

Волощук В.М., Іванов В.О., Небилиця М.С., Бойко О.В., Ткач Є.Ф.

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕРМОІЗОЛЯЦІЇ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ
КОНСТРУКЦІЙ ОПАЛЮВАНИХ СВИНАРСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ**

(Методичні рекомендації)



Черкаси - 2021



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК
УКРАЇНИ

ЧЕРКАСЬКА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ БІОРЕСУРСІВ

В.М. Волощук, В.О. Іванов, М.С. Небилиця,
О.В. Бойко, Є.Ф. Ткач

**Ефективність термоізоляції огороджувальних конструкцій
опалюваних свинарських приміщень**

(Методичні рекомендації)



Черкаси - 2021

Ефективність термоізоляції огорожувальних конструкцій опалюваних свинарських приміщень. Методичні рекомендації. – Черкаси: Черкаська дослідна станція біоресурсів НААН.- 2021.- 24 с.

У рекомендаціях викладено експериментальні дані з моніторингу температурно-вологісного режиму опалюваного свинарника-маточника за сезонами року та його вплив на продуктивні якості тварин. Показано, що планувально-конструктивне рішення приміщення, характеризується недостатньою енергоефективністю огорожувальних конструкцій, через наявність містків холоду взимку і тепла влітку.

Метою роботи було розробити техніко-економічне обґрунтування і екологічно безпечний спосіб термоізоляції огорожувальних конструкцій свинарника-маточника, які мають ознаки морального старіння, для підвищення його енергоефективності.

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

Методичні рекомендації розроблені в межах виконання завдання 30.02.01.16.П Обґрунтувати екологічно безпечний спосіб термоізоляції огорожувальних конструкцій свинарських приміщень, № ДР 0119U000321.

Авторський колектив: В.М. Волощук, В.О. Іванов, М.С. Небилиця, О.В. Бойко, Є.Ф. Ткач

Рецензенти: кандидат біологічних наук, О.І. Підтереба, Інститут свинарства і АПВ НААН,
кандидат сільськогосподарських наук, О.Ф. Гончар, Черкаська ДСБ НААН.

Рекомендації розглянуті та схвалені Вченою радою Черкаської дослідної станції біоресурсів НААН протокол № 6 від 08.10.2020 та координаційно-методичною радою Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН, протокол №3 від 05.11.2020 року.

© Волощук В.М., Іванов В.О., Небилиця М.С., Бойко О.В., Ткач Є.Ф.

© Черкаська ДСБ НААН

Черкаси - 2021

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Дослідження об'ємно-планувальних рішень, геометричних і теплотехнічних характеристик свинарника-маточника.....	6
2. Залежність температурно-вологісного режиму свинарника-маточника від показників довкілля за періодами року.....	7
3. Вплив основних параметрів мікроклімату приміщення на продуктивність підсисних свиноматок за періодами року.....	9
4. Залежність внутрішньої температури огорожувальних конструкцій приміщення від температури довкілля за періодами року.....	9
5. Результати досліджень теплового балансу приміщення свинарника-маточника.....	9
6. Техніко-економічне обґрунтування теплоізоляції стін.....	10
7. Екологічно безпечний спосіб термоізоляції огорожувальних конструкцій свинарника-маточника.....	11
8. Обґрунтування способу визначення енергоефективності тваринницьких приміщень.....	15
9. Обговорення одержаних результатів та літературних даних.....	16
ВИСНОВКИ.....	18
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	19
БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	20

ВСТУП

Забезпечення свиней мікрокліматичними умовами згідно норм [1], дозволяє більшою мірою використовувати їхні продуктивні якості, що зумовлені спадковістю. При плануванні реконструкції, підвищення енергоефективності функціонуючих свинарників-маточників, має практичне значення для виробництва. Це пов'язано з тим, що в Україні функціонує багато ферм і комплексів, які проектувалися, переважно, за будівельними нормами 1995 року [2], які не регламентували показник і норми енергоефективності.

Свинарські будівлі в теплотехнічному відношенні мають ряд специфічних особливостей. Це пов'язано з наявністю в приміщенні великої кількості тварин із власними виділеннями тепла та вологи. Тепловиділення є часом такими значними, що в ряді випадків, допустимий мікроклімат може бути забезпечений власне без облаштування системи опалювання. В такому випадку свинарське приміщення кваліфікується як неопалюване. Для неопалюваного приміщення потрібний опір теплопередачі визначають виходячи із двох умов: теплового балансу і відсутності конденсату на внутрішній поверхні огорожувальних конструкцій.

Незважаючи на неврегульованість у чинних будівельних нормах деяких теплотехнічних показників, опалювані свинарські приміщення за сучасних умов виробництва, часто реконструюються і термічно модернізуються, з урахуванням як зарубіжного, так і вітчизняного передового досвіду з питань енергозбереження.

Вважаємо актуальним і економічно доцільним проведення додаткового утеплення зовнішніх стін та перекриттів існуючих будівель, які мають моральний знос, для утримання кнурів-плідників та підсисних свиноматок. Підвищення їх теплозахисту дозволить поліпшити внутрішній мікроклімат у зимовий та літній періоди року, скоротити витрати кормів та підвищити продуктивність тварин. Це важливо ще й тому, що передбачені у цих свинарських приміщеннях системи опалення нині, в більшості випадків, працюють недостатньо ефективно. Водночас потенціал термоізолюючих будівельних матеріалів на ринку України підвищується з кожним роком. Проте питанню облаштування термоізоляції приміщень які реконструюються, на наш погляд, приділяється ще недостатньо уваги. Хоча в Україні обсяги робіт по реконструкції ферм, в силу економічних причин, переважають порівняно з новим будівництвом.

Історичні довідки свідчать, що перші «енергоєфективні споруди» з'явилися після світової кризи 1974 року, як новий напрям у будівництві [3]. За літературними даними [4-8], проблеми енергозбереження та якості мікроклімату перебувають у центрі уваги фахівців галузі тваринництва і будівництва всього світу, особливо впродовж останніх двох десятиріч років. Міжнародні проекти, які підтримуються Європейською комісією, Програмами Tacis, Thermie, USAID та іншими організаціями, починаючи з 90-х років зробили енергоєфективність достатньо відомим терміном.

За вимогою Директив 2006/32/ЄС та 2010/30/ЄС в Україні впроваджується Національний план дій з енергоєфективності до 2020 року та затверджені технічні регламенти енергетичної продукції [9-13]. У 2017 році набрали чинності ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція будівель» [14] та прийнятий Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» [15], які спрямовані на зменшення споживання енергії в будівлях. Потрібно наголосити, що дія вищезазначених будівельних норм і Закону, щодо енергоєфективності, не поширюється на будівлі сільсько-господарського призначення. Отже, дане питання в Україні, наразі вирішується лише в галузі цивільного будівництва та житлово-комунального господарства. Проте, на необхідність впровадження енергозберігаючих технологій при проектуванні та реконструкції тваринницьких підприємств наголошує низка зарубіжних [16-19] і вітчизняних [20-24] учених.

У зв'язку з вищезазначеним, нами проведені дослідження з техніко-економічного обґрунтування утеплення стін приміщень для утримання кнурів-плідників [27]. Крім того, дослідженнями [33, 34] встановлено, що моральний знос або дефекти чи пошкодження зовнішніх огорожувальних конструкцій призводить до погіршення параметрів мікроклімату в приміщеннях.

За наявності інноваційного способу [28] і нових технічних засобів [35] з моніторингу мікроклімату, питання щодо розроблення алгоритму визначення енергоєфективності опалюваних будівель стало більш актуальним. У розвинутих Європейських країнах, середній рівень споживання енергії, в розрахунку на свиноматку на рік, становить 983 кВт·год. (за одержання 2,44 опоросів) [25] та 1163 кВт·год. (за одержання 24 поросят) [26], із значним ступенем коливання. Крім того, для забезпечення оптимального мікроклімату, є метод розрахункового визначення показника енергетичної ефективності для житлової та громадської будівлі [14]. Він характеризує річну енергопотребу

приміщення в опаленні, охолодженні та гарячому водопостачанні, в розрахунку на одиницю опалюваної площі або кондиційованого об'єму.

Виходячи з вищезазначеного, виникла необхідність в обґрунтуванні екологічно безпечного способу підвищення енергоефективності приміщень для утримання підсисних свиноматок та розробці алгоритму їх визначення, що відповідає «Енергетичній стратегії України на період до 2035 року».

1. Дослідження об'ємно-планувальних рішень, геометричних і теплотехнічних характеристик свинарника-маточника

Аналітичні дослідження об'ємно-планувальних рішень свідчать, що приміщення свинарника одноповерхове, у вигляді прямокутника, з показником компактності $0,54 \text{ м}^{-1}$. Несучі та огорожувальні елементи приміщення, на які припадає основне навантаження, виконані з таких будівельних матеріалів:

- фундамент – залізобетонні блоки;
- стіни – залізобетонні тришарові панелі суцільного перерізу (тип ЗНЦ), товщиною 120 мм (із зовнішнім і внутрішнім 35 мм армованим бетонним шаром і 50 мм теплоізоляційним з пінополістиролу між ними) із між віконними вставками з червоної суцільної керамічної цегли (товщиною $\frac{1}{2}$ цеглини);
- стеля (сумісна з дахом) – стельові залізобетонні тришарові плити (тип ЗНГ), з опалубкою дерев'яним брусом і теплоізоляційним шаром скловати (150 мм), покриті хвильовим шифером;
- підлога – керамзитобетон (індивідуальні станки) і бетон (кормові та гнойові проходи), товщиною 90-100 мм.

Спеціальне інженерне обладнання для обігрівання приміщення представлене пиролізним котлом УТА-100U потужністю 100 кВт. Для локального обігрівання поросят індивідуальні станки були обладнані дерев'яними будиночками з електричними лампами інфрачервоного випромінювання потужністю 175 Вт. Вентиляція свинарника – природна припливно-витяжна. Для видалення гною, приміщення обладнане двома скребковими транспортерами ТСН-160. Загальна площа зашкелених металопластикових вікон та внутрішніх брам і дверей становила відповідно: 42,7 та 20,7 м².

Дослідженнями визначено основні геометричні і теплотехнічні характеристики свинарника-маточника. Згідно об'ємно-планувальних рішень, маса огорожувальних конструкцій і обладнання становила 82 кг, у розрахунку на 1м³ приміщення. Водночас, теплоємність масова огорожувальних конструкцій, у розрахунку на 1 м³ вентиляваного об'єму, становила лише 0,08 МДж на 1⁰ К, що свідчить про недостатню теплостійкість свинарника–маточника (табл. 1).

1. Геометричні і теплотехнічні характеристики приміщення

Найменування характеристик	Показник
Довжина x ширина x висота, м	71x18 x 3,1/4,5
Об'єм приміщення без тамбурів, м ³	4859
- в т.ч. на 100 кг живої маси свиней, м ³	27,6-36,0
Коефіцієнт компактності приміщення, м ⁻¹	0,54
Загальна маса огорожувальних конструкцій і обладнання, кг	398800
- в т.ч. на одиницю об'єму, кг/м ³	82
Разом теплоємність масова огорожувальних конструкцій і обладнання на 1 ⁰ К, МДж	363,0
Всього теплоємність масова огорожувальних конструкцій і обладнання в розрахунку на одиницю об'єму на 1 ⁰ К, МДж/м ³	0,08
Виділення тваринами теплоти всього, Вт/год.*:	
- взимку, (на 100 кг живої маси 476,7) Вт/год.	70550
- весною-осінню, (455,7) Вт/год.	67450
- влітку, (436,6) Вт/год.	64625
Повітрообмін за годину: - взимку (30 м ³ /100 кг), кг	5772
- весною-осінню (45 м ³ /100 кг), кг	8660
- влітку (60 м ³ /100 кг), кг	11544

Примітка:*- 1 кДж = 0,278 Вт/год.

2. Залежність температурно-вологісного режиму свинарника-маточника від показників довкілля за періодами року

За таких характеристик приміщення, в зимовий період року за зовнішньої середньодобової температури повітря мінус 2,9⁰С, температура в приміщенні знижувалася до 16,7⁰С, тобто, була нижче мінімально допустимого значення на 1,3⁰С. Коефіцієнт кореляції внутрішньої температури огорожень та зовнішньої температури довкілля дорівнював у межах 0,341-0,657* (p<0,05). Відносна вологість в приміщенні становила

87,4%, або перевищувала норму на 17,4%. Температурний напір дорівнював 15,4⁰С, що підвищувало паропроникність огорожувальних стін і негативно впливало на формування показника відносної вологості повітря в приміщенні.

За цих обставин, поросята піддавалися деякому переохолодженню при годуванні, за рахунок підвищення конвекційних втрат тепла тілом.

Визначено, що більш комфортні та оптимальні величини температури і відносної вологості в приміщенні формуються у весняний та осінній період року. В літній період середньодобова температура повітря перевищувала максимально допустиме значення на 14,0%, а в спекотні дні – на 25,0%. Відносна вологість повітря переважала нормативний показник на 4,1%. Отже, параметр температури повітря можна оцінювати в цей період, як допустимий.

Установлено значущий позитивний зв'язок між температурою повітря довкілля і свинарника-маточника взимку та влітку, з коефіцієнтами кореляції, відповідно $r = 0,672^*$ та $0,946^*$ (за $p < 0,05$).

3. Вплив основних параметрів мікроклімату на продуктивність підсисних свиноматок за періодами року

За таких температурних характеристик приміщення, установлено вірогідно більше значення середньої живої маси поросяти при відлученні у весняний та літній періоди, відповідно на 0,19 та 0,29 кг, у порівнянні з зимовим періодом ($p < 0,05$ і $0,01$). При цьому, збереженість приплоду поросят була більшою на 3,8-4,6% (табл. 2).

2. Вплив основних параметрів мікроклімату свинарника-маточника на продуктивність підсисних маток, у залежності від періоду року, n=20

Період року	Параметр:			Багато-плідність, гол	Кількість поросят у 30 днів	Маса 1 голови (кг) при:		Середньо-добовий приріст, г	Збереження поросят до відлучення, %
	T, °C	W, %	A, Лк			народженні	відлучені у 30 днів		
Зимовий	16,7	88,1	51	10,2±0,36	8,6±0,18	1,2±0,02	7,1±0,05	198±2,3	83,2
Весняний	18,3	88,3	60	10,0±0,37	8,8±0,20	1,2±0,02	7,3±0,05*	202±1,4	87,8
Літній	25,1	74,1	70	9,9±0,34	8,5±0,21	1,2±0,02	7,4±0,10**	205±2,6*	87,0
Осінній	18,8	84,1	65	10,4±0,33	9,0±0,21	1,2±0,02	7,2±0,09	201±2,3	87,6

Примітка: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

4. Залежність внутрішньої температури огорожувальних конструкцій за періодами року від температури довкілля

Дані добового моніторингу температури стін приміщення, в зимовий період, свідчить про вірогідну позитивну кореляцію внутрішньої температури огорожень та зовнішньої температури довкілля ($r=0,34-0,66^*$; $p<0,05$).

Температурний перепад на внутрішній і зовнішній поверхнях огорожувальних стін дорівнював $13,4-14,0^{\circ}\text{C}$, або в 4,1-4,4 рази був більшим, ніж у теплий період року.

5. Результати досліджень теплового балансу приміщення маточника

У зв'язку з вищенаведеним, за існуючої потужності пиролізного котла, тепловий баланс свинарника-маточника був від'ємним (-189678 Вт/год), у холодний період року. Розрахували можливість деякої компенсації дефіциту теплової енергії, за рахунок додаткової термоізоляції огорожувальних стін.

6. Техніко-економічне обґрунтування теплоізоляції стін

При виборі матеріалу утеплювача для свинарського приміщення необхідно керуватися наступними критеріями: негорючість, стійкість до поглинання вологи, непривабливість матеріалу для гризунів та комах, нескладність технічного виконання, довговічність, стійкість до гниття і цвілі, екологічність та прийнятна вартість утеплення 1 м^2 площі огороження.

Для свинарника-маточника рекомендується зовнішнє утеплення стін. При цьому потрібно зауважити, що недостатня товщина утеплювача загрожує його промерзанню і перенесенню «точки роси» на поверхню стіни, що сприятиме утворення конденсату на стінах, і в подальшому призведе до плісняви між стіною та утеплювачем. Температура «точки роси» повинна знаходитись безпосередньо в товщині утеплювача, для цього потрібно правильно розрахувати її мінімальні параметри.

Для цього, визначили необхідну товщину теплової ізоляції стін екологічно безпечним утеплювачем Технофас ефект. Дані розрахунків свідчать, що товщина даного утеплювача має становити не менше 50 мм. При цьому, одержали значення опору теплопередачі огорожувальних стін на рівні $2,57 \text{ м}^2\text{град/Вт}$, що відповідає вимогам ДБН В.2.6-31 (табл. 3).

3. Розрахунок очікуваної ефективності теплоізоляції стін приміщення свинарника-маточника

№ з/п	Показник	Значення
1	2	3
1	Коефіцієнт теплоопірності (R1) стін з ТШП товщиною 120 мм, м град/Вт	1,38
2	Площа стін, м ²	414
3	Коефіцієнт теплопровідності λ (50 мм) утеплювача матового Технофас ефект, Вт/м ² ·°С	0,042
4	Коефіцієнт теплоопірності (R2) 50 мм утеплювача Технофас ефект, м ² град/Вт	1,19
5	Разом коефіцієнт теплоопірності $Rk2 = (R1+R2)$, м ² град/Вт (Коефіцієнт теплопередачі утепленої стіни маточника $K_{ст} = 1:2,57 = 0,39$ Вт/м ² *К)	2,57
6	Разом коефіцієнт тепло опірності $Rk1 = (R1)$, м ² град/Вт (Коефіцієнт теплопередачі неутепленої стіни маточника $K_{ст} = 1:1,38 = 0,72$ Вт/м ² *К)	1,38
7	Співвідношення теплових витрат, $Q1/Q2 = Rk2/Rk1$	1,86
8	Зниження витрат теплової енергії через стіни, %	86
9	Ефективність термоізоляції стін, % ($0,27 \cdot 86$)	23,2
10	Температура взимку збільшиться до , °С	18,5
11	Повне тепло, яке виділяють 75 голів підсисних маток з поросятами загальною живою вагою 148 ц, кВт/год.: - взимку - весною/осінню - влітку	70,55 67,45 64,62
12	Тепловий баланс маточника із утепленням стін, Вт/год.	- 179886
13	Кількість питомої теплоти на обігрівання маточника з утепленням стін зменшиться в зимовий період на, Вт/год.	5712
14	Кількість питомої теплоти на обігрівання маточника з утепленням стін зменшиться у перехідні періоди на, Вт/год.	4080
15	Економія за зимовий період 90 днів становитиме, тис. кВт/год.	12,34
16	Економія за перехідні періоди 90 днів становитиме, тис.кВт/год.	8,81

1	2	3
17	Разом економія питомої теплоти становитиме, тис. кВт/год.	21,15
18	За ціни на електроенергію 2,014 грн. за кВт*год (E), тис. грн.	42,6
19	Загальна вартість витрат на 1 м ² теплоізоляції стін, грн.	335,6
20	Всього витрат (C) на утеплення стін площею 414 м ² , тис. грн.	138,94
21	Термін окупності утеплення $T = C/E = 138,94/42,6$, міс	39,3

Розрахунковий термін окупності заходу із зовнішнього утеплення стін становить 39,3 місяців.

7. Екологічно безпечний спосіб термоізоляції огорожувальних конструкцій свинарника-маточника

У попередньому розділі обґрунтовано економічну ефективність зовнішнього утеплення стін свинарника-маточника утеплювачем Технофас ефект, з облаштуванням вентиляованого фасаду. Основним недоліком здійснення цього заходу є технічна складність проведення утеплення вищезазначеним матеріалом, який потребує складного монтажу спеціального кріплення, для фіксації утеплювача, і громіздких підготовчих робіт висококваліфікованих робітників.

Виходячи з вищезазначеного, стало актуальним розроблення більш технічно простого способу термоізоляції огорожувальних конструкцій тваринницьких приміщень. В якості основного термоізоляційного матеріалу було вибрано сертифіковану за № UA1.090.0152552-10 композицію полімер мінеральну «Керамоізол» виробництва ПНВКП «ІНКОР» (Україна). Утеплювач з Пінополіуретану використовували торгової марки Polinor (Естонія). Вони мали коефіцієнти теплопровідності відповідно 0,0025 і 0,025.

За результатами досліджень розроблено екологічно безпечний спосіб, що включає операції в такій послідовності виконання:

- очищення неорганічних мінеральних поверхонь стін і стелі від пилу, бруду, вапняного покриття та нанесення розчину ґрунтовки глибокого проникнення;

- очищення металевих поверхонь огорожень дверей і брам від пилу, корозії та знежирення універсальним розчинником для нанесення спеціальної ґрунтової фарби згідно вимог ГОСТ 9.402;

- ремонт, зверху вниз та зліва направо, цементно-клеючою сумішшю виявлених дефектів та механічних руйнувань стін і стелі, що мають ознаки морального старіння (наявність нерівностей, тріщин, відколювань, відшаровувань тощо);

- ведення робіт з зовнішньої та/або внутрішньої сторони шляхом напилювання безповітряним агрегатом високого тиску (з діаметром сопла не менше 2 мм) або перехресного нанесення малярною широкою плоскою кистю (середньої пружності) або поролоновим валиком, добре розмішаної (за малих обертів) до однорідного стану теплоізоляційної суміші товщиною 0,2-0,4 мм у декілька (3-5 до 10) шарів, після повного висихання кожного шару, за температури повітря не менше +10⁰С і відносної вологості не більше 85%. При цьому здійснюють спочатку нанесення декількох шарів рідкої теплоізоляційної суміші темно-сірого кольору (більш дешевої), а на фініші - двох білого чи/або іншого декоративного (естетичного) кольору;

- шляхом кратного збільшення товщини покриття тепло-ізоляційної суміші, без застосування інших засобів теплоізоляції, здійснюють нейтралізацію містків холоду/тепла огорожувальних стін приміщення, у місцях примикання віконних і дверних прорізів та кутових ділянок огорожень;

- застосовуючи послідовне поєднання двох безшовних засобів (Пінополіуретан + Керамоізол), на основі проведення попередніх розрахунків, виконують вирівнювання необхідного (нормативного) коефіцієнта теплового опору огорожувальної конструкції, що складається з різних будівельних матеріалів (Див. Рис. 1-2 Додатку).

Спосіб не потребує монтажу спеціального кріплення для фіксації утеплювача і підготовчих робіт висококваліфікованих робітників.

Він дозволяє здійснювати суцільну (безшовну) термоізоляцію та гідроізоляцію (частково) огорожень будь-яких архітектурних форм з порівняно низьким (0,5 кг/м² за товщини покриття 1 мм) навантаженням на несучі огорожувальні конструкції приміщення яке підлягає реконструкції. Розрахунковий термін окупності заходу із зовнішнього та/або внутрішнього утеплення стін Керамоізолом шаром 2 мм, за загальної вартості витрат 275 грн./м², становить 35,3 місяців.

Напилений Пінополіуретан потребує додаткового оброблення вогнезахисним екологічно безпечним неорганічним складом розчину Polyquad і захисту від ультрафіолетового сонячного випромінювання за допомогою облаштування метало профільних листів товщиною 0,4 міліметра.

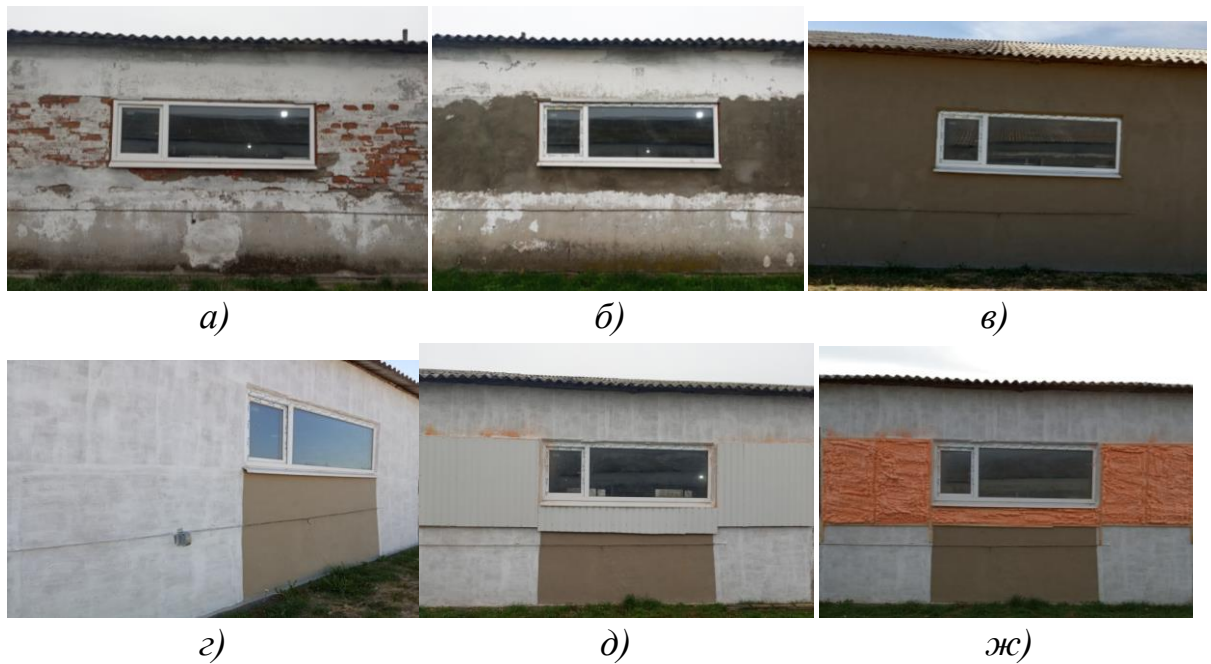


Рис. 1 Алгоритм проведення робіт з термоізоляції та утеплення термічно неоднорідних стін свинарника-маточника: *а)* – вихідний варіант; *б)* – проведення ремонту і ґрунтування; *в)* – трикратне покриття термоізоляційним розчином сірого кольору; *г)* – двократне покриття термоізоляційним розчином білого кольору; *д)* – монтаж кріплення та напилування утеплювача пінополіуретану; *ж)* – монтаж захисного покриття з листів метало профілю.



Рис. 2 Зовнішній вигляд деяких огорожувальних конструкцій приміщення:
а) – фрагмент внутрішньої поверхні стіни з деякими пошкодженнями;
б) – фрагмент внутрішньої стіни після проведення ремонтних робіт;
в) – металеві двері покриті 1,5 мм шаром Керамоізолу;
г) – металеві двері покриті напиленим Пінополіуретаном товщиною 30 мм;
д) – металеві двері покриті напиленим Пінополіуретаном та захищені листовим метало-профілем.

Розрахунковий термін окупності утеплення стін Пінополіуретаном шаром у 20 мм, за загальної вартості витрат 310 грн./м², становить 39,8 місяців.

8. Обґрунтування способу визначення енергоефективності тваринницьких приміщень

Методом оцінки приміщень щодо ефективності використання енергоресурсів є енергетична сертифікація, яка створює основу для оцінки та порівняння енергоспоживання різних типів приміщень для утримання тварин.

Згідно Статті 5. Пункту 1. Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» вона визначається відповідно до методики, що розробляється з урахуванням вимог актів Європейського Союзу, Енергетичного Співтовариства, гармонізованих європейських стандартів та затверджується центральним органом виконавчої влади.

Узагальнюючи міжнародний та вітчизняний досвід з даного напрямку діяльності, з'ясували, що за методологічну основу розрахунку енергетичної характеристики опалюваного свинарника-маточника потрібно брати витрати, що включають енергію не лише на потреби обігрівання та охолодження. Крім цього, потрібно враховувати енерговитрати пов'язані з роботою систем вентиляції, освітлення, водопостачання та механізації процесів з приготування і роздавання кормів, видалення гною тощо.

На основі вищесказаного, розроблено алгоритм для визначення енергоефективності свинарника-маточника. Він характеризує загальні річні енерговитрати, виражені в кВт·год. та розділені на показник добутку об'єму приміщення і коефіцієнта річної оборотності одного станкового місця. Розраховується показник за такою формулою:

$$EP_t = \frac{\sum RQ_o + \sum RE_n}{V_b \cdot K_o} \quad (1)$$

де EP_t - енергоефективність приміщення, кВт·год / м³;

\sum – знак суми;

RQ_o – загальне річне споживання паливної енергії, кКал (1 кКал = $1,163 \cdot 10^{-3}$ кВт·год);

RE_n - загальне річне споживання електричної енергії, кВт·год;

V_b – вентиляований об'єм приміщення (без урахування тамбурів), м³;

K_o – річний коефіцієнт оборотності одного станкомісця.

Загальне річне споживання електричної енергії розраховується за такою формулою:

$$\sum RE_n = (E_o + E_{ob} + E_{prk} + E_{vg} + E_{vp} + E_{sv}), \quad (2)$$

де $\sum RE_n$ це загальне річне споживання електроенергії (кВт•год) на: E_o – освітлення приміщення, E_{ob} – обігрівання поросят, E_{prk} – приготування і роздавання корму, E_{vg} – видалення гною, E_{vp} – водопостачання, E_{sv} – систему вентилявання.

9. Обговорення одержаних результатів та літературних даних

Узагальнюючи результати проведених досліджень, необхідно зазначити, що термоізоляція огорожувальних стін, є лише одним з багатьох елементів покращення енергоефективності свинарника-маточника. Оскільки, при плануванні реконструкції, вона передбачає розроблення комплексу заходів щодо оптимізації енергетичної ефективності всіх інженерних систем приміщення.

Вищенаведена теза узгоджується з думкою інших учених, які зазначають, що подальший розвиток свинарства передбачає застосування ефективних типів забудови ферм із впровадженням енерго-і ресурсозберігаючих технологій утримання свиней [20, 22]. Застосування нових підходів і сучасних матеріалів при будівництві та реконструкції приміщень, дозволяє підвищити коефіцієнт опору теплопередачі зовнішніх стін на 14%, покрівлі на 10 %, вікон на 75%, за зменшення загального енергоспоживання об'єкту на 33% [31]. Менше енергії витрачається за обігрівання приміщення тепловим насосом у порівнянні з паливним котлом. Більше енергії потрібно для обігрівання поросят за використання інфрачервоних ламп [26], ніж електричних килимків. Витік тепла, в зимовий період року, через одні нещільно встановлені двері еквівалентний отвору в стіні діаметром 200 мм [19]. Природна вентиляція приміщення не передбачає витрачання електроенергії, проте є ненадійною. Механічна вентиляційна система потребує додаткових витрат електроенергії, які можна оптимізувати шляхом моделювання пікових навантажень чи автоматизованого керування сервомеханізмами, за допомогою відповідних електронних датчиків [18]. Система вентиляції з механічним приводом, за облаштування рекуперації тепла повітрям що видаляється, може зменшити споживання теплової енергії на нагрівання свіжого повітря взимку до 55% [21]. Перевагою геотермічної системи вентиляції є незначне коливання температури (на 1-2⁰С) припливного повітря в приміщення впродовж доби, навіть, за значних перепадів (на 15-20⁰С) денних та нічних температур зовнішнього повітря. При цьому ефект охолодження сягає 10-12⁰С і не залежить від показника відносної

вологості зовнішнього повітря [16]. Енергозберігаючі пристрої для охолодження повітря в літню спеку можуть зменшити до 100 % теплове навантаження на тварин. Інші заходи щодо адаптації, такі як зменшення щільності поголів'я та зміщення структури активності свиней на нічний час є наразі малоефективними [32].

ВИСНОВКИ

1. Теплова ізоляція стін свинарника-маточника екологічно безпечним утеплювачем Технофас ефект за 50 мм товщини, покращує енергетичну характеристику будівлі на 23,2%, з терміном окупності 39,3 місяців. Основним недоліком здійснення цього заходу є технічна складність проведення робіт з утеплення вищезазначеним матеріалом, який потребує складного монтажу спеціального кріплення, для фіксації утеплювача, і громіздких підготовчих робіт висококваліфікованих робітників.

2. Розроблено екологічно безпечний спосіб термоізоляції огорожувальних конструкцій, який знижує витрати теплової енергії через стіни на 63,0 % та дозволяє проводити безшовне (суцільне) нанесення композиції «Керамоізол» на попередньо підготовлену поверхню огорожувальної конструкції приміщення.

3. Спосіб дозволяє здійснювати нейтралізацію містків холоду /тепла огорожувальних конструкцій приміщення, у місцях примикання віконних і дверних прорізів та кутових ділянок огорожень, шляхом двократного збільшення товщини шару покриття. Він покращує ефективність термоізоляції стін на 17,0% за розрахункового терміну окупності 35,3 міс. і 275 грн./м² загальної вартості витрат.

4. Спосіб дозволяє здійснювати вирівнювання необхідного коефіцієнта теплового опору огорожувальної конструкції, що складається з різних будівельних матеріалів, застосовуючи послідовне поєднання двох безшовних засобів Керамоізол + Пінополіуретан.

4. Термоізоляція огорожувальних стін свинарника-маточника має, також, важливе природоохоронне значення, у вигляді економії понад 21,0 тис. кВт/год. питомих витрат теплової енергії, що еквівалентно 7,42 т умовного палива.

5. Термоізоляція огорожень, у комплексі з модернізацією обладнання, при реконструкції опалюваних свинарських приміщень має практичне значення для підвищення конкурентоздатності виробництва свинини в Україні.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИОБНИЦТВУ

1. При плануванні реконструкції опалюваних свинарників, які проектувалися за будівельними нормами 1995 року і мають ознаки морального старіння, доцільно запроваджувати заходи з термоізоляції огорожувальних конструкцій екологічно безпечним способом з використанням композиції полімер мінеральної «Керамоізол».

2. Для вирівнювання необхідного коефіцієнта теплового опору огорожувальної конструкції, що складається з різних будівельних матеріалів, доцільно здійснювати послідовне поєднання двох безшовних засобів Керамоізол + Пінополіуретан.

3. Для порівняння енергозберігаючих заходів тваринницького приміщення рекомендується застосовувати стандарт з енергоефективності, який характеризує річне споживання паливної та електричної енергії вираженої у кВт•год, із розрахунку на 1м³ об'єму приміщення (без тамбурів). Для свинарників-маточників вищезазначений показник необхідно корегувати на середньорічне значення коефіцієнту оборотності одного станкового місця.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Свинарські підприємства (комплекси, ферми, невеликі сільські господарства). ВНТП-АПК 02.05. (2006). Чинні від 2006-01-01. Міністерство аграрної політики України. Київ, 98.
2. ДБН В.2.2.1-95. (1995). Будинки та споруди. Будинки та споруди для тваринництва. Чинні від 1995-01-02. Київ: Держкоммістобудування України, 38.
3. Табунщиков Ю., Бродач М., Шилкин Н. (2003). Энергоэффективные котлы. Москва: Авок-Пресс, 200.
4. Табунщиков Ю. (2008). Микроклимат и энергосбережение: пора разобраться в приоритетах. Авок. 5. 4-11.
5. Мишуоров Н., Кузьмина Т. (2004). Энергосберегающее оборудование для обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях. Научный обзор. Москва, 106.
6. Небилиця М.С. (2020). Обґрунтувати екологічно безпечний спосіб підвищення енергоефективності приміщення для утримання підсисних свиноматок. *Вісник ПДАА*. 2020. 3(98), 174-183. Doi 10.131210/visnyk2020.03.19.
7. Алоян Р.М., Федосов С.В., Опарина Л.А. (2016). Энергоэффективные здания - состояние, проблемы и решения. Иваново: ПресСто, 276.
8. Маляренко, В.А. (2006). Основы тепловой физики зданий та энергосбережения. Харьков: САНА, 220.
9. Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy enduse efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC (Text with EEA relevance). *Official Journal of the European Union*. 27.4.2006. L 114/64.
10. Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by energy-related products (Text with EEA relevance). *Official Journal of the European Union*. 18.6.2010. L 153/1.
11. ДСТУ В.2.6-189: 2013. (2014). Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будинків. Чинний від 2014-01-01. Київ: Мінрегіон України, 51.
12. ДБН В.2.6-31: 2006. (2007). Теплоізоляція будівель. Чинні від 2007-04-01. Київ: Укрархбудінформ, 65.
13. ДСТУ ІСО 50001: 2014. (2015). Енергосбереження. Системи управління енергією. Вимоги та вказівки щодо використання (ISO 50001: 2011, IDT) Чинний від 2015-01-01. Київ: Мінекономрозвитку України, 19.
14. ДБН В.2.6-31: 2016 (2017). Теплоізоляція будівель. Чинні від 2017-05-01. Київ: ДП "Українбудбудформ", 30.
15. Про енергоефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. (2017). Відомості Верховної Ради (ВВР), 33, 5.
16. Гейслер, В. (2011). Енергосберігаючі вентиляційні системи на свинофермах. *Прибуткове свинство*. 3 (5), 54–57.
17. Firfiris, V.K., Martzopoulou A.G., & Kotsopoulos T.A. (2019). Passive cooling systems in livestock buildings towards energy saving: A critical review. *Energy and Buildings*. 202, 1. doi:10.1016/j.enbuild.2019.109368.

18. Esim-Djuric, O., & Topisirovic G. (2009). Energy efficiency optimization of combined ventilation systems in livestock buildings. *Energy and Construction*, 42, 8, 1165-1171. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.10.035>
19. Clarke, S., & Johnson J. (2019). Improving Energy Efficiency in Livestock. *Facilities Factsheet*. 717. ag.info.omafra@ontario.ca
20. Лимар, В. О., Волощук В. М., Хатько І. В., Підтереба О. І. (2012). Передові технології свинарства та їх переваги. *Свинарство*. Міжвідомчий збірник наукових праць Інституту свинарства і АПВ НААН. Вип. 60: 8–11.
21. Тихомиров, Д., Васильєв А., Будніков, Д., Васильєв А. (2019). Енергозберігаюча автоматизована система для мікроклімату в сільськогосподарських приміщеннях з використанням вентиляційного повітря. Бездротова мережа. doi: 10.1007 / s11276-019-01946-3.
22. Ткачук, В., Кравчук, Н., Кільницька, О., Шевчук, К. (2016) Енергоефективність та економія як стратегічне бачення підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств. *Економічні літописи-XXI*. 160 (7-8). 71-76. doi: 10.21003 / ea.V160-14.
23. Небилиця, М. С. (2019). Техніко-економічне обґрунтування теплоізоляції огорожувальних конструкцій свинарських приміщень. *Свинарство*. Міжвідомчий збірник наукових праць Інституту свинарства і АПВ НААН. Вип. 73: 48-57.
24. Хазін, В.Й., Кошлатий О.Б., Нестеренко С.В. (2013). Заходи з енергозбереження при проектуванні та експлуатації тваринницьких будівель. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. Т. 4. 270-275.
25. Michel, Marcon (2009). Energy consumption in livestock housing (pigs). European Forum Livestock housing for the future. 2009, October 22/23- LILLE (France). 1-6.
26. Hörndahl, Torsten (2008). Energy use in outbuildings. Alnarp Technical Report: (LTJ, LTV) Rural buildings and livestock, Sveriges lantbruksu Universalitet. *Landskap trädgård jordbruk: rapportserie*. 8. 43
27. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» : Розпорядження Кабінету Міністрів України №. 605-р від 18.08.2017. м. Київ.
28. Волощук, В.М., Небилиця М.С., Ващенко О.О., Мазанько М.О. (2016). Інноваційний метод моніторингу показників мікроклімату тваринницьких приміщень: методичні рекомендації. Черкаси.
29. Болтянський, Б. В. (2013). Теплова модернізація виробничих потужностей є головним резервом енергозбереження у тваринництві. Матеріали II Науково-технічної конференції "Технічний прогрес у тваринництві та виробництві кормів", 2-6 грудня 2013 р. ННЦ «ІМЕСГ».
30. Woods, J., Williams A., Hughes J. K., Black M., & Murphy R. (2010) Energy and the food system. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 365(1554): 2991–3006. doi: 10.1098/rstb.2010.0172.
31. Волощук, В. М., Смыслов, С. Ю., Сокирко, М. П. (2017). Нетрадиційні рішення просторового планування будівництва свинарських племінних підприємств до 100 основних свиноматок. Наукові доповіді НУБіП

України: електрон. наук. фахове вид. Вип. 2 (66).doi:<http://dx.doi.org/10.31548/dopovid2017.02.014>.

32. Schauburger, G., Mikovits C., Zollitsch W., Hörtenhuber S., Baumgartner J., Niebuhr K., Piringer M., Knauder W., Anders I., Andre K., Hennig-Pauka I. & Schönhart M. (2019). Global warming impact on confined livestock in buildings: efficacy of adaptation measures to reduce heat stress for growing-fattening pigs. *Climatic Change* 156, 567–587. doi: 10.1007/s10584-019-02525-3.

33. Петренко В.О., Петренко А.О., Папірник Р.Б. (2015) Дослідження параметрів мікроклімату в приміщеннях будівлі з дефектами і пошкодженнями огорожуючих конструкцій. *Збірник наукових праць будівництво, матеріалознавство, машинобудування*. 84, 156-161.

34. Воробьева Ю.А. (2006) Влияние процесса старения ограждающих конструкций и инженерных систем жилых зданий на микроклимат помещений: диссертация кандидата технических наук. Воронежский государственный архитектурный университет, Воронеж.

35. Небилиця М.С., Ващенко О.В., Зубенко О.В. (2016) Пристрій для визначення показників мікроклімату та вмісту шкідливих речовин в атмосферному повітрі. Патент на корисну модель № 108466. Бюл. №14 від 25.07.2016.

УДК 631.22.223.6:628.8

**Ефективність термоізоляції огорожувальних конструкцій
опалюваних свинарських приміщень
(Методичні рекомендації)**

Наукове видання

Волощук Василь Михайлович,
Іванов Володимир Олександрович,
Небилиця Микола Степанович,
Бойко Олександр Васильович,
Ткач Євгенія Федорівна

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 12.01.2021 Формат 60x84¹/₁₆
Наклад 300 прим. Папір офсетний.
Оригінал – макет виконано в ЧДСБ НААН
18036 м. Черкаси, вул. Пастерівська, 76