

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**ДЗЕРИН ОЛЕКСАНДРА ІВАНІВНА**



УДК 697.273.86: 631.2

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ КОМБІНОВАНОГО  
ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ТВАРИННИЦЬКИХ КОМПЛЕКСІВ**

Спеціальність 05.23.03 – Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Національному університеті “Львівська політехніка”  
Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник :** доктор технічних наук, доцент  
**ЖЕЛИХ ВАСИЛЬ МИХАЙЛОВИЧ**  
завідувач кафедри теплогазопостачання та  
вентиляції Національного університету  
“Львівська політехніка”.

**Офіційні опоненти :** доктор технічних наук, професор  
**МАЛКІН ЕДУАРД СЕМЕНОВИЧ**  
професор кафедри теплотехніки Київського  
національного університету будівництва і  
архітектури;

кандидат технічних наук, доцент  
**ГУЗИК ДМИТРО ВОЛОДИМИРОВИЧ**  
доцент кафедри теплогазопостачання,  
вентиляції та теплоенергетики Полтавського  
національного технічного університету імені  
Юрія Кондратюка.

Захист відбудеться «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 р. о \_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої Вченої ради Д 26.056.07 при Київському національному університеті будівництва і архітектури за адресою: 03680, м. Київ, Повітрофлотський просп., 31, ауд. 466.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03680, м. Київ, Повітрофлотський просп., 31.

Відгуки на автореферат просимо надсилати у двох примірниках за підписом, завіреним печаткою організації, на адресу: 03680, м. Київ, Повітрофлотський просп., 31, КНУБА, Вчена рада Д 26.056.07.

Автореферат розісланий «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 р.

Вчений секретар спеціалізованої  
Вченої ради Д 26.056.07 кандидат  
технічних наук, професор



Василенко О.А.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Сьогодні очікується, що впровадження інноваційних енергоощадних технологій приведе до раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів в Україні, оскільки існує гостра проблема у зменшенні споживання природного газу та інших традиційних енергоносіїв у різних галузях промисловості та сільського господарства. У зв'язку з цим важливого значення набуває питання застосування ефективних систем теплопостачання. Особливо це стосується підприємств агропромислового комплексу, оскільки використання теплової енергії для них становить близько 12 млн. тон умовного палива, або близько 4 % від загального об'єму енергоспоживання в Україні. Приблизно 1/3 від всієї енергії витрачається для підтримання життєдіяльності сільськогосподарських комплексів, що є доволі значною часткою.

Серед галузей сільського господарства, зокрема тваринництва, одним із важливих напрямків є свинарство. Технологія розведення свиней ґрунтується на принципах цехового утримання; такими є цехи поросят і свиноматки. Одним із шляхів вирішення проблеми їх теплозабезпечення є впровадження енергоефективних систем опалення, які дають можливість підтримувати необхідний температурний режим у місцях перебування тварин. Варто зазначити, що в таких цехах потрібно створювати роздільний мікроклімат, який відповідає фізіологічним потребам різних категорій тварин. У місцях перебування поросят ступінь нагрятості повітря та поверхонь має бути значно більшим ніж у зоні розташування свиноматки. Важливим моментом при цьому залишається можливість застосування локального нагрівання за допомогою використання окремих опалювальних пристроїв. При цьому існує необхідність у проведенні спеціальних систематичних досліджень щодо встановлення закономірностей теплообміну у цеху поросят і свиноматки.

Істотний інтерес становить розгляд можливості впровадження систем комбінованого опалення. Окрім того, важливим є здійснення аналізу ефективності запропонованих технічних рішень та визначення їх техніко-економічних показників.

Наявним є значний досвід теплозабезпечення приміщень тваринницьких комплексів під час влаштування традиційних повітряних, а також різного типу інфрачервоних систем опалення. У той самий час актуальною залишається проблема створення нових енергоефективних систем теплопостачання, які враховують особливості сучасного технологічного процесу та фізіологію тварин.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана відповідно до державної програми «Створення систем і обладнання екологічно безпечних енерготехнологічних комплексів України» і тісно пов'язана з планами держбюджетної тематики Національного університету «Львівська політехніка», які виконувались на замовлення Міністерства освіти і науки України (Державний реєстраційний номер: №0110U007105, №0112U006212).

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування та розробка енергоефективної системи комбінованого опалення на основі локального нагрівання цеху поросят і свиноматки.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- провести аналіз існуючих систем опалення, а також методологічних положень щодо характеристик температурного режиму цеху поросят і свиноматки;
- на основі зробленого аналізу обґрунтувати фізичну модель цеху поросят і свиноматки та доцільність застосування локального нагрівання зон перебування тварин;
- виконати теоретичні та експериментальні дослідження щодо особливостей формування роздільного температурного режиму цеху поросят і свиноматки;
- розробити опалювальний пристрій цеху поросят і свиноматки для теплозабезпечення зон перебування тварин;
- запропонувати енергоефективну систему комбінованого теплопостачання для цеху поросят і свиноматки із використанням локальних опалювальних елементів;
- на основі наукового аналізу, теоретичних та експериментальних досліджень розробити методику інженерного розрахунку системи комбінованого опалення свинокмплексів із цехами поросят і свиноматок.

**Об'єкт дослідження** – теплові процеси в цеху поросят і свиноматки.

**Предмет дослідження** – закономірності теплообмінних процесів зон перебування тварин під час локального нагрівання елементами системи комбінованого опалення.

**Методи дослідження** – під час виконання поставлених завдань використовувався числовий аналіз, а також застосовувались лабораторні експериментальні методи дослідження з подальшим зіставленням їх результатів з даними, отриманими в натурних умовах. Математична обробка результатів досліджень ґрунтувалась на плануванні багатofакторних експериментів та представлена у вигляді емпіричних залежностей та номограм.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

- обґрунтовано і побудовано наближену фізичну модель формування температурного режиму у цеху поросят і свиноматки із врахуванням впливу окремих елементів системи комбінованого опалення;
- розроблено чисельні та аналітичні методи розрахунку параметрів теплового стану зон перебування тварин і проведено оцінку впливу основних чинників на температурний режим цеху;
- визначено закономірності впливу теплових і технічних характеристик окремих елементів системи комбінованого опалення, а також швидкості руху повітря на температурний режим зон перебування поросят і свиноматки та отримано залежності для визначення температури повітря у зоні перебування тварин.

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати досліджень були використані під час розроблення систем комбінованого опалення свинокомплексів з цехами поросят і свиноматок, які застосовуються для підтримання необхідного температурного режиму зон перебування тварин. Застосування таких систем дає змогу зменшити енергоспоживання на 21 % порівняно із традиційними системами теплопостачання. При цьому термін окупності витрат на їх реалізацію становить від 0,7 року.

Результати роботи впроваджено на ТзОВ «Галичина - Захід», с. Кавське, Львівської обл., Стрийського р-ну та у ФГ «Надія», с. Лисятичі, Львівської обл., Стрийського р-ну.

**Особистий внесок здобувача.** Результати досліджень, що наведені у дисертаційній роботі, отримані особисто автором на основі проведення аналізу сучасного стану проблеми теплозабезпечення приміщень тваринницьких комплексів та теоретичних і експериментальних досліджень. Автор брала участь у проведенні експериментів та їх обробці, аналізі та узагальненні результатів і даних фізичного моделювання з дослідження температурного режиму у зонах перебування тварин, щодо умов використання окремих нагрівальних елементів системи комбінованого опалення. Розроблено схемні рішення енергоефективної системи теплопостачання цеху поросят і свиноматки та проведено техніко-економічне обґрунтування її застосування.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати досліджень та окремі розділи дисертації доповідались на регіональних і міжнародних науково-практичних конференціях: на II, III, IV Міжнародній конференції молодих вчених (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, 2009, 2010, 2011 рр.), Міжнародній науково-технічній конференції «Інноваційні технології в будівництві» (м. Вінниця, 2010 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Збірно-монолітні і збірні попередньо напружені залізобетонні конструкції та мости», секція «Інженерні системи, обладнання» (м. Львів, 2010 р.); III Міжнародній конференції «Науково-технічне та організаційно-економічне сприяння реформам у будівництві і житлово-комунальному господарстві», секція «Енергозбереження та енергозабезпечення у будівництві і житлово-комунальному господарстві» (м. Макіївка, 2012 р.); MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Motorization and power industry in agriculture (Lublin, 2010); XII International Scientific Conference Current issues of civil and environmental engineering (Rzeszow, Poland 2009).

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 11 друкованих робіт, в т.ч. вісім у фахових виданнях та дві у міжнародному виданні. Одержано один патент України на корисну модель.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів основної частини, загальних висновків, списку використаних літературних джерел зі 161 найменувань та трьох додатків. Обсяг роботи становить 163 сторінки комп'ютерного набору і містить 63 рисунки та 17 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, сформульовані мета і завдання досліджень, відображена наукова новизна та практичне значення одержаних результатів, відзначено особистий внесок автора роботи, подано відомості про апробацію досліджень та публікації, структуру та обсяг дисертації.

У **першому розділі** виконано аналітичний огляд стану проблеми, викладені основні принципи та існуючі технології теплозабезпечення тваринницьких приміщень, зокрема свинокомплексів із цехами поросят і свиноматок. Докладно розглянуто особливості наявних систем підтримання теплового стану у місцях перебування тварин та вказано на недостатню ефективність технічних рішень цього обладнання.

Проведено аналіз робіт таких авторів, як: Худенко А.А., Строй А.Ф., Малкін Е.С., Гузик Д.В., Драганов Б.Х., Голосов И.М., Захаров А.А., Богословський В.Н., Альтгаузен А.П., Мурусідзе Д.Н., Зайцев А.М., Егіазаров А.Г., Кокорін О.Я., Федоров П.В., Позін Г.М., Алікаєв В.А., Бароєв Т.Р., Белановський А.С., Кузнецов А.Ф., Лебедев Д.П., Лебедь А.А., Пригунов Ю.М., Нетеса А.І., Онегов А.П., Плященко С.І., Райко В.І., Свистунов В.М., Храмцов В.В. та ін. Показано, що найпоширенішими системами підтримання температурного режиму цехів поросят і свиноматки є системи повітряного та підлогового опалення, а також інфрачервоного нагрівання. Вказується на необхідність розроблення інноваційних опалювальних систем, які дають змогу забезпечити роздільний мікроклімат у зонах розташування тварин. Відмічається потреба в проведенні поглиблених досліджень теплообміну у цих зонах.

На основі проведеного аналізу відомих даних теоретичних та експериментальних досліджень зроблено висновок про необхідність розроблення енергоефективної системи комбінованого опалення, що ґрунтується на локальному нагріванні цеху поросят і свиноматки, яке уможливило зменшити споживання енергоносіїв. Враховуючи сучасний стан розглянутої проблеми, сформульовані основні завдання, які виконані у цій роботі.

У **другому розділі**, спираючись на існуючі уявлення про специфіку технологічного процесу із врахуванням фізіологічних особливостей поросят і свиноматок, фізичну сутність теплозабезпечення зон перебування тварин, запропонована енергоефективна система комбінованого опалення (рис. 1).

Своєрідність технологічного процесу у цехах поросят і свиноматки полягає у тому, що свиноматка знаходиться у цеху протягом трьох місяців. З них один місяць до поросності, впродовж цього терміну температура повітря у місці її знаходження повинна підтримуватись на рівні 15 – 17 °С, та два місяці з поросятами, при цьому температура повітря повинна бути у межах 18 – 20 °С. Для забезпечення необхідного температурного режиму встановлюється електрична опалювальна панель 1, ступінь нагрітості поверхні якої змінюється терморегулятором 2.

У місці перебування поросят температура повітря є значно більшою і у міру їх росту змінюється від 30 до 22 °С. Тепловий стан формується електричним нагрівальним килимком 4 у місці відпочинку поросят та інфрачервоним нагрівачем

б над годівницю, встановлення якого викликає позитивні біологічні прояви у тварин. Зміна теплової потужності опалювальних приладів дає можливість забезпечити необхідний температурний режим цієї зони.

Підлога влаштовується суцільною з підстилкою, яка змінюється не рідше, ніж 1 раз на один – два дні. Оскільки вона постійно зволожується, здійснюється нахил для стікання рідини в канал 8 для видалення органічних відходів, який покривається решітками. Огородження цеху є суцільним, що запобігає виникненню протягів, і має висоту 1 м. Вологість повітря, а також концентрацію шкідливих газів у цеху поросят і свиноматки асимілюють шляхом достатнього повітрообміну. Повітря за допомогою перфорованого повітропроводу 7 подається в зону перебування поросят і свиноматки, а видалення його здійснюється через канал 8.

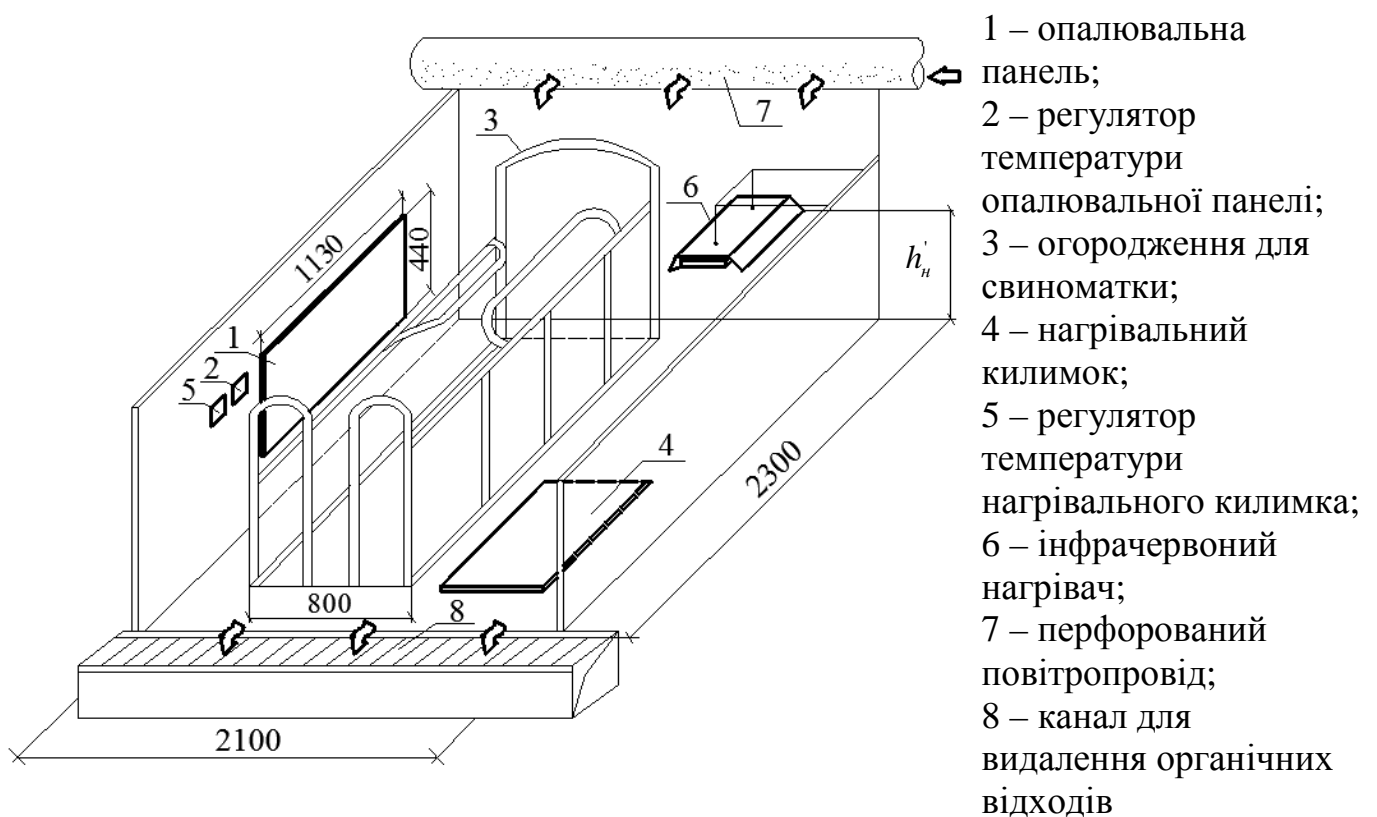


Рис. 1. Схема системи комбінованого опалення цеху поросят і свиноматки:  
 $h_n'$  – висота встановлення інфрачервоного нагрівача: 0,8 – 1,4 м.

Був отриманий патент України на корисну модель на цю схему: «Опалювальний пристрій для цеху поросят і свиноматок».

Взявши за основу технологію утримання поросят і свиноматки та врахувавши особливості функціонування комбінованої системи опалення, були сформульовані основні концепції та передумови для обґрунтування фізичної моделі. При цьому брались до уваги явища, які пов'язані із формуванням температурного режиму цеху.

Розроблена фізична модель дала змогу скласти схему теплових потоків, яка повною мірою відображає процеси теплообміну у місцях перебування тварин. На рис. 2 показано схему теплових потоків у зоні перебування свиноматки.

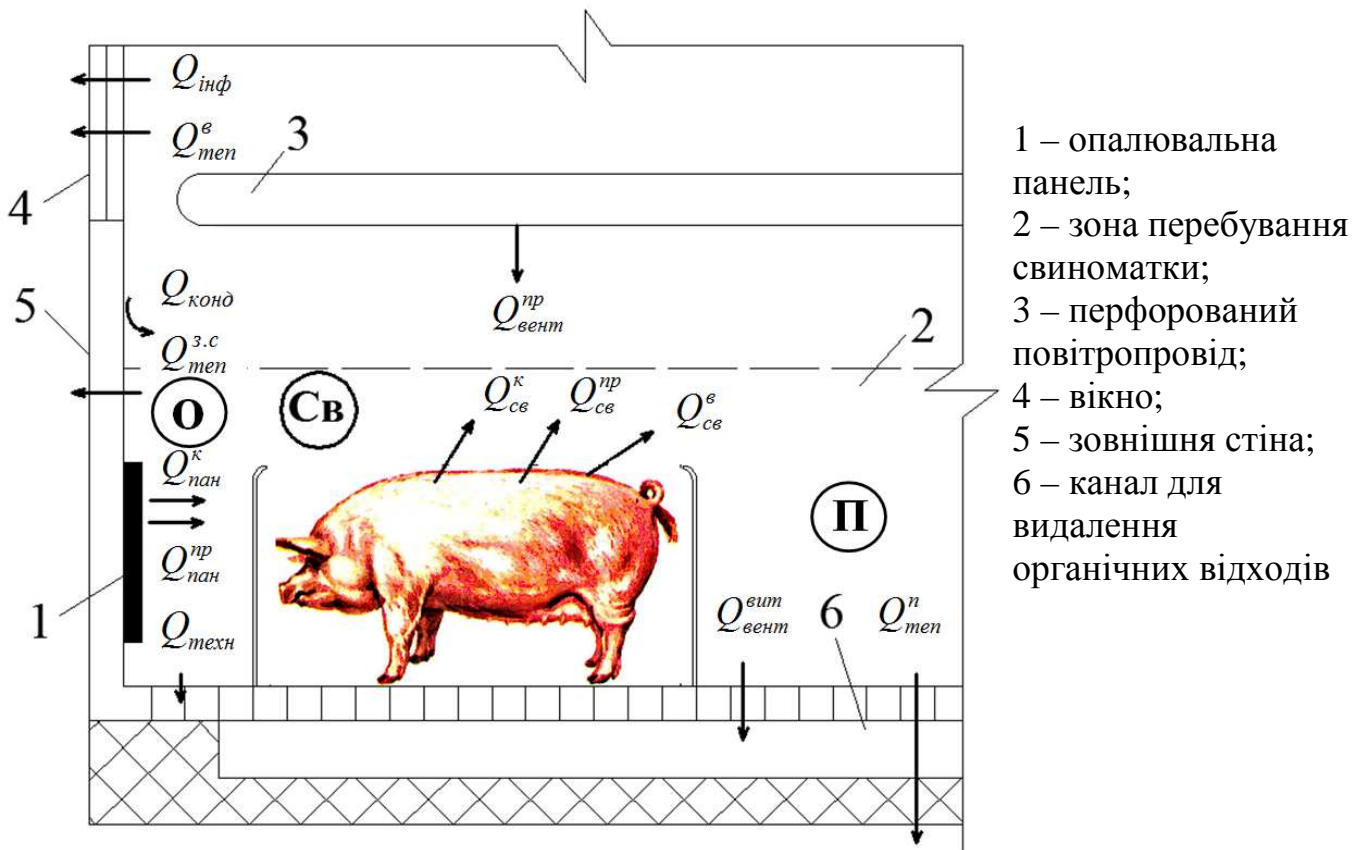


Рис. 2. Схема теплових потоків у зоні перебування свиноматки:

$Q_{пан}^k, Q_{пан}^{np}$  – відповідно тепловиділення конвекцією та випромінюванням від опалювальної панелі, Вт;  $Q_{св}^k, Q_{св}^{np}, Q_{св}^e$  – відповідно тепловиділення від свиноматки через конвекцію, випромінювання та випаровування, Вт;  $Q_{вент}^{np}$  – теплота, що надходить з припливним вентиляційним повітрям, Вт;  $Q_{кond}$  – теплота, що виділяється в результаті конденсації водяних парів, Вт;  $Q_{мен}^{z.c}$  – втрати теплоти через зовнішню стіну, Вт;  $Q_{мен}^n$  – втрати теплоти через підлогу, Вт;  $Q_{мен}^e$  – втрати теплоти через вікно, Вт;  $Q_{інф}$  – інфільтраційні тепловтрати, Вт;  $Q_{мех}$  – теплота, що затрачається на випаровування вологи з поверхні підлоги, Вт;  $Q_{вент}^{внт}$  – втрати теплоти з витяжним вентиляційним повітрям, Вт

Моделювання теплових потоків ґрунтувалось на теорії графів. Цей підхід дає змогу ефективно розв'язувати складні задачі теплотехнічних фізичних процесів цеху поросят і свиноматки. У досліджуваній зоні виділені такі теплові ємності: повітря – (П); огорожувальні захищення – (О); свиноматка – (Св). Крім того, були виокремлені джерела теплоти: опалювальна панель ( $Q_{пан}$ ); свиноматка ( $Q_{св}$ ); повітря ( $Q_{пов}$ ); огорожувальні захищення ( $Q_{в.з}$ ), які є вершинами графа. Теплові потоки зони перебування свиноматки  $q_i^{C_6}$ , що відповідають теплообміну між  $i$ -ми джерелами теплоти і тепловими ємностями на графі зображено у вигляді ребер, які пов'язують вершини (рис. 3).



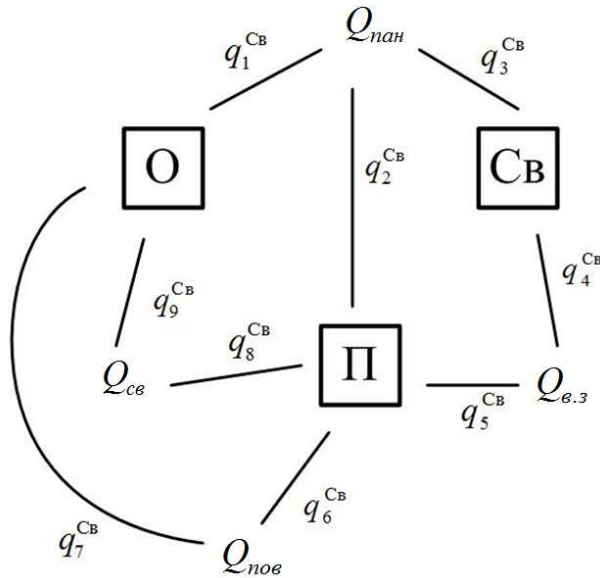


Рис. 3. Граф теплових потоків зони перебування свиноматки

На основі цього графа розроблена розширена матриця (1):

	О	СВ	П	$Q$
О	0	$Q_{O-СВ}$	$Q_{O-П}$	$Q_{пан}^O + Q_{св}^O + Q_{нов}^O$
СВ	$Q_{СВ-O}$	0	$Q_{СВ-П}$	$Q_{пан}^{СВ} + Q_{в.з}^{СВ}$
П	$Q_{П-O}$	$Q_{П-СВ}$	0	$Q_{пан}^П + Q_{в.з}^П + Q_{нов}^П + Q_{св}^П$

у якій  $Q_{i-y}$  – елемент матриці, що відповідає тепловій ємності  $i$  на ємність  $y$ ;  $Q$  – елемент стовпчика джерела теплоти, що відповідає тепловій дії цих джерел на ємність  $y$  рядку якої вони розміщенні.

Наведена матриця (1) дала змогу сформулювати загальне балансове рівняння:

$$\begin{aligned} & Q_{пан}^к \pm Q_{пан}^{np} \pm Q_{св}^к \pm Q_{св}^{np} \pm Q_{св}^6 \pm Q_{вент}^{np} \pm Q_{конд} \pm Q_{теп}^{з.с} \pm Q_{теп}^n \pm Q_{теп}^6 \pm \\ & \pm Q_{инф} \pm Q_{техн} \pm Q_{вент}^{внт} = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Крім того, були складені системи балансових рівнянь (3), (4), (5) для кожної теплової ємності. Так, для ємності (О) із врахуванням того, що  $Q_{пан}^O = Q_{пан}^{np}$ ;  $Q_{св}^O = Q_{св}^{np}$ ;  $Q_{нов}^O = Q_{конд}$ , система набула такого вигляду:

$$\begin{cases} Q_{св}^{np} = \alpha_{св}^{np} \cdot F_{св} \cdot (t_{св} - t_R'), \\ Q_{пан}^{np} = \alpha_{пан}^{np} \cdot A_{пан} \cdot (\tau_{пан} - t_R'), \\ Q_{конд} = \frac{\lambda \cdot F}{\sqrt[3]{\frac{10,8 \cdot n \cdot \kappa \cdot (72 - 322 / m) \cdot v}{g \cdot (\rho' - 0,0037 \cdot 1,06^{t_s})}}} \cdot (t_s - t_c). \end{cases} \quad (3)$$

Взявши до уваги, що  $Q_{св}^{Св} = Q_{св}^{np}$ ;  $Q_{пан}^{Св} = Q_{пан}^{np}$ , для теплової ємності (СВ):

$$\begin{cases} Q_{св}^{np} = \alpha_{св}^{np} \cdot F_{св} \cdot (t_{св} - t_R'), \\ Q_{пан}^{np} = \alpha_{пан}^{np} \cdot A_{пан} \cdot (\tau_{пан} - t_R'). \end{cases} \quad (4)$$

Для теплової ємності (П) було прийнято:

$Q_{пан}^П = Q_{пан}^к$ ;  $Q_{в.з}^П = Q_{теп}^{з.с} + Q_{теп}^n + Q_{теп}^6 + Q_{инф} + Q_{техн}$ ;  $Q_{нов}^П = Q_{вент}^{np} + Q_{вент}^{внт}$ ;  $Q_{св}^П = Q_{св}^к + Q_{св}^6$   
і в результаті отримано систему (5):

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{cв}^k = \alpha_{cв}^k \cdot F_{cв} \cdot (t_{cв} - t_{3.n}^{cв}), \\ Q_{cв}^6 = c \cdot V_{\epsilon} \cdot (t_{вид} - t_{3.n}^{cв}), \\ Q_{пан}^k = \alpha_k \cdot A_{пан} \cdot (\tau_{пан} - t_{3.n}^{cв}), \\ Q_{вент}^{np} = L_{np} \cdot \rho_{np} \cdot c \cdot t_{np}, \\ Q_{вент}^{вум} = L_{вум} \cdot \rho_{вум} \cdot c \cdot t_{вум}, \\ Q_{техн} = 0,69 \cdot W_{нов}, \\ Q_{теп} = f(R_{зах}, F_{зах}, t_3). \end{array} \right. \quad (5)$$

де  $\alpha_{cв}^{np}$  – коефіцієнт променевого теплообміну, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $F_{cв}$  – площа тварини, м<sup>2</sup>;  $t_{cв}$  – температура тіла тварини, °С;  $t_R$  – середня радіаційна температура поверхні умовного огороження, °С;  $\tau_{пан}$  – температура опалювальної панелі, °С;  $A_{пан}$  – площа опалювальної панелі, м<sup>2</sup>;  $F$  – площа огорожувальних захищень, на яких утворюється конденсат, м<sup>2</sup>;  $t_s$  – температура насичення, яку можна вважати такою, що дорівнює температурі внутрішнього повітря, °С;  $t_c$  – температура поверхні, °С;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності конденсату, Вт/(м·°С);  $m$  – маса тварини, кг;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $\rho'$  – густина конденсату, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  – кінематична в'язкість повітря, м<sup>2</sup>/с;  $n$  – кількість тварин, гол;  $k$  – поправковий коефіцієнт, що враховує зміну температури внутрішнього повітря;  $t_{3.n}^{cв}$  – температура повітря у зоні перебування свиноматки, °С;  $L_{np}$ ,  $L_{вум}$  – відповідно витрата припливного і витяжного повітря, м<sup>3</sup>/год;  $t_{np}$ ,  $t_{вум}$  – відповідно температура припливного і витяжного повітря, °С;  $\rho_{np}$ ,  $\rho_{вум}$  – відповідно густина припливного і витяжного повітря, кг/м<sup>3</sup>;  $V_{\epsilon}$  – масова витрата повітря під час дихання свиноматки, кг/год;  $t_{вид}$  – температура повітря, що видихає свиноматка, °С;  $c$  – питома теплоємність повітря, кДж/(кг·°С);  $W_{нов}$  – кількість вологи, що поступає з відкритих поверхонь, кг/год;  $F_{зах}$  – площа захищень, м<sup>2</sup>;  $R_{зах}$  – опір теплопередачі захищень, (м<sup>2</sup>·°С)/Вт;  $t_3$  – температура зовнішнього повітря, °С.

У роботі визначена температура повітря у зоні перебування свиноматки. Було здійснено узагальнення емпіричних та теоретичних даних, які стосуються формування теплового стану для умов, які розглядаються, та отримано функціональну залежність (6):

$$t_{3.n}^{cв} = f(A_{пан}, F_{cв}, \alpha_k, \alpha_{np}, t_{cв}, t_3, t_{np}, t_{вум}). \quad (6)$$

Для ситуації зони перебування поросят на основі розробленої фізичної моделі, була складена схема теплових потоків, що своєю чергою, дало змогу сформулювати узагальнений граф теплових потоків. Щодо теплових ємностей, то до них належали, по-перше, повітря (П), по-друге, огорожувальні захищення (О), по-третє, поросята (Пор). Ребрами графа представлена теплова взаємодія ємностей з джерелами теплоти, до яких було зараховано нагрівальний килимок ( $Q_{клм}$ ); поросята ( $Q_{пор}$ ); інфрачервоний нагрівач ( $Q_{i.н}$ ); повітря ( $Q_{нов}$ ); огорожувальні захищення ( $Q_{в.з}$ ). Відповідно до цього, була сформульована розширена матриця

виокремлених теплових ємностей та системи балансових рівнянь для кожної з них. Це уможливило встановити функціональну залежність температури повітря зони перебування поросят (7):

$$t_{3.n}^{nop} = f(A_{к\text{лм}}, F_{nop}, A_{з.он}, T_1, \alpha_k, \alpha_{np}, t_{nop}, t_3, t_{np}, t_{в\text{ит}}), \quad (7)$$

у якій  $A_{к\text{лм}}$  – площа нагрівального килимка,  $\text{м}^2$ ;  $F_{nop}$  – площа поросяти,  $\text{м}^2$ ;  $A_{з.он}$  – площа зони опромінення,  $\text{м}^2$ ;  $T_1$  – температура поверхні інфрачервоного нагрівача,  $\text{К}$ ;  $t_{nop}$  – температура тіла поросяти,  $^{\circ}\text{C}$ .

У результаті проведених аналітичних досліджень отримана залежність між основними параметрами, що формують тепловий стан зони перебування поросят, температурою нагрівального килимка  $\tau_{к\text{лм}}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , температурою зовнішнього повітря  $t_3$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , температурою повітря у зоні перебування поросят  $t_{3.n}^{nop}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ . Для цього були використані пакети прикладних програм MATLAB (рис. 4).

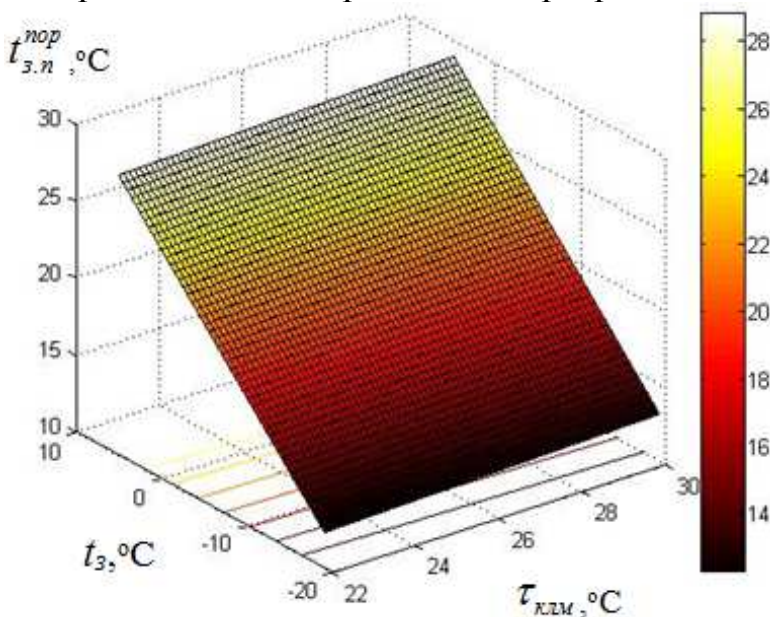


Рис. 4. Розподіл температури повітря у зоні перебування поросят залежно від температури нагрівального килимка і температури зовнішнього повітря

З метою спрощення аналізу теплофізичних процесів були прийняті деякі припущення. Так, діапазон температур поверхні нагрівального килимка становив від 22 до 30  $^{\circ}\text{C}$ , температура зовнішнього повітря змінювалася від 10 до  $-20$   $^{\circ}\text{C}$ . Змінними приймалися два фактори – температура зовнішнього повітря та температура поверхні нагрівального килимка. Решта параметрів, які безпосередньо впливають на тепловий стан зони перебування поросят, для побудови графічної залежності приймалися незмінними.

З рис. 4 бачимо, що за постійної температури поверхні килимка і зменшення температури зовнішнього повітря температура повітря у робочій зоні також знижується. Так, за температури поверхні нагрівального килимка  $\tau_{к\text{лм}} = 22$   $^{\circ}\text{C}$  і температури зовнішнього повітря  $t_3 = -20$   $^{\circ}\text{C}$  температура повітря становить  $t_{3.n}^{nop} = 15$   $^{\circ}\text{C}$ . За незмінної температури зовнішнього повітря і підвищення температури поверхні килимка температура повітря у зоні перебування поросят підвищується.

У **третьому розділі** наведено результати експериментальних досліджень процесів, що формують тепловий стан цеху поросят і свиноматки, а також

методику їх проведення. Виконано планування експерименту і математичну обробку отриманих даних, здійснено їх аналіз.

У комплексі проведених у дисертаційній роботі експериментальних досліджень необхідно виділити, по-перше, дослідження температурного режиму у зоні перебування свиноматки, який формувався опалювальною панеллю, по-друге, експерименти із визначення температурного режиму у місцях знаходження поросят, який забезпечувався нагрівальним килимком і, по-третє, визначення впливу роботи інфрачервоного нагрівача на тепловий стан у місці їх розташування.

Щодо досліджень за першим етапом, то потрібно відзначити, що експерименти проводились на установці, показаній на рис. 5.

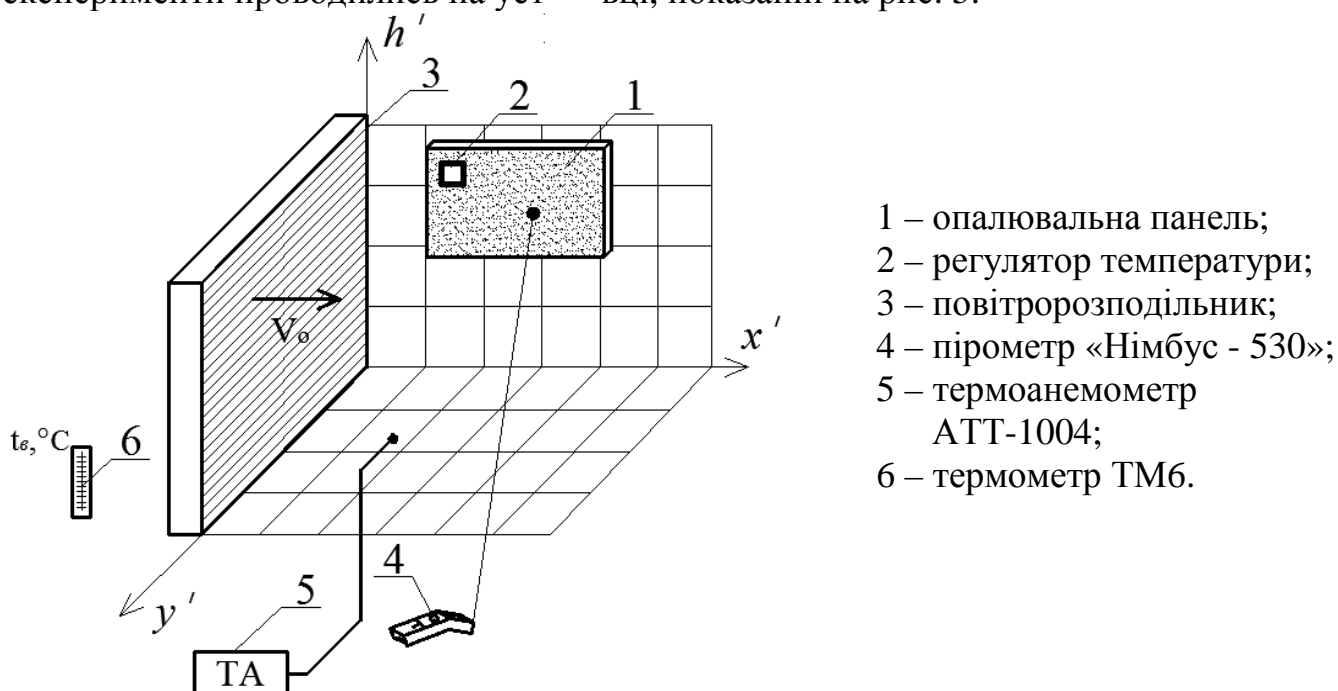


Рис. 5. Схема експериментальної установки для дослідження температурного режиму у зоні перебування свиноматки

Температурний режим формувався опалювальною панеллю 1, ступінь нагрятості поверхні якої змінювався за допомогою терморегулятора 2 від 60 до 72 °С і визначався пірометром 4. Повітряний потік створювався повітророзподільником 3, швидкість руху та температура повітря вимірювались термоанемометром 5.

Дослідження проводились на основі планування експерименту, вхідними факторами якого були: відносна ширина робочої зони  $x_1 = \bar{y}' = y' / y'_{\max}$ ;  $y'$  – ширина зони перебування свиноматки, м;  $y'_{\max}$  – максимальна ширина цієї зони, м; швидкість руху повітря  $x_2 = V_0$ , м/с; температура опалювальної панелі  $x_3 = \tau_{\text{пан}}$ , °С. При цьому функцією відгуку була відносна температура повітря у зоні перебування свиноматки, яка визначалася:  $\bar{t}^{ce} = t_e / t_{3,n}^{ce}$ ;  $t_e$  – фонові температура повітря, °С;  $t_{3,n}^{ce}$  – температура повітря зони перебування свиноматки, °С. Область визначення вхідних параметрів знаходилась у межах:  $\bar{y}' = [0...1]$ ;  $V_0 = [0,1...0,5]$  м/с;  $\tau_{\text{пан}} = [60...72]$  °С.

За результатами регресійного аналізу апроксимуючий поліном (8) набув вигляду

$$y = 0,909 + 0,011x_1 + 0,056x_2 - 0,016x_3. \quad (8)$$

На підставі аналізу коефіцієнтів рівняння регресії зроблено висновок, що найбільший вплив на функцію відгуку має фактор  $x_2$  – швидкість руху повітря  $V_0$ , м/с; а фактори  $x_1$  – відносна ширина зони перебування свиноматки і  $x_3$  – температура опалювальної панелі,  $\tau_{пан}$ , °С, впливають меншою мірою.

Результати експериментів показано на рис. 6.

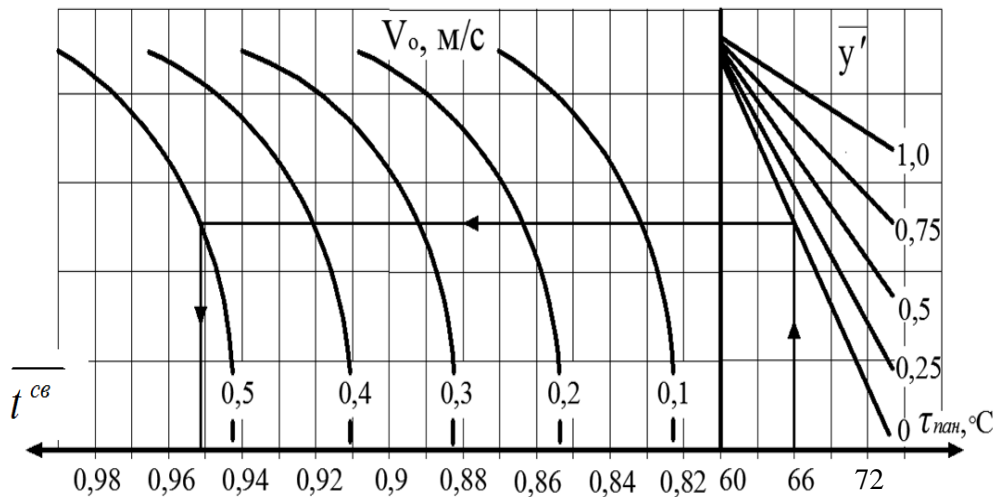
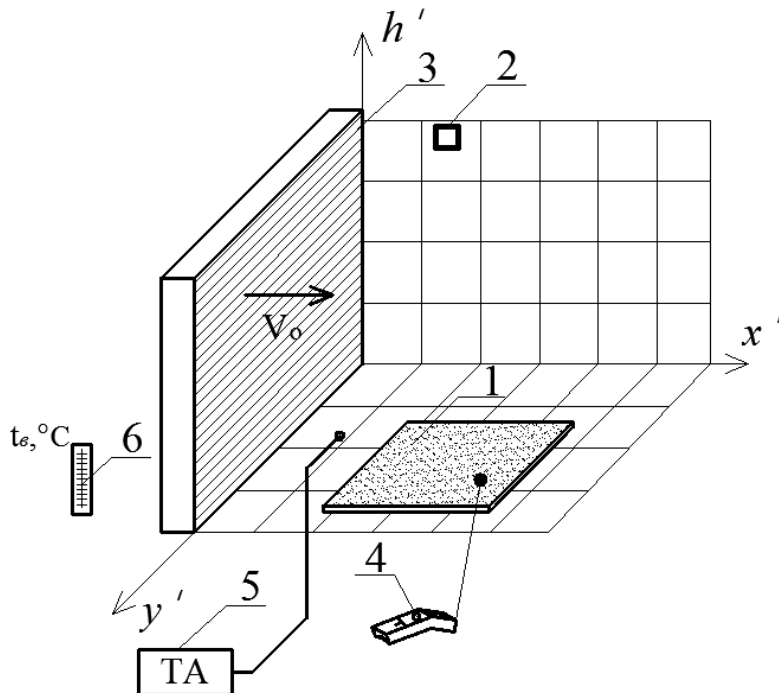


Рис. 6. Графічна залежність відносної температури повітря  $t^{cv}$  від відносної ширини цеху поросят і свиноматки  $\bar{y}$ , швидкості руху повітря  $V_0$ , м/с і температури опалювальної панелі  $\tau_{пан}$ , °С

Було встановлено, що зменшення температури повітря у зоні перебування свиноматки у міру віддалення від панелі для різних значень швидкостей є фактично однаковим і становить приблизно 2,5 °С.

На рис. 7 зображено експериментальну установку, що відповідає дослідженням, проведеним за другим етапом.



- 1 – нагрівальний килимок;
- 2 – регулятор температури;
- 3 – повітророзподільник;
- 4 – пірометр «Німбус - 530»;
- 5 – термоанемометр АТТ-1004;
- 6 – термометр ТМ6.

Рис. 7. Схема експериментальної установки для дослідження впливу нагрівального килимка на формування температурного режиму у зоні відпочинку поросят

Дослідження були спрямовані на визначення розподілу температури повітря у зоні відпочинку поросят, який формувався нагрівальним килимком, ступінь нагрятості поверхні якого змінювався від 30 до 22°C.

Проведено планування експерименту. До уваги бралися такі фактори:  $x_1 = \bar{h}' = h' / h'_{\max}$  – відносна висота робочої зони;  $h'$  – висота зони перебування поросят, м;  $h'_{\max}$  – максимальна висота цієї зони, м;  $x_2 = V_0$  – швидкість руху повітря, м/с;  $x_3 = \tau_{\text{клм}}$  – температура нагрівального килимка, °C. Функцією відгуку у була прийнята відносна температура повітря у зоні перебування поросят  $\bar{t}^{\text{пор}} = t_e / t_{3,n}^{\text{пор}}$ ;  $t_e$  – фонові температура повітря, °C;  $t_{3,n}^{\text{пор}}$  – температура повітря зони перебування поросят, °C.

У результаті експериментальних досліджень за другим етапом отримана графічна залежність для визначення температури повітря у зоні відпочинку поросят за різних швидкостей руху повітря і постійної середньої температури нагрівального килимка (рис. 8):

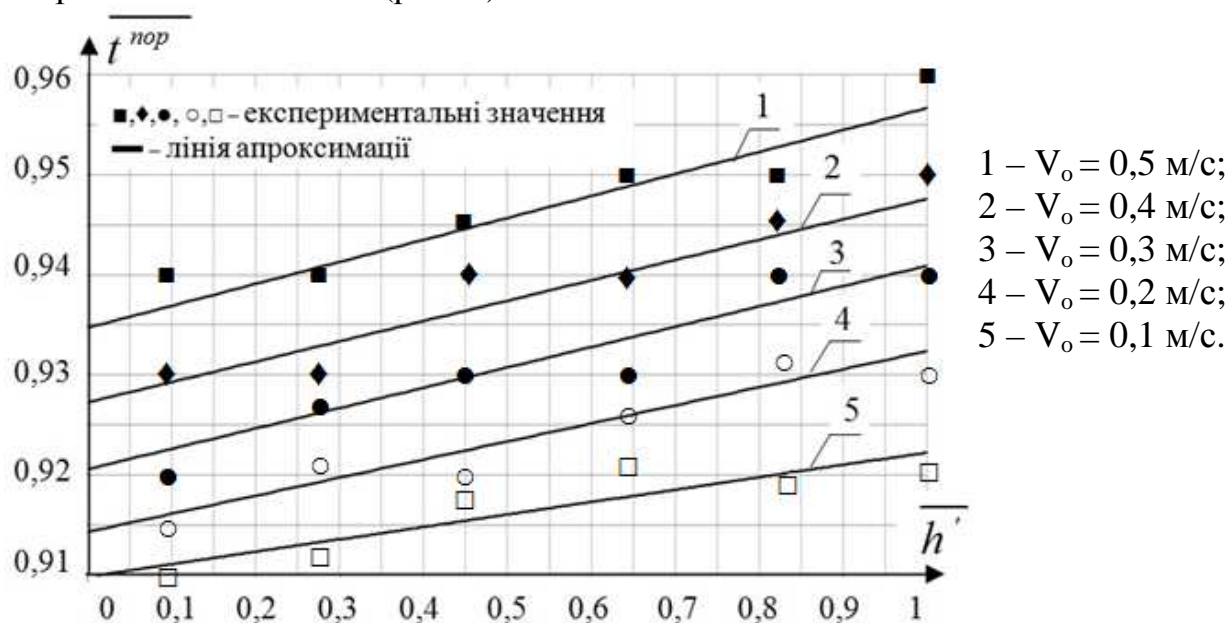


Рис. 8. Залежність відносної температури повітря  $\bar{t}^{\text{пор}}$  від відносної висоти робочої зони  $\bar{h}'$  за  $\tau_{\text{клм}} = 26$  °C;  $y' = 0,4$  м;  $x' = 0,8$  м і за швидкостей руху повітря

Проаналізувавши отриману залежність, можна зробити висновок, що температура повітря у цій зоні незначно змінюється по висоті. Максимальне її відхилення на межі зони становить 1,3 °C.

Щодо експериментів за третім із розглянутих етапів, які виконувались на експериментальній установці (рис. 9), то досліджувався температурний режим у зоні годівлі поросят, що забезпечувався інфрачервоним нагрівачем.

Здійснено планування повного факторного експерименту, описано методику досліджень, проведено математичну обробку отриманих результатів та їх подання у вигляді графіків, номограм та емпіричних залежностей. Дослідження були спрямовані на визначення температури повітря у зоні годівлі поросят із врахуванням теплової потужності інфрачервоного нагрівача, висоти його встановлення та швидкості руху повітря.

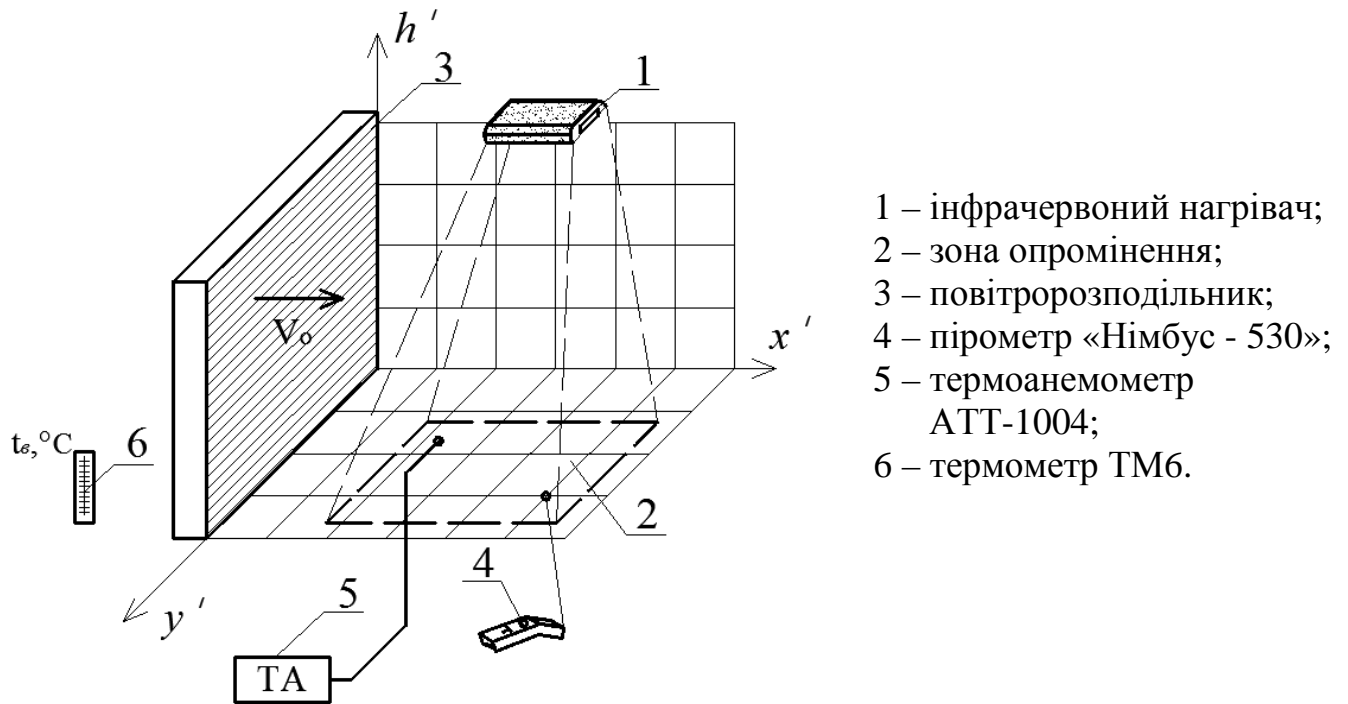


Рис. 9. Схема експериментальної установки для дослідження впливу інфрачервоного нагрівача на формування температурного режиму у зоні годівлі поросят

Відносна температура повітря у досліджуваній зоні була представлена (9) емпіричною залежністю :

$$\overline{t^{nop}} = (0,6 - 0,18 \cdot h') + 0,1 \cdot (((1,8 - 1,78 \cdot h'_n) + (0,98 + 0,004 \cdot h'_n) \cdot (1,7 + 5,7 \cdot V_0) + (-0,0001 - 0,0005 \cdot V_0) \cdot Q_H))), \quad (9)$$

де  $V_0$  – швидкість руху повітря, м/с;  $Q_H$  – потужність інфрачервоного нагрівача, Вт;  $h'_n$  – висота встановлення нагрівача, м;  $h'$  – висота заміру, м.

Встановлено, що за збільшення швидкості руху повітря і висоти встановлення нагрівача температура повітря у цій зоні зменшується.



Фото досліджуваного цеху

Для підтвердження адекватності результатів лабораторних досліджень були проведені дослідження у реальних умовах (фото) для визначення температурного режиму зон перебування тварин із врахуванням комплексної дії складових елементів комбінованої системи опалення.

Достовірність результатів експериментальних досліджень була обґрунтована перевіркою адекватності фізичної моделі за відповідними критеріями Стюдента, Фішера та Кохрена.

У четвертому розділі розроблені інженерні рекомендації із розрахунку основних теплових характеристик свиногокомплексів з цехами поросят і свиноматок. Представлено основні вихідні положення та технічні дані, якими необхідно керуватись під час виконання цих розрахунків, а також вказано на можливість використання надлишкової теплоти у приміщеннях дорослих свиней для обігрівання цеху поросят і свиноматки.

Запропонована методика розрахунку дає змогу визначити температуру повітря у зоні перебування тварин, для підтримання якої обчислюється необхідна теплова потужність кожного із складових елементів комбінованої системи опалення, зокрема опалювальної панелі у місці знаходження свиноматки, а також нагрівального килимка та інфрачервоного нагрівача для теплозабезпечення поросят.

На рис. 10 показано алгоритм інженерного розрахунку температури повітря у свиногокомплексі з цехами поросят і свиноматки, де наведені послідовність і хід розв'язання задачі.

На основі алгоритму використання запропонованої методики була розроблена комп'ютерна програма, яка дає змогу простим методом підстановки вхідних параметрів визначити температуру повітря у зоні перебування тварин.

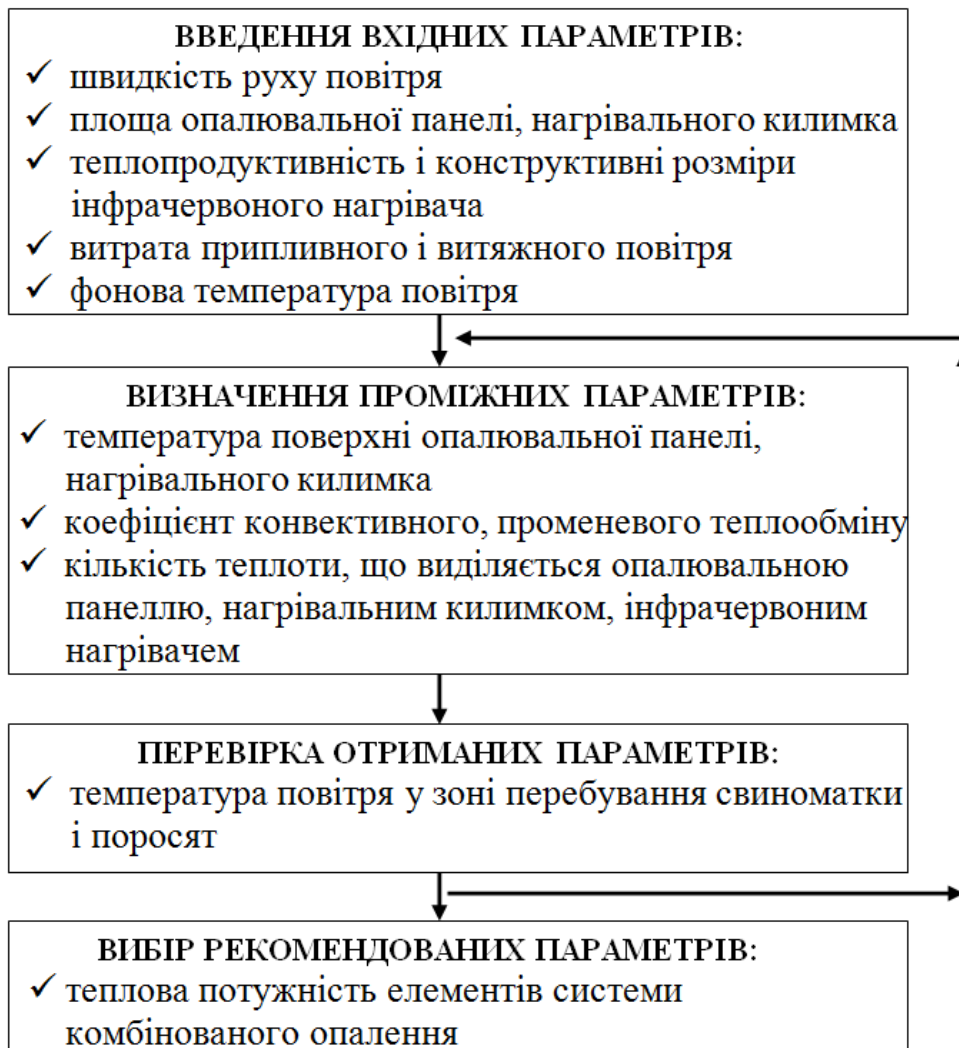


Рис. 10. Схема алгоритму інженерного розрахунку температури повітря у зоні перебування поросят і свиноматки



На основі виконаних досліджень також показано, що для свинокомплексів із цехами поросят і свиноматок під час застосування комбінованих систем опалення на тепловий стан будівлі загалом впливає значення фонові температури повітря та кількість тварин, що перебувають у приміщенні.

Проведені дослідження дали можливість отримати залежність для визначення температури припливного повітря за врахування таких факторів як кількість тварин у свинарнику та фонові температура повітря (рис. 11).

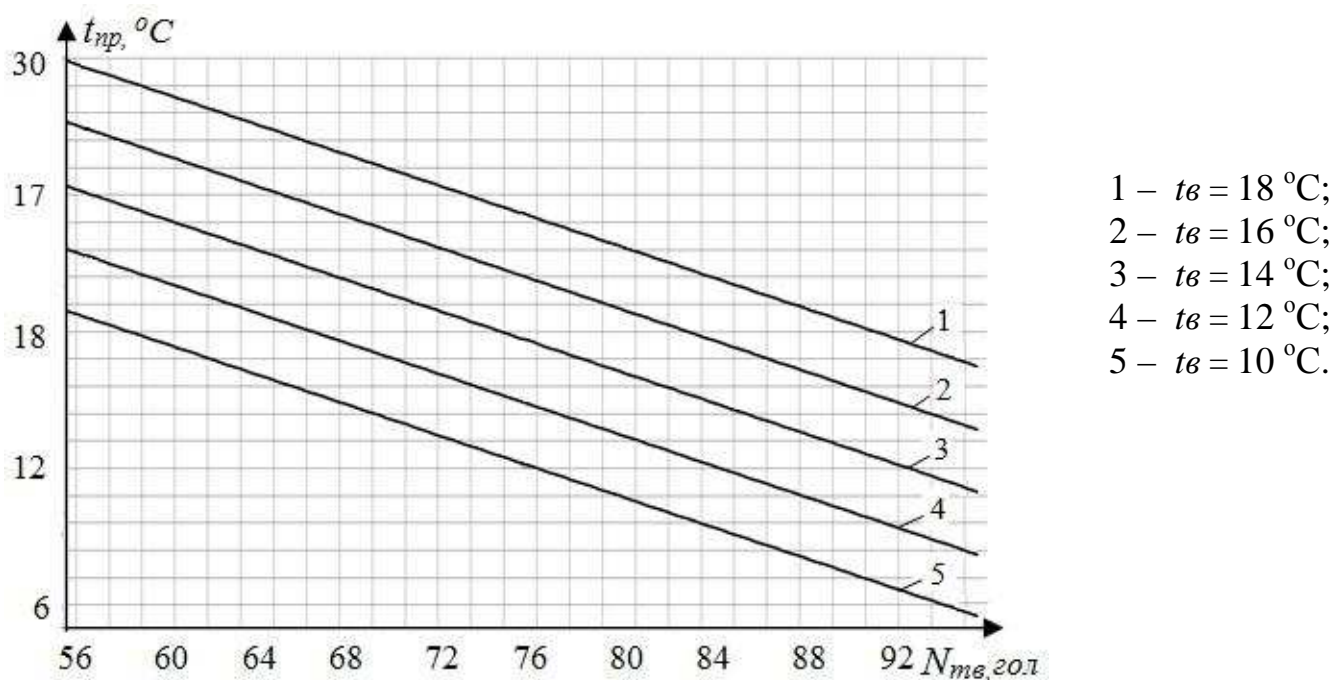


Рис.11. Залежність температури припливного повітря  $t_{np}$ , °C від кількості тварин  $N_{тв}$ , гол за відповідних фонових температур повітря  $t_{в}$ , °C

Ці дані свідчать, що за постійної фонові температури повітря із зменшенням кількості тварин у свинарнику температуру припливного повітря необхідно збільшити.

У **п'ятому розділі** наведено результати техніко-економічного зіставлення двох систем забезпечення теплового стану приміщення свинокомплексу із цехами поросят і свиноматок. До порівняння приймалася традиційна повітряна система теплозабезпечення із локальним нагріванням інфрачервоними лампами зон перебування поросят та система комбінованого опалення, яка ґрунтувалась на фоновому повітряному і локальному нагріванні зон перебування тварин. (рис. 12) Немаловажним енергоощадним моментом у запропонованій системі є використання біогазу як палива, який є альтернативою природному газу. Біогаз безпосередньо спалюється у теплогенераторі для підігрівання теплоносія калориферних установок повітряної системи опалення. Надлишок біогазу реалізується іншими споживачами, і тим самим він є джерелом додаткового доходу. Крім того, в процесі метанотворення відбувається розкладання органічної маси, в результаті чого, крім біогазу, отримують чисте екологічне добриво. Цей продукт реалізовується з метою отримання прибутку у результаті функціонування свинокомплексу.

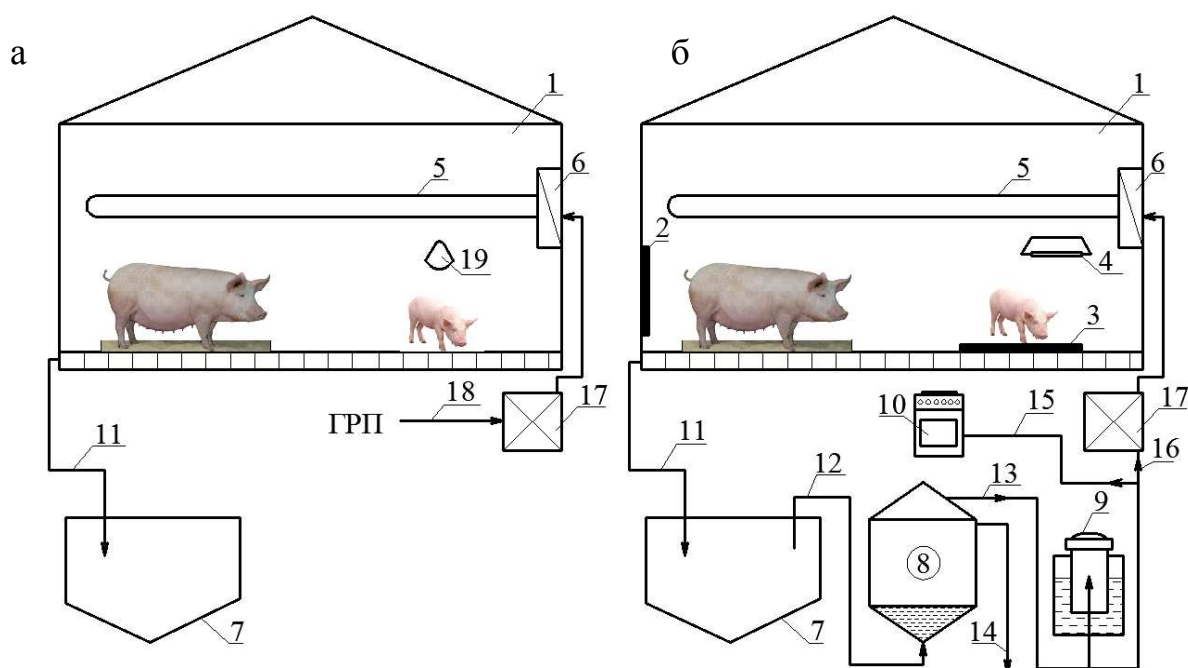


Рис.12. Схеми систем теплозабезпечення свинарника з цехами поросят і свиноматки:

а – повітряна система опалення; б – система комбінованого опалення:

1 – свиноферма; 2 – електрична опалювальна панель; 3 – нагрівальний килимок; 4 – інфрачервоний нагрівач; 5 – перфорований повітропровод; 6 – повітроготувальна установка; 7 – ємність для накопичення гною; 8 – біореактор; 9 – газгольдер; 10 – споживач біогазу; 11 – відвідний канал органічних відходів зі свиноферми; 12 – подача органічної маси у біореактор; 13 – відведення біогазу з біореактора; 14 – відведення біомаси на утилізацію; 15 – відбір біогазу для споживачів; 16 – відбір біогазу на потреби свиноферми; 17 – теплогенератор; 18 – газопровід від газорегулювального пункту; 19 – інфрачервона лампа; ГРП – газорегулювальний пункт.

Здійснено розрахунок економічної ефективності енергоефективної системи комбінованого опалення. Її використання дає змогу отримати економічний ефект – 21 %, з терміном окупності від 0,7 року.

### ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Для приміщень тваринницьких комплексів виконано ряд теоретичних, експериментальних та в реальних умовах досліджень температурного режиму цехів поросят і свиноматок. На цій основі розроблено і впроваджено енергоефективну систему комбінованого опалення, яка ґрунтується на локальному нагріванні зон перебування тварин.

2. Проаналізовано і вивчено специфіку теплообмінних процесів у цеху поросят і свиноматки, а також здійснено оцінку впливу кожного із опалювальних приладів комбінованої системи теплозабезпечення на формування температурного режиму.

3. На основі фізичного моделювання була підтверджена доцільність застосування систем комбінованого опалення, що ґрунтуються на фоновому повітряному теплозабезпеченні свинокомплексу та локальному нагріванні місць перебування тварин, а саме – опалювальної панелі для зони свиноматки, нагрівального килимка та інфрачервоного випромінювача для зони поросят.

4. Проведено комплекс досліджень, на основі яких визначено закономірності формування теплового стану цеху поросят і свиноматки локальними джерелами теплоти: опалювальною панеллю з температурою поверхні 60...72 °С, нагрівальним килимком із ступенем нагрітості поверхні 30...22 °С, інфрачервоним нагрівачем потужністю 500 – 1500 Вт. Показано, що системи комбінованого опалення ефективно забезпечують нормативний температурний режим у цеху.

5. Запропоновано опалювальний пристрій для цеху поросят і свиноматки, який уможливив збільшити зону локального нагрівання їх місць перебування та забезпечити перебіг процесу формування необхідного температурного режиму для різних категорій тварин.

6. Визначено закономірності впливу складових елементів системи комбінованого опалення на температуру повітря у зоні перебування тварин, встановлено, що:

- за збільшення температури опалювальної панелі на 1 °С і зменшення швидкості руху повітря на 0,1 м/с температура в зоні свиноматки зростає на 8 %;
- за збільшення температури нагрівального килимка на 1 °С і зменшення швидкості руху повітря на 0,1 м/с температура в зоні поросят зростає на 2 %;
- за зменшення потужності інфрачервоного нагрівача на 500 Вт і швидкості руху повітря на 0,1 м/с температура зони опромінення зменшується на 3 %.

7. Розроблено методику інженерного розрахунку теплового стану свинокомплексу з цехами поросят і свиноматки із використанням системи комбінованого опалення для умов забезпечення роздільного температурного режиму різних категорій тварин.

8. Здійснено порівняльний аналіз традиційної системи повітряного опалення свинокомплексів із запропонованою системою комбінованого опалення. Визначено техніко-економічні переваги використання запропонованої системи та проведено розрахунок її економічної ефективності, при цьому встановлено, що економічний ефект становить 21 %, з терміном окупності до одного року.

9. Результати проведених досліджень впроваджено на підприємстві «Галичина - Захід», с. Кавське, Львівської обл. та фермерському господарстві «Надія», с. Лисятичі, Львівської обл.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Makarukha O. Application of pigfarms radiation heating systems/ O. Makarukha, N. Spodyniuk, V. Zhelykh // Zeszyt naukowy politechniki rzeszowskiej. Rzeszów (Poland): Budownictwo i Inzynieria Srodowiska. – 2009. – № 266 – P. 53–55.

Особистий внесок Макарухи О.І. полягає у проведенні досліджень, опрацюванні та аналізі цих досліджень.

2. Желих В.М. Розрахунок температури внутрішнього повітря в цеху поросят і свиноматки/ В.М. Желих, О.І. Макаруха // MOTROL. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, T. 12С. – 2010. – P. 260 – 265.

Особистий внесок Макарухи О.І. полягає у розробленні схеми теплових потоків зон перебування тварин.

3. Макаруха О.І. Організація повітрообміну в цеху об'єктів сільського господарства / О.І. Макаруха, В.М. Желих // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України: зб. наук.-техн. пр. – Львів: НЛТУУ. – 2009.

Вип. 19.11. – С. 79–83.

Особистий внесок Макарухи О.І. полягає в аналізі систем вентиляції цеху поросят і свиноматки.

4. Дзерин О.І. Підвищення ефективності опалювальних систем свинокомплексів // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України: зб. наук.-техн. пр. – Львів: НЛТУУ, 2010. – Вип. 20.13. – С. 117– 119.

5. Макаруха О.І. Визначення температури внутрішнього повітря в зоні перебування поросят / О.І. Макаруха, В.М. Желих // Вісник НУ «Львівська політехніка» «Теплоенергетика. Інженерія докiлля. Автоматизація». Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2010. – № 677. – С. 46– 49.

Особистий внесок Макарухи О.І. полягає у визначенні параметрів мікроклімату в зоні перебування поросят.

6. Желих В.М. Особливості теплового режиму зони перебування свиноматки / В.М. Желих, О.І. Дзерин // Вісник НУ «Львівська політехніка» «Теплоенергетика. Інженерія докiлля. Автоматизація». Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2011. – № 712. – С. 163– 166.

Особистий внесок Дзерин О.І. полягає у аналізі досліджень.

7. Желих В.М. Економічне оцінювання комбінованої системи опалення для цеху поросят і свиноматки / В.М. Желих, О.І. Дзерин // Вісник НУ «Львівська політехніка» «Теорія та практика будівництва». – Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2012. – №737. – С. 107– 111.

Особистий внесок Дзерин О.І. полягає у розробці і аналізі залежностей для визначення температури внутрішнього повітря даного цеху.

8. Желих В.М. Енергоефективні системи теплозабезпечення виробничих приміщень / В.М. Желих, О.І. Дзерин, Н.А. Сподинюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: наук.-техн. зб. – Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2012. – №2(13). – С. 152– 156.

Особистий внесок Дзерин О.І. полягає в аналізі існуючих систем теплозабезпечення виробничих приміщень.

9. Fialko N.M. Modeling of thermal regime of manufacturing premises using graph theory / N.M. Fialko, V.M. Zhelyh, O.I. Dzeryn // Вісник НУ «Львівська політехніка» «Теорія та практика будівництва». – Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2013. – № 756. – С.47– 50.

Особистий внесок Дзерин О.І. полягає у розробленні схеми теплових потоків цеху поросят і свиноматки.

10. Zhelyh V.M. Energy saving technologies in production complexes agricultural purpose/ V.M. Zhelyh, S.R. Kozak, Y.V. Furdas, N.A. Spodiniuk, O.I. Dzeryn // Вісник НУ «Львівська політехніка» «Теорія та практика будівництва». – Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2014. – № 781. – С.230– 233.

Особистий внесок Дзерин О.І. полягає в опрацюванні та аналізі досліджень.

11. Желих В.М., Макаруха О.І. Опалювальний пристрій для цеху поросят і свиноматки // Патент на корисну модель, Україна, №39425 від 25.02.2009 р., Бюл. №4.

Особистий внесок Макарухи О.І. полягає в участі під час розроблення комбінованої системи опалення для цеху поросят і свиноматки.

## АНОТАЦІЯ

**Дзерин О.І. Підвищення ефективності систем комбінованого опалення приміщень тваринницьких комплексів. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.03 – Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, 2015.

Дисертація розглядає вирішення актуальної проблеми енергоефективного теплозабезпечення свинокомплексів із цехами поросят і свиноматки шляхом застосування комбінованих систем опалення, що ґрунтуються на локальному нагріванні місць перебування тварин.

На підставі проведеного аналізу обґрунтована доцільність використання комбінованих систем опалення. Розроблена фізична модель дала змогу здійснити комплекс експериментальних досліджень щодо визначення температурного режиму у цеху поросят і свиноматки, встановлено закономірності впливу окремих опалювальних елементів на тепловий стан характерних зон.

На основі результатів проведених досліджень запропоновані рекомендації щодо вибору енергоефективних теплотехнічних параметрів опалювальних пристроїв. Здійснена оцінка впливу основних факторів і вихідних характеристик, що входять в отримані рівняння і розрахункові залежності.

Розроблено методику інженерного розрахунку температурного режиму зон перебування поросят і свиноматки під час застосування локальних джерел теплоти: інфрачервоного нагрівача, нагрівального килимка і опалювальної панелі, що дає змогу застосовувати енергоефективні системи опалення для забезпечення нормативних температурних режимів у цехах поросят і свиноматки.

Здійснено економічне обґрунтування застосування розробленої комбінованої системи опалення для свинокомплексів із цехами поросят і свиноматки, проведено їх зіставлення із традиційною повітряною системою теплозабезпечення і вказано переваги розробленої системи.

Результати проведених досліджень впроваджено на підприємстві «Галичина - Захід», с. Кавське, Львівської обл. та у фермерському господарстві «Надія», с. Лисятичі, Львівської обл.

**Ключові слова:** система комбінованого опалення, локальне нагрівання, температурний режим, цех поросят і свиноматки.

## АННОТАЦИЯ

**Дзерин О.И. Повышение эффективности систем комбинированного отопления помещений животноводческих комплексов. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 – Вентиляция, освещение и теплогазоснабжение. – Национальный университет «Львовская политехника», г. Львов, 2015.

Диссертация посвящена решению актуальной проблемы энергоэффективного теплообеспечения свинокомплексов с цехами поросят и свиноматки путем применения комбинированных систем отопления, которые базируются на локальном нагревании мест пребывания животных.

На основании проведенного анализа обоснована целесообразность использования комбинированных систем отопления. Разработанная физическая модель позволила осуществить комплекс экспериментальных исследований относительно определения температурного режима в цехе поросят и свиноматки.

На основе результатов проведенных исследований предложены рекомендации относительно выбора энергоэффективных теплотехнических параметров отопительных устройств. Разработана методика инженерного расчета температурного режима зон пребывания поросят и свиноматки при применении инфракрасного нагревателя, нагревательного коврика и отопительной панели, что позволяет применять энергоэффективные системы отопления для обеспечения нормативных температурных режимов в цехах поросят и свиноматки.

Осуществлено экономическое обоснование применения разработанной комбинированной системы отопления для свинокомплексов с цехами поросят и свиноматки, проведено сопоставление данных с традиционной воздушной системой теплообеспечения и указаны на преимущества разработанной системы.

Результаты проведенных исследований внедрены на предприятии "Галичина - Запад", с. Кавское, Львовской обл. и фермерском хозяйстве "Надежда", с. Лисятичи, Львовской обл.

**Ключевые слова:** система комбинированного отопления, локальное нагревание, температурный режим, цех поросят и свиноматки.

#### **ABSTRACT**

**Dzeryn O.I. Improving efficiency of combined heating systems of apartments stock-raising complexes. – Manuscript.**

Dissertation for the degree of technical sciences candidate, specialty 05.23.03 – Ventilation, lighting, heat and gas supply. – Lviv Polytechnic National University, Lviv, 2015.

Thesis deals with the actual problem of energy-efficient heating for pigfarms with the workshops of piglets and sow by using of combined heating systems, that are based on the local heating for the animals.

On the basis of the conducted analysis the use of combined heating system is confirmed. The worked out physical model allowed to carry out the complex of experimental researches in relation to determination of temperature condition in the workshop of piglets and sow, the influence of separate heating elements is set on the thermal state of specific zones.

Methodology of engineering calculation of temperature condition for piglets and sow is worked out by using of infrared heater, heater carpet and heating panel, that allows to apply the energy-efficient heating systems for providing of normative temperature conditions in the workshops of piglets and sow.

The economic assessment of the developed combined heating system is carried out for pigfarms with the workshops of piglets and sow, comparison is conducted with the traditional air system heating and it is indicated on advantages of the worked out system.

The research results are implemented at Enterprise "Galychina - Zakhid", of Kavske, Lviv region and farm "Nadiya", of Lysyatychi, Lviv region.

**Keywords:** combined heating system, local heating, temperature condition, workshop of piglets and sow.