

УДК 631.22; 631.3

ВИРОБНИЧІ ВИПРОБУВАННЯ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРА ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ВИКИДІВ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

О.Ф. Довбненко, канд. техн. наук
ННЦ «ІМЕСГ»

Приведено результати виробничих випробувань експериментального зразка рекуперативного теплоутилізатора вентиляційних викидів у приміщенні міні-ферми для відгодівлі свиней, визначено його енергетичні та техніко-економічні показники.

Ключові слова: мікроклімат, теплоутилізатор вентиляційних викидів, рекуперация теплоти, захист від обмерзання.

Проблема. В структурі енерговитрат тваринницьких приміщень затрати на підтримання нормативних параметрів мікроклімату складають 35-60% [1, 2]. Зменшити до 80% енерговитрати на створення нормативного повітряного середовища в цих приміщеннях можна при використанні теплоутилізаторів вентиляційних викидів [3]. У житлових, офісних та промислових приміщеннях широко застосовуються теплоутилізатори із теплообмінниками на основі алюмінію або оцинкованої сталі. Застосування таких теплоутилізаторів у тваринницьких приміщеннях із-за наявності аміаку й інших агресивних газів у викидному повітрі призводить до корозії теплообмінної поверхні та економічно невиправдане. Тому розробка та застосування теплоутилізаторів із полімерних матеріалів, стійких до агресивного повітряного середовища тваринницьких приміщень є задачею важливою та актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До факторів, які викликають труднощі утилізації теплоти вентиляційних викидів тваринницьких приміщень відносяться:

- значна запиленість повітря [4];
- висока вологість повітря в приміщенні, яка при дотриманні нормативних параметрів повітряного середовища сягає 80% [4,5];

- наявність у повітрі високої концентрації агресивних газів: аміаку — до 20 мг/м³, сірководню — до 10 мг/м³, вуглекислого газу — до 0,3% [2];
- неприйнятність для більшості тваринницьких приміщень навіть часткової рециркуляції викидного повітря [6];
- значна кількість технологічного обладнання, що є характерним для сучасних тваринницьких і птахівничих приміщень та обумовлена цим схема організації повітрообміну [7].

Для утилізації теплоти вентиляційних викидів при застосуванні примусової вентиляції найбільш широке розповсюдження отримали повітро-повітряні рекуперативні безпосередньо-поверхневі та повітро-повітряні теплоутилізатори з проміжним передаючим середовищем [8, 9, 10]. Такі теплоутилізатори виготовляються з металів, які в агресивному середовищі тваринницьких та птахівничих приміщень із-за корозії досить швидко втрачають герметичність та виходять з ладу, а тому мають строк експлуатації не більше 3-4 років [11]. Тому все більше виробники та розробники теплоутилізаторів застосовують для виготовлення теплообмінників полімерні матеріали [12, 13].

Утилізація теплоти в рекуперативних теплоутилізаторах на основі полімерних матеріалів відбувається таким же чином, як і в пластинчастих, але теплообмінна поверхня виготовлена із полімерної плівки, стійкої до корозії. Такі теплоутилізатори в порівнянні з пластинчастими мають значно нижчу вартість (в 3 рази та більше) та металоємність, а при застосуванні в приміщеннях з надмірною вологістю повітря та наявністю хімічно активних домішок — більший термін експлуатації [2, 12]. В той же час теплообмінна поверхня теплоутилізаторів із полімерних матеріалів, на відміну від металевих, має нижчу ефективність теплообміну між припливним та викидним повітрям, а також значно меншу площу при тих же габаритних розмірах.

Основною проблемою при застосуванні всіх способів утилізації теплоти вентиляційних викидів практично у всіх типах приміщень є обмерзання теплообмінної поверхні при низьких температурах повітря зовнішнього середовища [2].

Мета дослідження. Визначити ефективність застосування рекуперативних теплоутилізаторів вентиляційних викидів на основі полімерних матеріалів у приміщенні для утримання свиней.

Результати досліджень. Виробничі випробування експериментального зразка рекуперативного теплоутилізатора вентиляційних викидів на основі полімерних матеріалів проведені в приміщенні міні-ферми для відгодівлі свиней

ТОВ «Євроагромаркет». В зв'язку з руйнуванням внаслідок високої вологості повітря в приміщенні (до 100%) дерев'яної покрівлі та інших зовнішніх огорожуючих конструкцій і технологічного обладнання, а також високим вмістом шкідливих речовин у зоні розташування свиней, до системи забезпечення мікроклімату приміщення технологами були встановлені наступні вимоги:

- зниження відносної вологості повітря в приміщенні до рівня 60-80%;
- забезпечення температури повітря в приміщенні не нижче 10°C;
- зменшення концентрації шкідливих газів у робочій зоні в межах гранично допустимих норм [4];
- забезпечити мінімальні втрати теплової енергії за рахунок утилізації теплоти викидного повітря.

Для проведення виробничих випробувань була розроблена технологічна схема застосування теплоутилізатора та блока керування режимами його роботи (рис. 1). Згідно розробленої схеми в період з 23 по 27 вересня 2013 року був проведений монтаж, налагодження та перевірка роботоздатності теплоутилізатора і блока керування режимами роботи і захистом від обмерзання (рис. 2).

Для регулювання повітрообміну приміщення з навколишнім середовищем в схему розробленого блока керування включено циклічний таймер, який за необхідності дає можливість у ручному режимі задавати інтервали роботи та простою теплоутилізатора в довільних межах (від 1с до 999 год) шляхом ввімкнення та вимкнення вентиляторів припливного та викидного повітря. Захист теплообмінної поверхні від обмерзання при низьких температурах повітря зовнішнього середовища здійснювався в автоматичному режимі шляхом тимчасового вимкнення вентиляторів припливного та викидного повітря.

Для вимірювання температури, відносної вологості та швидкості руху повітря на входах та виходах теплоутилізатора і в приміщенні використовувались термогігрометр Testo 608-H1, цифровий анемометр EVM-403, сигналізатор-аналізатор концентрації аміаку Дозор-С. Обробка результатів вимірювань проводилась із застосуванням стандарту [14].

За результатами виробничої перевірки встановлено, що коефіцієнт температурної ефективності становить 0,7, коефіцієнт конденсації водяної пари — 0,2, повітрообмін приміщення з навколишнім середовищем — 120 м³/год. Температура повітря в приміщенні за час експлуатації теплоутилізатора не зменшувалась нижче 11°C без застосування засобів опалення, відносна вологість знаходилась в межах 72–97 %, причому зі зменшенням температури повітря зовнішнього середовища відносна вологість в приміщенні також зменшувалась.

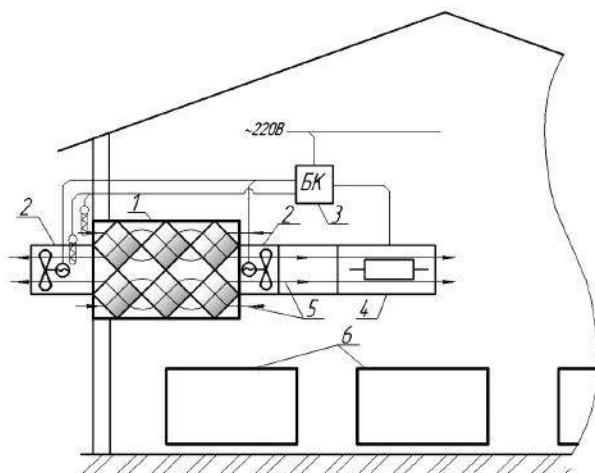


Рис. 1. Технологічна схема підключення теплоутилізатора в приміщенні міні-ферми для відгодівлі свиней:

1 — теплообмінник; 2 — вентилятори припливного та викидного повітря; 3 — блок керування режимами роботи та захистом від обмерзання; 4 — нагрівач припливного повітря; 5 — напрями руху повітряних потоків; 6 — зона розташування свиней

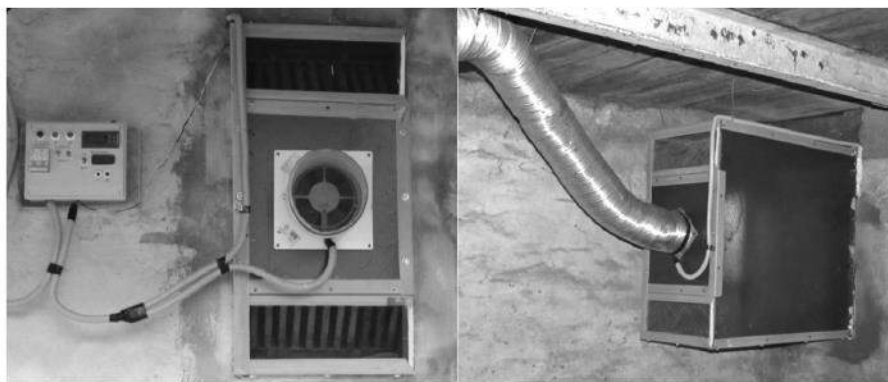


Рис. 2. Експериментальний зразок теплоутилізатора вентиляційних викидів на основі полімерних матеріалів та блок керування режимами роботи та захистом від обмерзання в приміщенні міні-ферми для відгодівлі свиней ТОВ «Євроагромаркет»

За час проведення виробничих випробувань та експлуатації теплоутилізатора з 28 жовтня 2013 року відмов у його роботі не спостерігалось. У той же час необхідно відзначити наступні недоліки:

1. При температурах повітря зовнішнього середовища $-15 \dots -20^{\circ}\text{C}$ при такому способі розташування теплоутилізатора на виході викидних каналів спостерігалось намерзання конденсату, що зменшувало витрату повітря викидного повітря та потребувало періодичного очищення зовнішніх поверхонь від льоду;
2. Відносна вологість повітря в приміщенні знаходилась в межах 87–98%, а на деяких внутрішніх огороженнях конденсувалась волога, що вказує на недостатність повітрообміну приміщення із зовнішнім середовищем.

Економічний ефект від впровадження теплоутилізаторів вентиляційних викидів полягає головним чином у вартості енергоносіїв, що заощаджені в опалувальний період за рахунок втрат теплоти з викидним вентиляційним повітрям. Вихідними даними для техніко-економічного обґрунтування застосування теплоутилізаторіву системі забезпечення мікроклімату тваринницьких приміщень є вартість теплоутилізатора з системою захисту теплообмінної поверхні від обмерзання з врахуванням вартості доставки та монтажу, затрати на обслуговування та ремонт, вартість енергоносіїв, затрачених на привод вентиляторів та попередній підігрів припливного повітря, а також вартість теплової енергії, заощадженої за рахунок теплоутилізаторів. Техніко-економічна оцінка застосування експериментального зразка теплоутилізатора в приміщенні міні-ферми для утримання свиней на відгодівлі ТОВ «Євроагромаркет» приведено в табл. 1.

Висновки.

1. Застосування теплоутилізаторів вентиляційних викидів у тваринницьких приміщеннях дозволяє забезпечити скорочення витрат енергії на забезпечення нормативних параметрів повітряного середовища від 50 %, розрахунковий термін окупності складає 1,3 року.
2. Для захисту теплообмінної поверхні від обмерзання при низьких температурах повітря зовнішнього середовища теплоутилізатор необхідно встановлювати всередині приміщення.
3. Для забезпечення нормативної вологості повітря в приміщенні необхідно повітрообмін з навколишнім середовищем приймати згідно норм, передбачених відомчими нормами технологічного проектування [4].

Таблиця. Основні показники техніко-економічної оцінки застосування експериментального зразка теплоутилізатора в приміщенні міні-ферми для утримання свиней на відгодівлі

Показник	Позначення	Значення
Орієнтовна балансова вартість	Б, тис. грн	2,5
Сумарний час роботи за рік	Тв, год	2546
Вартість енергоносіїв на опалення приміщення:		
• без теплоутилізаторів	Z_c , тис. грн	4,8
• при застосуванні теплоутилізаторів	Z_{cm} , тис. грн	2,2
Термін експлуатації	T_e , років	5
Коефіцієнт відрухвань на амортизацію	$C_a = 1/T_a = 0,2$	0,2
Амортизаційні відрухання	$A = B \cdot C_a$, тис. грн	0,5
Відрухання на ремонт	$P = B \cdot C_p$, тис. грн	0,2
Оплата праці обслуговуючого персоналу	$Z = Z_n \cdot C_o$, тис. грн	0,05
Прямі експлуатаційні витрати	$I = A + P + Z$, тис. грн	0,75
Сумарні інвестиційні вкладення	$K = I + B$, тис. грн	3,25
Вартість заощаджених енергоносіїв	$P_n = Z_c - Z_{cm}$, тис. грн	2,6
Термін окупності інвестицій	$T_o = K / P_n$, років	1,3

Бібліографія

1. Антонов П. П. Агропромышленный комплекс: пути обеспечения микроклимата в зданиях / Антонов П. П., Быстров В. П. — Авок. — 1992. — №5 — С. 34-35.
2. Мишуров Н. П. Энергосберегающее оборудование для обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях. Научный аналитический обзор / Мишуров Н. П., Кузьмина Т. Н. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. — 106 с.
3. Богуславский Л. Д. Снижение расхода энергии при работе систем отопления и вентиляции / Богуславский Л. Д. — М.: Стройиздат, 1985. — 336 с.
4. Відомчі норми технологічного проектування. Свилярські підприємства. ВНП СГП-46-2.95 / Мінсільгосппрод України. — К.: Ноосфера, 1994. — 68 с.
5. Рекомендації по расчету и проектированию систем обеспечения микроклимата животноводческих и птицеводческих зданий при новом строительстве

- и реконструкции с учетом экономии топливно-энергетических ресурсов. — К.: УкрНииагропроект, 1986. — 82 с.
6. *Рекомендации по расчету и проектированию систем обеспечения микроклимата животноводческих помещений с утилизацией теплоты выбросного воздуха.* — М.: Гипронисельхоз, 2004. — 33с.
 7. *Зайцев А. М.* Микроклимат животноводческих комплексов. / Зайцев А. М., Жильцов В. И., Шавров А. В. — М.: Агропромиздат, 1986. — 192 с.
 8. Беккер А. Системы вентиляции / Беккер А., Перевод с нем. Л. Н. Казанцевой под ред. Г. В. Резникова. — М.: Техносфера, Евроклимат, 2005. — 232 с.
 9. *Белова Е. М.* Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях. — М.: Евроклимат, 2006 — 640 с.
 10. *Лебедь А. А.* Микроклимат животноводческих помещений / Лебедь А. А. — М: Колос, 1984. — 199 с.
 11. *Волков О. Д.* Проектирование вентиляции промышленного здания. Учебное пособие / Волков О. Д. — Х.: Вища школа. Изд-во при ХГУ, 1989. — 240 с.
 12. *Woods I. L.* Waste heat recovery in piggeries // *The Agricultural Engineer*, 1979. — № 1. — v.34. — p. 38-43.
 13. *Кладов Д. Б.* Исследование динамики теплообмена вентиляционных выбросов при утилизации теплоты с учётом конденсации водяных паров / Кладов Д. Б., Ежов В. С., Кобелев Н. С. // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, 2009. — Вып. № 1. — С. 9-15.
 14. *Рекуперативні теплоутилізатори вентиляційних викидів тваринницьких приміщень. Методи випробувань: СОУ 74.3-37-265:2005.* — К.: Мінагрополітики України, 2005. — 38 с.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Приведены результаты производственных испытаний экспериментального образца рекуперативного теплоутилизатора вентиляционных выбросов в помещении мини-фермы для откорма свиней, определены его энергетические и технико-экономические показатели.

Ключевые слова: микроклимат, теплоутилизатор вентиляционных выбросов, рекуперация теплоты, защита от обледенения.

**PRODUCTION TESTING REGENERATIVE HEAT RECOVERY UNITS
FOR VENTILATION EMISSIONS BASED POLYMER MATERIALS**

The results of industrial tests of the experimental sample regenerative utilizer ventilation exhausts indoors minifermery for fattening pigs, defined by its energy and technical and economic indicators.

Key words: *climate, heat utilizer vent emissions, heat recovery, anti-icing.*