірогідна низька і середня) та фактора підкислення гною 0,016-0,106; $p < 0,001$ (вірогідна низька).

Регресійним аналізом визначили коефіцієнти регресії ($R_{x/y}$; $R_{x/b}$; $R_{x/d}$) температури -0,326...0,710*** (переважно вірогідні високі, середні та низькі за напрямком додатні і від'ємні), коефіцієнти регресії ($R_{w/y}$; $R_{w/b}$; $R_{w/d}$) відносної вологості -0,252...0,922*** (вірогідні високі, середні та низькі за напрямком додатні і від'ємні) та коефіцієнти регресії ($R_{z/y}$; $R_{z/b}$; $R_{z/d}$) атмосферного тиску - 0,261...0,505*** (вірогідні середні та переважно низькі за напрямком додатні і від'ємні) повітря крільчатника на концентрацію вуглекислого газу, аміаку та метану за періодами року.

Вирахували додаткові грошові затрати на застосування подвійного суперфосфату (2,57 грн/м²) і ортофосфорної кислоти (1,55 грн/м²), які визначали на основі їхньої ринкової вартості, з розрахунку тижневого терміну дії обох підкислювачів. Також, визначили потенціал впливу внесення меленого подвійного суперфосфату і 6% розчину ортофосфорної кислоти до гнойового каналу на активну кислотність отриманих зразків свіжого кролячого гною.

Установлено, що активна кислотність свіжого кролячого гною без підкислення становила - 6,62 (рН Н₂O), або була практично нейтральною. Одержано вірогідне зниження рН реакції свіжого гною кроликів за додавання ПСФ на 15,7% (рН = 5,56, або була слабо кислою; $t_d=3,73$; $p < 0,99$) і на 28,4% за додавання ОФК (рН = 4,74, або була кислою; $t_d=12,65$; $p < 0,999$). Проте, після тримісячного терміну його зберігання в анаеробних умовах, активна кислотність підкисленого гною наближалася до нейтральної (рН = 6,78-7,14).

У літньо-осінній період року, за середньодобового температурного режиму понад 21°C, активна кислотність підкисленого гною наближалася до нейтральної (рН=6,67-6,87) вже практично в кінці терміну накопичення, який тривав 7 днів. Це, на нашу думку, пов'язано зі значною активацією хімічних та мікробіологічних процесів у гної за підвищення температурного режиму при його накопиченні понад 21,0°C.

Визначили хімічний склад одержаних проб кролячого гною за показниками НРК, який був наступним: азоту – 0,56%, фосфору -

1,67%, калію – 1,34%. На основі одержаних даних про склад NPK кролячого гною, оцінили його потенціал для заміни деяких видів хімічних добрив у сільськогосподарському виробництві. Для цього визначили вартість одиниці діючої речовини, яка міститься в деяких поширених хімічних добривах та органічному добриві (кролячий гній без підкислення). Результати оцінки вартості одиниці діючої речовини за NPK кролячого гною показують, що наразі вона є меншою в 6,0-6,9 рази від мінеральних добрив.

Крім цього, економічно обґрунтовано можливість застосування, в якості підкислювачів гною, водного розчину ортофосфорної кислоти (ОФК) чи розмелених подвійного (ПдСФ) та потрійного (ПтСФ) суперфосфату кальцію, яка свідчить про те, що вартість одиниці діючої речовини гною при цьому збільшується в 2,0-2,4 рази, проте залишається меншою в 2,7-3,1 рази від вартості мінеральних добрив. У зв'язку з тим, що ортофосфорна кислота досліджуваних підкислювачів вступає в хімічну реакцію з аміаком сечівки кролячого гною з утворенням суперфосфату амонію (одна молекула кислоти зв'язує три молекули аміаку) в 1 т підкисленого кролячого гною збільшується концентрація фосфору на 10,8-57,5% та азоту на 96,0-114,0% (останнього, переважно за рахунок зниження емісії аміаку в повітря).

Щодо можливості практичного застосування підкислювачів з діючою речовиною ортофосфорна кислота свідчать дані досліджень Estelles F. et al., 2014. Автори зазначають, що суперфосфат кальцію ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) широко використовується на фермах в іспанському середземноморському регіоні для поліпшення внутрішнього повітряного середовища крільчатників [7].

Результати аналізу ступеню реалізації відтворювальної здатності кролематок засвідчили наявність вірогідної різниці за рядом досліджуваних показників. Ультразвукові дослідження ембріогенезу плодів у віці 20 діб засвідчили різний рівень збереження плодів у кролематок. Встановлено, що відсоток новонароджених життєздатних кроленят від кількості виявлених плодів становила: взимку – 95,2%, весною – 97,3%, влітку – 97,2% та осінню – 98,6%. Різниця між максимальним та мінімальним значенням показника дорівнювала 3,4 %.

Аналіз показника багатоплідності кролематок досліджуваної популяції засвідчив, що останній варіював в межах 5,9-7,1 голів. При порівнянні середніх значень встановлено вірогідне переважання кількісних параметрів досліджуваних гнізд у кролематок, який склав у весняну – 7,1 гол., літню – 6,9 гол., осінню – 7,0 гол. та у зимову пору – 5,9 гол. відповідно ($p < 0,001$). Показник крупноплідності виявився вірогідно найвищим лише в осінню - 60,6 г та дещо нижчим у зимову пору - 59,9 г ($p < 0,01$). Дослідження показника маси гнізда при народженні також засвідчив наявність різниці середніх значень залежно від пори року. Встановлено, що мінімальним середнє значення досліджуваного показнику зареєстроване взимку (353,4 г), а максимальне весною – 428,8 г, влітку – 414,0 г та осінню – 424,2 г різниця при порівнянні до мінімального значення була істотною ($p < 0,001$).

Висновки. 1. Застосування подвійного суперфосфату кальцію і розчину ортофосфорної кислоти для підкислення гною вірогідно знижувало в крільчатнику концентрацію аміаку та вуглекислого газу за порами року відповідно на 10,2-27,8% та 9,6-18,4%. Для вірогідного зменшення викидів CH_4 на 5,4-25,1%, в перехідні та літній період року, ефективним виявився лише розчин ортофосфорної кислоти.

2. Підкислення кролячого гною, шляхом внесення подвійного суперфосфату кальцію і розчину фосфорної кислоти, є ефективним заходом контролю цього джерела забруднювальних газів NH_3 і CO_2 внутрішнього повітря крільчатників з пролонгованою тижневою дією.

3. У зв'язку з тим, що діюча речовина підкислювачів зв'язує аміак сечівки утворюючи суперфосфат амонію, кролячий гній краще зберігає азот і додатково збагачується на фосфор.

4. Визначено силу впливу фактора підкислення гною на мінливість концентрації вуглекислого газу, аміаку та метану в повітрі крільчатника (вірогідна проте низька, на рівні 0,016-0,106).

5. Одержано вірогідне зниження рН реакції (активної кислотності) свіжого гною за додавання подвійного суперфосфату кальцію на 15,7% і розчину ортофосфорної кислоти на 28,4%.

6. При зберіганні підкисленого кролячого гною, за рахунок високої буферної здатності, його активна кислотність підвищується від кислоти та слабо кислоти до нейтральної (6,78-7,14 рН Н₂О) впродовж терміну зберігання від 8 (за стабільного температурного режиму понад 21⁰С) до 90 днів.

7. Потенціал застосування, підкислювачів кролячого гною, свідчить про те, що вартість одиниці діючої речовини при цьому зростає в 2,0-2,4 рази, проте є меншою в 2,7-3,1 рази від одиниці діючої речовини мінеральних добрив.

8. Розробка ефективних способів управління продуктами тваринництва II категорії (гній) на етапах: приміщення → місце зберігання → спосіб внесення в ґрунт, має важливе природоохоронне значення, направлене на мінімізацію емісії парникових газів в атмосферу.

3. Порівняльна оцінка впливу крільчатника з механічною системою вентиляції на формування мікроклімату за спрощеної моделі автоматизованого способу керування

Залежно від тиску всередині тваринницьких будівель, системи механічної вентиляції розподіляють на такі три види: з негативним тиском, з позитивним тиском та ізобарну [8, 9]. Для вентиляції з негативним тиском використовуються витяжні вентилятори для видалення брудного повітря з приміщення, що призводить до деякого негативного тиску чистого повітря, яке надходить до будівлі зовні під дією атмосферного тиску [10]. Для вентиляції з позитивним тиском використовуються вентилятори для примусового подавання зовнішнього свіжого повітря в приміщення. Об'єм повітря що видаляється є регульованим, але завжди менший за об'єм вхідного повітря. Це призводить до деякого позитивного тиску всередині приміщення [11]. За ізобарного виду вентилятори використовуються одночасно у вхідних та вихідних каналах тваринницького приміщення,

залишаючи значення об'єму вентилязованого повітря незмінним, за тиску який відповідає атмосферному [12].

Залежно від місця розташування вентиляторів, системи механічної вентиляції поділяють на поздовжню, поперечну та вертикальну [13-15]. За поздовжньої вентиляції засоби вентилявання встановлюють у торцевій стіні, а повітря всередині приміщення рухається вздовж довшої осі. За поперечної вентиляції вентилятори встановлені на поперечній стіні в зв'язку з цим повітря рухається вздовж коротшої осі [16]. Необхідно зазначити, що діаметри вентиляторів, які використовуються для поперечної вентиляції, зазвичай є невеликими [17]. За вертикальної вентиляції застосовується вертикальний потік повітря в тваринницьких приміщеннях. Поширеною формою вертикальної вентиляції є стельова вентиляція, за якої чисте повітря надходить у конструкцію стелі з одного боку даху, дифузним шляхом потрапляє в приміщення через стелю. Далі виходить назовні з іншого боку даху, після циркуляції в приміщенні та насиченні забруднювальними речовинами [18]. У деяких випадках вентилятори встановлюються в нижній частині бічної стіни, щоб видаляти або нагнітати повітря, а потім вентиляватися з даху. Однак цей метод вентиляції рідко використовується окремо [19].

Вентиляція гнойових ям є ще одним видом (переважно у свинарстві), за якої свіже повітря спочатку потрапляє в стельову конструкцію горища з карнизу даху, а потім потрапляє в приміщення через дифузну стелю в зв'язку з негативним тиском. Забруднене повітря проходить через ґратчасту підлогу до верхньої частини гнойового басейну та видаляється назовні [19, 20]. Цей метод вентиляції може запобігти спливанню твердих частинок та летких пахучих сполук з гнойового басейну, що ще більше покращує якість повітря в приміщеннях для тварин [21].

Іншою формою є тунельна вентиляція. Вона досягається шляхом прокладання труб або будівництва цементних труб горизонтально на кілька метрів під землею. Один кінець труби з'єднаний з вертикальною трубою, що тягнеться від землі як вхідний отвір для повітря, а на передньому кінці труби встановлений вентилятор для примусового

входу повітря. Після теплообміну з землею повітря подається в тваринницьке приміщення, зрештою виходячи назовні через вихідний отвір на даху [22]. Цей метод вентиляції ефективно покращує температуру повітря в приміщеннях для тварин, охолоджуючи його влітку та обігріваючи взимку.

Як правило, в реальних умовах виробництва система механічної вентиляції має не один вид чи форму, а скоріше поєднання декількох. Для удосконалення елементів інтенсивної технології вирощування кролів, у невеликих фермерських господарствах, нами було проведено порівняльну оцінку поперечної ізобарної припливно-витяжної системи механічної вентиляції зі спрощеною моделлю автоматизованого способу керування без- та з рекуперацією тепла.

Методика досліджень. Експериментальну роботу проводили на поголів'ї кролів породи полтавське срібло, каліфорнійська та новозеландська біла на базі кролеферми Черкаської дослідної станції біоресурсів, згідно нижче наведеної схеми.

Схема дослідю

Показник	Пора року:			
	зима	весна	літо	осінь
Період дослідю	дослідний 1	дослідний 2	дослідний 3	дослідний 4
Параметри мікроклімату: °C, %, Лк, ppm, мкг/м ³ та індекс	температура, вологість, освітленість, вміст CO ₂ , NH ₃ , CH ₄ , PM ₁₋₁₀ та індекс ТВІ	температура, вологість, освітленість, вміст CO ₂ , NH ₃ , CH ₄ , PM ₁₋₁₀ та індекс ТВІ	температура, вологість, освітленість, вміст CO ₂ , NH ₃ , CH ₄ , PM ₁₋₁₀ та індекс ТВІ	температура, вологість, освітленість, вміст CO ₂ , NH ₃ , CH ₄ , PM ₁₋₁₀ та індекс ТВІ
Система вентиляції приміщення	припливно- витяжна з механічним приводом	припливно- витяжна з механічним приводом	припливно- витяжна з механічним приводом	припливно- витяжна з механічним приводом
Спосіб керування мікрокліматом	автоматизований*	автоматизований*	автоматизований*	автоматизований*

Примітка:* - спрощена модель автоматизованого способу керування без рекуперації (контроль) та з рекуперацією (дослід) тепла.

Виходячи з технологічних і фінансових можливостей, нами застосовано спрощену модель автоматизованого способу керування з функцією рекуперації тепла. Вона включає: припливно-витяжну систему ТМ «CLIMTEC» з рекуперацією тепла, датчики вимірювання температури повітря в трьох точках (зовнішнього, припливного що надходить в приміщення після рекуперації та внутрішнього), сім карту з модулем доступу до Інтернетресурсу, смартфон з можливістю контролю зазначених вище параметрів температури у режимі реального часу та дистанційного керування режимом роботи і потужністю системи припливно-витяжної вентиляції через спеціальний додаток.

Для виконання завдання застосовано вимірювально обчислювальний комплекс (ВОК) АПСЕ-М та методику мульти-параметричної оцінки мікроклімату тваринницьких приміщень методом безперервної автоматичної реєстрації (Башенко М.І. та ін., 2021) [23, 24]. Дослідження параметрів мікроклімату крільчатника і стану комфорту тварин проводили методом періодів. Середньодобові показники мікроклімату визначали впродовж не менше п'яти діб кожного періоду місяця, який характеризує середні значення температури зовнішнього повітря за кожен пору року. Одержані результати середньодобових показників мікроклімату та стану комфорту були систематизовані за порами року та порівнювалися з нормативними даними згідно ВНТП АПК-05.07 [3], Наказу МОЗУ № 1596 [4], рекомендацій ВООЗ [5] та шкалою градації індексу ТВІ [25]. За результатами обробки даних визначали середню арифметичну величину (M), її похибку (m), коефіцієнт варіації (Cv), рівень ймовірності (p).

Результати досліджень. Наукові дані свідчать про те, що механічна вентиляція приміщень з енергетичної точки зору є досить затратним заходом. Найефективнішим технічним розв'язанням проблеми скорочення енерговитрат на вентиляцію є утилізація теплоти забрудненого повітря, що підлягає видаленню з тваринницького приміщення. В багатьох поширених нині системах вентиляції тваринницьких приміщень, для забезпечення нормованого мікроклімату, не передбачено утилізації енергії тепла. У результаті цього понад 60 %

його марнується при роботі вентиляції у зовнішнє повітря, в холодну пору року.

З метою удосконалення елементів інтенсивної технології утримання кролів в умовах невеликих фермерських господарствах України і виходячи з актуальності даної роботи, провели експериментальні дослідження щодо порівняльної оцінки параметрів мікроклімату крільчатника за механічної припливно-витяжної системи вентилявання зі спрощеною моделлю автоматизованого способу керування без- та з рекуперацією тепла.

Геометричні, вагові і теплотехнічно-об'ємні характеристики крільчатника. Дані досліджень свідчать про те, що будівля крільчатника є капітальною, одноповерховою павільйонного типу забудови зокрема: має цегляну кладку стін, з/б плити для перекриття стелі, бетонну підлогу, загальна площа якої становить 143,3 м². Довжина приміщення становить 18,0 м, ширина 7,96, висота стіни до стелі 3,17 метра. Коефіцієнт компактності будівлі дорівнює – 1, маса огорожень на одиницю об'єму - 3,93 ц/м³, питома теплоємність загальної маси огорожень на одиницю об'єму - 0,34 МДж/м³ (характеризує теплову інертність приміщення за значних коливань зовнішніх температур повітря). Загальний об'єм крільчатника становить 454,2 м³ (без урахування об'єму підсобних приміщень). Об'єм номінально вентиляваного повітря – 19,3 м³/ц. Всього приміщення крільчатника має: 5 вікон площею 9,5 м² (засклена площа 1 вікна 1,9 м²), 1 браму – 3,9 і 1 двері площею – 2,7 м².

Згідно додатку А Методичні вказівки (2014) встановлено, що крільчатник знаходиться в першій температурній зоні України [26]. Приміщення обладнане вісьмома двоярусними оцинкованими металевими клітками. Щільність посадки тварин 0,47-0,51 гол./м². Тепловий баланс крільчатника в зимову пору року, був від'ємним та дорівнював значенню -1100 Вт/год, за відсутності спеціального обладнання для функціонування системи опалення. Це пояснюється тим, що щільність постановки кролів у приміщенні була на 40,0-44,0% меншою від нормативного значення.

Порівняльна оцінка мікроклімату крільчатника за порами року. Проведено дослідження мікроклімату крільчатника за повітрообміну 30 м³/год на 100 кг живої маси тварин взимку (за градієнту (Δt) зовнішніх і внутрішніх температур від 10,3 до 11,6°C) та 60 м³/год весною (за градієнту (Δt) відповідно від 3,1 до 3,7°C) за спрощеної моделі автоматизованого способу з функціями без- та з рекуперацією тепла. Аналіз даних свідчить про те, що зазначені вище параметри мікроклімату приміщення були близькими до нормативних. Виняток становив показник температури повітря в зимову пору, яка була менше мінімально допустимого значення на 4,0% (4,8°C), за способу керування без рекуперації тепла припливно-витяжною системою вентиляції.

За практично аналогічних значень показника зовнішніх температур (на рівні -5,4 та -5,5°C), показник температури внутрішнього повітря вірогідно переважав на 1,4°C ($p < 0,001$) або на 22,6% при застосуванні спрощеної моделі автоматизованого способу керування з рекуперацією тепла (табл. 3).

Таблиця 3 – Середньодобові параметри мікроклімату крільчатника у зимову пору за повітрообміну 30 м³/год на 100 кг живої маси тварин, $M \pm m$; n = 3599 вимірювань впродовж 5 діб

Параметр мікроклімату, забруднювальна речовина	Припливно-витяжна система вентиляції з механічним приводом за спрощеної моделі автоматизованого способу керування:				Норма
	без рекуперації тепла		з рекуперацією тепла		
	будівля	зовні	будівля	зовні	
Температура, °C	4,8±0,01	-5,5±0,08	6,2±0,01***	-5,4±0,07	5-25 ¹
Відносна вологість, %	78,6±0,02	45,9±0,11	75,9±0,03	55,9±0,10	45,0-75,0 ¹
Стан комфорту, ТВІ	42,7±0,02	32,6±0,11***	45,2±0,02***	31,0±0,09	54,5-68,5
Ат. тиск, мм. рт.ст.	765±0,07	765±0,07	759±0,10	759±0,10	760,0
Освітленість, Лк	51,7±1,3	252,1±7,0	40,9±1,2	205,3±6,7	30,0-65,0 ¹
Шум. тиск, Дб	50,9±0,06	45,3±0,06	50,8±0,06	45,9±0,08	30,0-65,0 ¹
CO ₂ , ppm	2127±6,2*	576±0,4***	2109±5,6	505±0,8	450-2500 ¹
NH ₃ , ppm	5,5±0,28	0,0±0,000	5,9±0,01***	0,0±0,000	0,0-14,0 ¹
CH ₄ , ppm	81±0,003***	0,0±0,000	63±0,57	0,02±0,004	0,0-10528 ²
PM ₁₋₁₀ , мкг/м ³	43,0 ±0,35	28,4 ±0,75	45,0±0,64	36,7±1,02	0,0-75,0 ³
Мікробне забруднення, КУО	14560±1046	545±76	15920±847	875±215	50000-70000 ¹

Примітка: тут і далі, значення рівня надійності * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. нормативне значення згідно: ¹ - ВНТП АПК-05.07; ² - ГДК_{рз} для робочої зони Наказ МОЗУ № 1596 від 14.07.2020, із змінами № 881 від 06.05.2021 та № 1715 від 10.08.2021; ³ - Максимально допустима середньодобова масова концентрація зважених часток РМ

згідно Глобальних рекомендацій ВООЗ з якості повітря ($PM_{10}=15$ мкг/м³, $PM_{2,5}=15$ мкг/м³, $PM_{10}=45$ мкг/м³). Рівні вірогідності: * - $p<0,05$; ** - $p<0,01$; *** - $p<0,001$.

У весняну пору практично всі параметри мікроклімату крільчатника відповідали нормативним. Потрібно зазначити, що показник температури внутрішнього повітря крільчатника, аналогічно зимовій порі, вірогідно переважав на $0,8^{\circ}\text{C}$ ($p<0,001$) за значень зовнішніх температур на рівні $12,4$ та $12,6^{\circ}\text{C}$, теж за спрощеної моделі автоматизованого способу керування з рекуперацією тепла.

Також, проведено дослідження мікроклімату крільчатника за повітрообміну понад 100 м³/год на 100 кг живої маси тварин влітку (за градієнту (Δt) зовнішніх і внутрішніх температур від $1,9$ до $3,2^{\circ}\text{C}$) та 60 м³/год осінню (за градієнту (Δt) відповідно від $5,7$ до $6,8^{\circ}\text{C}$) за спрощеної моделі автоматизованого способу з функціями без- та з рекуперацією тепла.

У літню пору, за зовнішніх температур за два періоди досліджень на рівні $22,4$ та $22,5^{\circ}\text{C}$, показник температури внутрішнього повітря ($24,3^{\circ}\text{C}$) вірогідно був меншим на $1,4^{\circ}\text{C}$ ($p<0,001$) або на $5,5\%$ при застосуванні спрощеної моделі автоматизованого способу керування з рекуперацією тепла. Крім цього, практично всі параметри мікроклімату крільчатника відповідали нормативним за винятком температури повітря в крільчатнику за період досліджень без рекуперації, яка перевищувала максимально допустимий рівень на $0,7^{\circ}\text{C}$ або на $2,8\%$, тобто дорівнювала $25,7^{\circ}\text{C}$. Це підтверджує значення індексу ТВІ, який вірогідно перевищував ($p<0,001$) на $1,9$ одиниць комфорту ($74,0$ проти $72,1$), що відповідало показнику мінімального теплового стресу.

В осінню пору, за зовнішніх температур за два періоди досліджень на рівні $7,6$ та $7,7^{\circ}\text{C}$, показник температури внутрішнього повітря ($14,7^{\circ}\text{C}$) вірогідно був більшим на $1,3^{\circ}\text{C}$ ($p<0,001$) або на $6,9\%$ при застосуванні спрощеної моделі автоматизованого способу керування з рекуперацією тепла. Всі

параметри мікроклімату крільчатника відповідали нормативним. Температура повітря в крільчатнику за період досліджень без рекуперації, перевищувала мінімально допустимий рівень на 1,4°C або на 11,7%, тобто дорівнювала 13,4°C. Це підтверджує значення індексу ТВІ, який вірогідно перевищував ($p < 0,001$) на 1,7 одиниць комфорту (56,6 проти 58,3), що відповідало значенню комфортного стану.

Оцінка стану комфорту кролів. Застосування в крільчатнику даного способу керування вірогідно підвищувало стан комфорту кролів у зимовий період утримання відповідно на 2,5 од. ($td=70,7$; $p < 0,001$), у весняний – на 1,1 од. ($td=16,6$; $p < 0,001$, рис. 6), в літній – на 1,9 од. ($td=42,5$; $p < 0,001$) та в осінній на 1,7 од. ($td=30,0$; $p < 0,001$) індексу ТВІ. Отже, припливно-витяжна система вентиляції з рекуперацією тепла виявилася ефективним заходом покращення стану комфорту тварин.

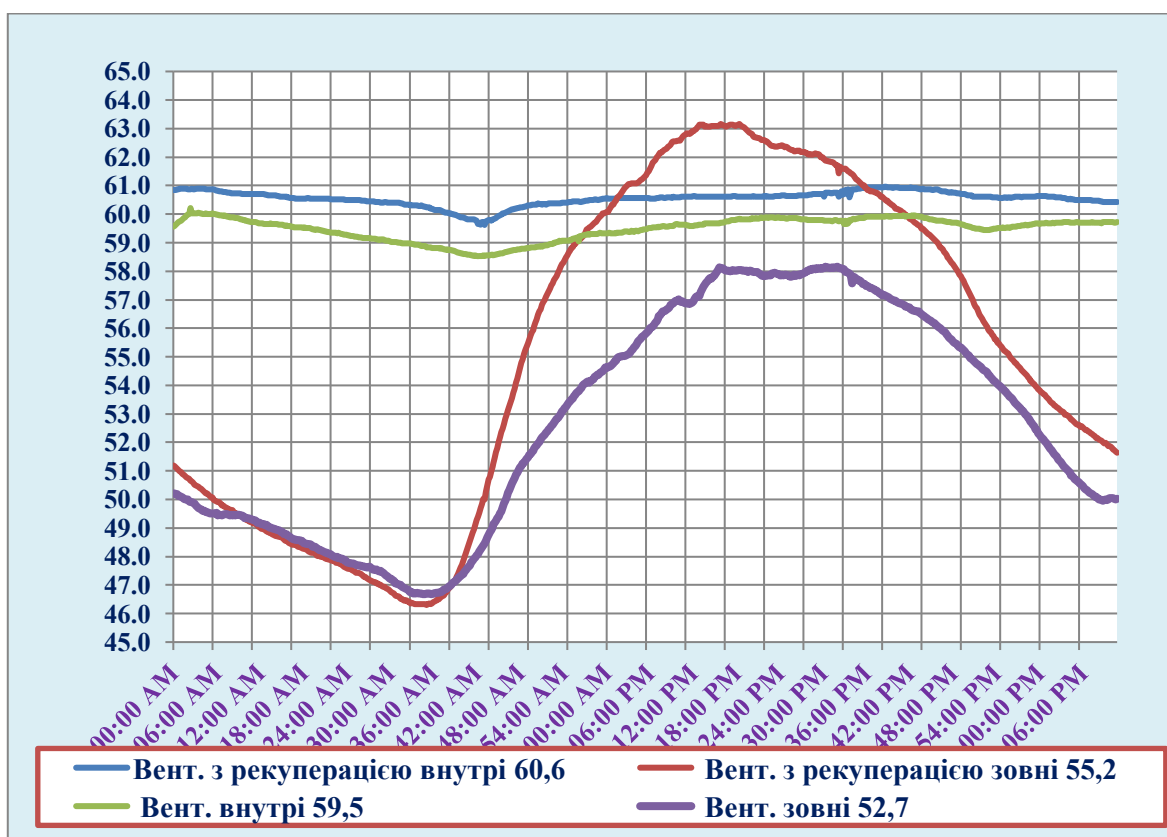


Рис. 6. Добова динаміка стану комфорту кролів у весняну пору в будівлі та зовні

Дисперсний аналіз. Визначили силу впливу припливно-витяжної системи вентиляції з механічним приводом на мінливість температури повітря крільчатника (вірогідна нижче середньої), відносної вологості (вірогідна нижче середньої), концентрації вуглекислого газу (вірогідна нижче середньої), аміаку (вірогідна нижче середньої) та стану комфорту кролів (вірогідна середня) за зимову пору року.

Аналогічно, за весняну пору, сила впливу системи вентиляції на мінливість зазначених вище показників була: температури повітря крільчатника (вірогідна нижче середньої), відносної вологості (вірогідна низька), концентрації вуглекислого газу (вірогідна низька), аміаку (вірогідна нижче середньої) та стану комфорту кролів (вірогідна нижче середньої) табл. 4.

Таблиця 4 - Сила впливу системи вентиляції на мінливість показників

Показник	$\eta_x^2 \pm m_\eta$	F	p
Взимку			
Температура повітря, °C	0,48±0,001	786,62	<0,001
Відносна вологість, %	0,41±0,001	593,59	<0,001
Стан комфорту, ТВІ	0,53±0,001	981,88	<0,001
Об'ємна концентрація CO ₂ , ppm	0,30±0,001	293,62	<0,001
Об'ємна концентрація NH ₃ , ppm	0,35±0,001	467,04	<0,001
Весною			
Температура повітря, °C	0,15±0,001	123,6	<0,001
Відносна вологість, %	0,01±0,001	38,2	<0,001
Стан комфорту, ТВІ	0,13±0,001	108,1	<0,001
Об'ємна концентрація CO ₂ , ppm	0,01±0,001	28,4	<0,001
Об'ємна концентрація NH ₃ , ppm	0,15±0,001	131,6	<0,001
Влітку			
Температура повітря, °C	0,311±0,003	1152,7	<0,001
Відносна вологість, %	0,005±0,003	15,5	<0,001
Стан комфорту, ТВІ	0,215±0,003	754,6	<0,001
Об'ємна концентрація CO ₂ , ppm	0,371±0,003	1436,3	<0,001
Об'ємна концентрація NH ₃ , ppm	0,077±0,003	260,3	<0,001
Осіню			
Температура повітря, °C	0,25±0,001	886,7	<0,001
Відносна вологість, %	0,44±0,003	1846,9	<0,001
Стан комфорту, ТВІ	0,21±0,002	288,7	<0,001
Об'ємна концентрація CO ₂ , ppm	0,04±0,001	21,2	<0,001
Об'ємна концентрація NH ₃ , ppm	0,46±0,002	1931,6	<0,001

За літню пору, сила впливу системи вентиляції на мінливість показників була: температури повітря крільчатника (вірогідна нижче середньої), відносної вологості (вірогідна низька), концентрації вуглекислого газу (вірогідна нижче середньої), аміаку (вірогідна низька) та стану комфорту кролів (вірогідна нижче середньої) і за осінню пору - температури повітря крільчатника (вірогідна нижче середньої), відносної вологості (вірогідна нижче середньої), концентрації вуглекислого газу (вірогідна низька), аміаку (вірогідна середня) та стану комфорту кролів (вірогідна нижче середньої).

Оцінка відгодівельної та м'ясної продуктивності. Визначили потенціал впливу пори року на показники відгодівельної та м'ясної продуктивності кролів (за результатами контрольного забою тварин). Аналіз матеріалів табл. 5 свідчать про те, що потенціал впливу пори року на показники відгодівельної та м'ясної (за результатами контрольного забою тварин) продуктивності кролів.

Таблиця 5 – Потенціал впливу пори року на показники відгодівельної та м'ясної продуктивності кролів, n=10; M±m

Показник	Пора року			
	зима	весна	літо	осінь
Добові прирости за період від 30 до 60 днів, г	22,6±0,74	24,9±0,73*	23,8±0,61	24,2±0,67
td	x	2,21	1,25	1,60
Добові прирости за період від 61 до 90 днів, г	24,1±1,22	26,9±1,17	25,6±1,21	27,1±1,22
td	x	1,65	0,87	1,74
Передзабійна жива маса, г	2503±16,3	2707±14,4***	2634±15,2***	2715±16,4***
td	x	9,34	5,88	9,17
Маса тушки, г	1404±12,7	1497±21,2**	1420±18,2	1504±16,2***
td	x	3,76	0,72	4,86
Маса шкірки, г	302±17,1	325±16,3	320±18,1	318±19,3
td	x	0,97	0,72	0,62
Забійний вихід, %	56,1±11,3	55,3±12,1	53,9±10,4	55,4±12,4
td	x	0,05	0,14	0,04

Аналіз матеріалів свідчать про те, що показники добових приростів кроликів віком від 30 до 60 днів, перед забійної живої маси у весняну, літню і осінню пору та маси тушки у весняну і осінню пору, вірогідно переважали аналогічні показники зимової, що свідчить про вплив на них фактору пори року.

Варто зазначити, що середні значення вище наведених показників у весняний період позитивно корелювали зі значенням індексу ТВІ, зокрема: добові прирости кроликів віком від 30 до 60 днів - 24,9 г ($p < 0,05$), перед забійна жива маса - 2707 г ($p < 0,001$), маса тушки - 1497 г ($p < 0,001$), значення індексу - 59,5-60,6 од. (комфортний стан), у літню пору перед забійна жива маса кроликів - 2634 г ($p < 0,001$) значення індексу - 56,1 та 57,8 од. (нейтральний та комфортний стан) та в осінню пору перед забійна жива маса кроликів - 2715 г ($p < 0,001$), маса тушки 1504 г ($p < 0,001$) значення індексу - 56,6 та 58,3 од. (нейтральний та комфортний стан).

Порівняльна характеристика затрат енергії і енергоефективності. Установлено, що застосування механічної припливно-витяжної системи вентиляції зі спрощеною моделлю автоматизованого способу керування з рекуперацією тепла, збільшувало на 0,42 кВт за добу витрати електроенергії (на роботу електродвигунів вентиляторів) на загальну суму 4,91 грн / 893,62 грн за добу/період. Проте, вона щодобово заощаджувала від 3,18 кВт (у весняно-осінній період) до 4,24 кВт (у зимово-літній період року) теплової енергії внутрішнього повітря будівлі крільчатника, що в середньому, в грошовому еквіваленті, дорівнює сумі від 30,40 до 40,53 грн/добу.

Розрахунки свідчать про те, що впродовж річного періоду, завдяки даному способі (рекуперація тепла) облаштування припливно-витяжної системи вентиляції, заощаджується теплової енергії на загальну суму до 12,9 тис. гривень.

Очікуваний річний економічний ефект функціонування припливно-витяжної системи вентиляції з функцією рекуперації тепла (за рахунок збереження енергії на обігрів /охолодження внутрішнього повітря та середньої вартості електроенергії для підприємств 9,56 грн.

кВт/год) становить 28,5 грн/м³ приміщення крільчатника. Орієнтовний термін окупності припливно-витяжної системи вентиляції з функцією рекуперації тепла становить 2,6 роки.

Обговорення. Фактори зовнішнього середовища поділяють на три види: абіотичні, біотичні і трофічні. Абіотичні фактори представляють компоненти фізико-хімічного середовища, в якому живе організм (температура, відносна вологість, газовий склад повітря, запиленість, освітленість приміщень та ін.). Вентиляція є організованим повітрообміном, у процесі якого забруднене повітря видаляється з приміщення, а замість нього подається свіже чисте [27]. Вивченню впливу вентиляції на мікроклімат тваринницьких приміщень присвячено багато досліджень [28-30] вітчизняних і закордонних учених.

Найважливішим питанням в області мікроклімату є пошук і впровадження на тваринницьких фермах і комплексах енергозберігаючих технологій, що дозволяють ефективно використовувати паливно-енергетичні ресурси [31]. Зниження енергетичних витрат на створення нормативних параметрів мікроклімату в тваринництві можна забезпечити за такими напрямками:

1) зниження теплових втрат через огорожувальні конструкції [31-35];

2) застосування систем вентиляції з локальною повітряною подачею в зону розташування тварин [36];

3) впровадження енергозберігаючих технологій вентиляції приміщень шляхом рекуперації тепла, що викидається з вентиляційним повітрям [37, 46];

4) застосування технологій очищення забрудненого внутрішнього повітря приміщень різними фізико-хімічними методами та його рециркуляції, для зменшення вентиляційних викидів забруднювальних речовин і тепла в зовнішнє повітря в холодну пору року [38];

5) застосування геотермальних систем вентиляції, які використовують температуру ґрунту для нагрівання або охолодження повітря, що надходить у приміщення [39];

б) автоматизація підтримки заданих режимів і параметрів мікроклімату на основі використання мікропроцесорної техніки, що працює за заданою програмою [40-42].

Сучасні системи вентиляції часто включають складні технологічні функції, зокрема, автоматизовані контролери вентиляції. Контролери дозволяють технологам чи фермерам стежити та регулювати температуру та якість повітря навіть з віддаленого місця. Це робить виробничий процес у тваринництві набагато простішим для підтримки нормативного мікроклімату і комфортним для тварин.

За даними [43] одношвидкісні вентилятори подають повітря з максимальною потужністю незалежно від фактичних потреб. Моделі зі змінною швидкістю інтелектуально підлаштовуються під змінні умови. Їх початкова вартість на 25-35% вища, але щорічна економія становить 300-800 доларів США на одиницю електроенергії. Більшість установок окупують витрати протягом 30 місяців лише за рахунок економії енергії, не враховуючи підвищення продуктивності тварин.

Згідно з даними ЄС (Costantino et al., 2016), енергія, що витрачається на охолодження та вентиляцію бройлерного приміщення, може сягати від 39,5 % загального споживання електроенергії, і це число збільшується до 47,3% в приміщеннях для курей-несучок [44].

Результати наших досліджень свідчать про те, що в холодну зимову пору механічна припливно-витяжна вентиляція сприяє охолодженню внутрішнього повітря і поступово самої будівлі крільчатника. Ця обставина вимагає збільшувати до 70-80% енерговитрати на роботу каналних вентиляторів, укомплектованих відповідними електрокалориферами чи/або теплогенераторами, для підтримання нормативної температури повітря робочої зони.

Технологічна схема рекуперації повітря в тваринницькому приміщенні включає витяжну систему, рекуператор тепла, систему подачі свіжого повітря та автоматизовану систему управління. Механічна вентиляція зі спрощеною моделлю автоматизованого управління з рекуперацією тепла забезпечує збереження енергоресурсів, пов'язаних з вентиляцією приміщення крільчатника, тобто суттєво знижує непродуктивні витрати тепла. Це пояснюється

тим, що в теплообміннику відбувається передача теплової енергії витяжного повітря припливному свіжому (зовнішньому) повітрю. При цьому, зовнішнє повітря подається до будівлі більш комфортної температури, оскільки піддається додатковому нагріванню в теплообміннику.

Вчені на основі тривимірного (3D) просторового розподілу та сезонних коливань внутрішнього середовища приміщень для несучок прийшли до висновку, що завдяки високій щільності утримання птиці та великій кількості високотемпературного відпрацьованого повітря з теплом в приміщеннях, існує великий потенціал для використання рекуперації тепла [45]. Наші результати досліджень на кроликах узгоджуються з висновками Jixin Yang et al. (2022) щодо доцільності застосування системи вентиляції з рекуперацією тепла для пташників. Результати їхніх досліджень показують, що нова двоканальна вентиляційна система може підвищити середню температуру в приміщенні на 4,4 °C взимку, для підтримки комфортнішої температури завдяки рекуперації тепла з відпрацьованого повітря. При цьому, ефективність рекуперації тепла становила 33,2% [46].

Висновки. Традиційна механічна припливно-витяжна вентиляція, за рахунок нормативного повітрообміну, щодобово марнує від 18 до 42% теплової енергії внутрішнього повітря крільчатника в холодну пору року. Застосування припливно-витяжної системи вентиляції зі спрощеною моделлю автоматизованого способу керування з рекуперацією тепла, вірогідно підвищує стан комфорту тварин від 1,1 до 2,50 од. індексу ТВІ ($td=16,7-70,7$; $p<0,001$) за порами року. Згадана вище система вентиляції збільшує витрати електроенергії на 0,42 кВт за добу (або на 5,28%) на роботу додаткових електродвигунів вентиляторів. Проте, всередньому щодобово заощаджує 3,71 кВт теплової енергії приміщення на загальну суму 35,47 грн. Очікуваний річний економічний ефект функціонування припливно-витяжної системи вентиляції з функцією рекуперації тепла (за рахунок збереження енергії на обігрів/охолодження внутрішнього повітря становить 28,5 грн/м³ приміщення крільчатника або 12,95 тис. гривень. Установлено, що показники добових приростів кроликів віком від 30 до

60 днів у весняну пору та передзабійної живої маси у весняну, літню і осінню пору і маси тушки у весняну і осінню пору, вірогідно переважали аналогічні показники зимової, що свідчить про вплив на них фактору «пора року».

4. Оптимізація мікроклімату крільчатників у фермерських господарствах. Пропозиції для виробництва

На основі проведених досліджень, можна рекомендувати фермерським господарствам захід з підкислення кролячого гною для зниження концентрації забруднювальних газів NH_3 і CO_2 внутрішнього повітря крільчатників, з пролонгованою тижневою дією. Діюча речовина підкислювачів зв'язує аміак сечівки, утворюючи суперфосфат амонію, при цьому кролячий гній краще зберігає азот і додатково збагачується на фосфор.

У кролівництві, на наш погляд, варто рекомендувати декілька шляхів зменшення витрат енергії в закритих капітальних приміщеннях для забезпечення нормативного мікроклімату. Зокрема, це стосується скорочення витрат теплової енергії на опалення, шляхом застосування рекуператорів тепла. Отже, можна пропонувати для виробництва механічну припливно-витяжну систему зі спрощеною моделлю автоматизованого способу керування з рекуперацією тепла, в якості методу проектування енергоефективного способу вентиляції крільчатників. Використання енергоефективної системи вентиляції з рекуперацією тепла, демонструватиме відповідальне ставлення фермера до навколишнього середовища та добробуту тварин, що буде позитивно впливати на репутацію господарства та підвищувати його привабливість для споживачів продукції і партнерів.

Крім цього, ефективним заходом потрібно вважати облаштування в крільчатниках повітряно-теплових завіс на дверях і брамах. Скоротити витрати енергії можна, також, шляхом автоматизації контролю оптимальних режимів роботи вентиляційного обладнання будівель. Важливим енергоощадним заходом буде застосування енергозберігаючих вентиляторів фірми «Хака», з технологією ЕС

(електронно-комутовані) або HVLS споживають значно менше електроенергії ніж традиційні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Енергетичні стратегії України на період до 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 № 145-р.
2. Davi Savietto (2024). Descriptive analysis of the environmental impact of intensive rabbit production. 13th World Rabbit Congress, IRTA; ASESCU, Oct 2024, Tarragona, Spain. pp.241-258. hal-04728661 <https://hal.inrae.fr/hal-04728661v1/document>
3. Відомчі норми технологічного проектування. Підприємства звірівництва та кролівництва. ВНТП – АПК – 05.07. Мінагрополітики України, Київ 2008. Чинні з 11.03.2008.
4. Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони. Наказ МОЗУ № 1596 від 14.07.2020, із змінами № 881 від 06.05.2021 та № 1715 від 10.08.2021. Чинний 03.08.2020.
5. Глобальні рекомендації ВООЗ щодо якості повітря та вплив на здоров'я від 22 вересня 2021. Доступ до глобального вебсайту: <https://www.who.int/>.
6. Calvet S., Estelles F., Hermida B., Blumetto O., Torres A. (2008). Experimental balance to estimate efficiency in the use of nitrogen in rabbit breeding. *World Rabbit Sci.*, 16:205-211. [Doi:10.4995/vws.2008.615](https://doi.org/10.4995/vws.2008.615)
7. Estelles, F., Cambra-Lopez, M., Jimenez-Belenger, A., Calvet, S. (2014). Evaluation of calcium superphosphate as an additive to reduce gaseous emissions from rabbit manure. *World Rabbit Science*. 22(4):279. [DOI: 10.4995/wrs.2014.3223](https://doi.org/10.4995/wrs.2014.3223).
8. Saleeva, I.; Sklyar, A.; Marynchenko, T.; Postnova, M.; Ivanov, A. (2020). Efficiency of modernization of heating and ventilation of poultry houses. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 433, 012041. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/433/1/012041#:~:text=DOI%2010.1088/1755%2D1315/433/1/012041>
9. Costa, A.; Guarino, M. (2009). Particulate matter concentration and emission factor in three different housing systems for laying hens. *J. Agric. Eng.* 40, 15. <https://doi.org/10.4081/jae.2009.3.15>
10. Belote, B. L.; Soares, I.; Tujimoto-Silva, A.; Tirado, A. G. C.; Martins, C. M.; Carvalho, B.; Gonzalez-Esquerro, R.; Rangel, L. F. S.; Santin, E. (2021). Field evaluation of feeding spray-dried plasma in the initial period on final performance and general health of broilers. *Poultry. Sci.* 100, 101080. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101080>
11. Zhao, W.; Choi, C.; Li, D.; Yan, G.; Li, H.; Shi, Z. (2021). Effect of air velocity on respiratory rate, rectal temperature and immune parameters of dairy calves housed individually in a stable with axial ventilation. *Animals*. 11, 354. <https://doi.org/10.3390/ani11020354>
12. Chantziaras, I.; De Meyer, D.; Vrielinck, L.; Van Limbergen, T.; Pineiro, C.; Dewulf, J.; Kyriazakis, I.; Maes, D. (2020). Parameters related to the environment, health, performance and welfare in pig houses with natural and mechanical ventilation. *Prev. Vet. Med.* 183, 105150. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105150>

13. Du, L.; Yang, K.; Domini, R.; Yang, L.; Hu, K.; Du, H.; Li, K.; Yu, K.; Xie, L.; Jiang, H. (2019). Research and optimization of tunnel ventilation poultry house in China using computational fluid dynamics. *Comput. Electron. Agric.* 159, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.02.020>

14. Wang, Y.; Zheng, W.; Tong, K.; Li, B. (2018). Reducing dust generation and temperature fluctuations in laying hen houses in northwest China using a hydrodynamic chamber. *Biosyst. Eng.* 175, 206–218. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.02.020>

15. Calve, S.; Cambra-Lopez, M.; Blanes-Vidal, V.; Estelles, F.; Torres, A.G. (2010). Ventilation rates in industrial poultry houses with mechanical ventilation in Southern Europe: development of a measurement system and uncertainty analysis. *Biosyst. Eng.* 106, 423–432. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.02.020>

16. Alberdi, O.; Arriaga, H.; Calve, S.; Estelles, F.; Merino, P. (2016). Ammonia and greenhouse gas emissions from enriched cages for laying hens. *Biosyst. Eng.* 144, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.01.009>

17. Samadpour, E.; Zahmatkesh, D.; Nemati, M.; Shahir, M. (2018). Determining the contribution of ventilation and insulation of broiler breeding houses to production performance using the analytical hierarchy process (AHP). *Braz. J. Poult. Sci.* 20, 211–218. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2017-0593>

18. Jongbo, A.O.; Moorcroft, I.; White, D.; Norton, T.; Okunola, A.A. (2020). Assessment of air flow in a broiler house with a roof ventilation system in summer. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 445, 012028. <https://doi.org/10.1088/17551315/445/1/012028>

19. Saha, K.K.; Zhang, G.; Cai, P.; Bjerg, B. (2010). Effects of partial septic tank ventilation system on indoor air quality and ammonia emissions from a pig fattening house. *Biosyst. Eng.* 105, 279–287. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.11.006>

20. Van Huffell, K.; Hansen, M. J.; Feilberg, A.; Liu, D.; Van Langenhove, H. (2016). Level and distribution of odorous compounds in exhaust air of pigs from combined room and pit ventilation. *Agric. Ecosyst. Environ.* 218, 209–219. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.11.020>

21. Zhang, G.; Bjerg, B.; Zong, C. (2017). Partial exhaust cleaning of septic tanks improves indoor air quality and air cleaning efficiency in livestock buildings: a review. *Appl. Eng. Agric.* 33, 243–256. <https://doi.org/10.13031/aea.11751>

22. Shi, Z.; Li, H.; Wang, T.; Xi, L.; Cheng, P.; Fan, M.; Liu, W. (2021). Effects of three ventilation methods on pigs in winter. *Agron. J.* 114 (4). <https://doi.org/10.1002/agj2.20915>

23. Бащенко М.І., Волощук В.М., Іванов В.О. та ін. (2021). Методика мультипараметричної оцінки мікроклімату тваринницьких приміщень методом безперервної автоматичної реєстрації. Методичні рекомендації, Черкаська ДСБ НААН. 2021. 24с.

24. Аналізатор повітряного середовища електронний: пат. На винахід 127047 Україна: МПК G01N 27/416 (2006.01), G01N 27/27 (2006.01), G01N 19/10 (2006.01). № а 2017 12586; заявл. 18.12.2017; зареєс. В Держреєстрі 29.03.2023.

25. Небилиця М.С., Гавриш О.М., Гончар О. Ф., Осокіна Т.Г. (2024). Оцінка стану добробуту кролів у цегляному крільчатнику за періодами року. *Ефективне*

кролівництво і звірівництво. Вип. 10. С.113-130. <https://doi.org/10.37617/2708-0617.2024.10.113-130>.

26. Пугачов Є.В., Гарбарук Л.Т., Зданевич В.А. Методичні вказівки до виконання теплотехнічного розрахунку в курсовому та дипломному проектуванні...(2014). Рівне: НУВГП. 2014. 43с.

27. Баєва, Л.П., Пашковський, О.В. Технологічні аспекти вентиляції у тваринництві. Харків: Світ, 2018. 285 с.

28. Jovovid, V ., Pandurevid, T ., Važid, B ., Erbez, M . (2015). Microclimate parameters and ventilation inside the barns in the lowland region of Bosnia and Herzegovina. *Journal of Livestock of Bosnia and Herzegovina – “special issue”*. Livestock keeping. 2015. pp. 14-18. <https://doi.org/10.7251/JAS1502014J>

29. Yeo, W.-H.; Lee, I.-B.; Kim, R.-W.; Lee, S.-Y.; Kim, J.-G. (2019). Computational evaluation of hydrodynamics of pig house ventilation systems to improve the indoor growing environment. *Biosyst. Eng.* 186, 259-278. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.08.007>

30. Дещенко О. С., Лихач А. В., Лихач В. Я. (2023). Параметри мікроклімату в приміщенні для утримання кнурів за різних типів систем вентиляції протягом року. Мат. Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених та спеціалістів «Інтеграція наукового потенціалу України в галузі тваринництва в європейський простір», 3 листопада 2023 р., м. Полтава [Електронне видання] / Національна академія аграрних наук України, Інститут свинарства і АПВ НААН. Полтава. С.50-53.

31. Романенко, Ю.П. Енергоєфективні системи вентиляції у свинарських приміщеннях. Миколаїв: Чорноморський видавничий дім, 2018. 310 с.

32. Гончар О.Ф., Бойко О.В., Гавриш О.М., Небилиця М.С. (2018). Вплив різних типів приміщень на формування мікроклімату та відтворювальні якості кролів за сезонами року. *Ефективне кролівництво і звірівництво*. Вип. №4. С. 85-102.

33. Небылица Н.С. (2021). Экологически безопасный способ теплоизоляции ограждающих конструкций свинарника-маточника. Сб. мат. Междунар. науч. – практ. конф. «*Инновации в животноводстве и безопасность продуктов животноводства - достижения и перспективы*», 30 сентября 1 октября 2021 года. Максимовка. (Молдова). С.740-747.

34. Небилиця М.С., Гавриш О.М., Осокіна Т.Г. (2024). Адаптивні рішення проектування енергоєфективних свинарників за умов глобального потепління. Тези мат. Міжнар. наук.-практ. конф. «*Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення*» 10-11 жовтня 2024 року, м. Кам'янець-Подільський. Одеса: ІКОСГ НААН, С.44-49.

35. Строй А. Ф., Гузик Д. В. (2008). Система локального мікроклімату у виробничих сільськогосподарських приміщеннях. *Нова Тема*. 2008. №3 С. 24-26. https://aetua.com/wp-content/uploads/2017/05/Nova_Tema_2-2008_19-05-2008.pdf#page=24

36. Local exhaust ventilation (LEV). <https://www.ucl.ac.uk/safety-services/policies/2023/nov/local-exhaust-ventilation-lev> (Дата звернення 21.10.2025).

37. Longhuan Du, Chengming Hu, Chaowu Yang et al. (2020). Research on pre-ventilation system with energy recovery for poultry houses. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 175. 2020, 105521 <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105521>

38. Довбненко О. Ф. (2023). Розроблення універсальної системи очищення повітря приміщень та дослідження мікробіологічної ефективності його застосування. *Матер. міжнар. наук.-практ. онл.-конф., 24 березня 2023 року «Кролівництво і хутрове звірівництво: проблеми, перспективи та інновації»*. Черкаська дослідна станція біоресурсів НААН. Черкаси. С. 35-39.

39. Дещенко О. С., Лихач А. В. (2023). Вплив температурного фактору за різних систем вентиляції на фізіологічні показники кнурів-плідників. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. № 41. С. 19-24. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-4.3>

40. Автоматизація мікроклімату в тваринницьких та птахівничих приміщеннях. https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/%D0%B5lektroenergetuka/Avtomotuzacia_tehnologihnuh_procesiv_i_sistemu_avtomatuhnogo_keryvanna/2/2.2.htm (Дата звернення 21.10.2025).

41. Hakjeong Shin, Younghoon Kwak, Seung-Kyung Jo, Se-Han Kim, Jeong-Ho Hu (2023). Development of an optimal control strategy for a mechanical ventilation system based on weather forecast data for outdoor air cooling in livestock buildings. *Energy*. Vol. 268. 2023, 126649 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.126649>

42. ТОВ «АгроКлімат Україна». Система клімат-контролю SKOV для свинарника. <https://agroclimate.com.ua/catalog/klimat-kontrol/> (Дата звернення 21.10.2025).

43. Refull International. Головна / FAQ / Чи варто використовувати вентилятори зі змінною швидкістю для худоби? <https://chinaexhaustfan.com/uk/are-variable-speed-fans-worth-it-for-cattle-sheds/> (Дата звернення 21.10.2025).

44. Costantino A. et al. (2016). Energy use for climate control in livestock buildings: current state of affairs in Europe. *Energy Proceedings*. Vol. 101, pp. 184-191. https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2016EnPro.101..184C/doi:10.1016/j.egypro.2016.11.024

45. Xinjie Tong, Se-Wun Hong, Linying Zhao (2019). CFD modeling of airflow distribution, thermal environment and ammonia concentration in a commercial manure house with belt layers and mixed ventilation systems. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 162, 2019, pp. 281-299. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.03.031>

46. Jixin Yang, Yunan Tu, Haoyang Ma, Xiaotung Yang, Chao Liang (2022). Numerical simulation of a novel two-channel ventilation system in poultry houses under winter conditions. *Construction and Environment*. Volume 207, Part B, 2022, 108557. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108557>

УДК 636.92: 631.22.223.6:628.8

DOI: <https://doi.org/10.37617/OMMIRGT/2026>

**Оптимізація управління мікроклімату за інтенсивної
технології вирощування кролів
(методичні рекомендації)**

Наукове видання

Гавриш Олександр Миколайович

Бойко Олександр Васильович

Небилиця Микола Степанович

Гончар Олексій Федорович

Волощук Олександр Васильович

Ткач Євгенія Федорівна

Осокіна Тетяна Григорівна

Автори будуть вдячні за відгуки, які можна надіслати за адресою:
Черкаська дослідна станція біоресурсів НААН, вул. Пастерівська, 76,
м. Черкаси, 18036 E-mail:*bioresurs.ck@ukr.net*

Підписано до друку 19.05.2026 Формат 60x84^{1/16}

Наклад 300 прим. Папір офсетний.

Оригінал – макет виконано в ЧДСБ НААН

18036 м. Черкаси, вул. Пастерівська, 76