

УДК 631.3:628.8

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБІВ ЗАХИСТУ ТЕПЛООБМІННОЇ ПОВЕРХНІ РЕКУПЕРАТИВНИХ ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРІВ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ВИКИДІВ ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ ВІД ОБМЕРЗАННЯ

О.Ф. Довбненко, канд. техн. наук
ІНЦ "ІМЕСГ"

Приведено порівняльний техніко-економічний аналіз відомих способів захисту теплообмінної поверхні теплоутилізаторів вентиляційних викидів тваринницьких приміщень від обмерзання при низьких температурах повітря зовнішнього середовища.

Ключові слова: мікроклімат тваринницьких приміщень, утилізація теплоти вентиляційних викидів, енергоефективність, енергозбереження.

Проблема. На підтримання нормативних параметрів повітряного середовища тваринницьких приміщень в опалювальний період року витрачається за різними оцінками від 40 до 90% загальних затрат енергоресурсів. На даний час у переважній більшості тваринницьких ферм України спостерігається порушення умов утримання тварин, в першу чергу, за рахунок відмови від опалення та вентиляції, що зумовлено постійним підвищенням вартості енергоносіїв. Застосування та оптимізація режимів роботи теплоутилізаторів вентиляційних викидів у системі забезпечення мікроклімату тваринницьких приміщень дає можливість на 40...80% скоротити витрати енергії на забезпечення нормативних параметрів повітряного середовища. В даний час основною проблемою застосування рекуперативних теплоутилізаторів є обмерзання теплообмінної поверхні при низьких температурах повітря зовнішнього середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для підтримання нормативних параметрів повітряного середовища в тваринницьких і птахівничих приміщеннях використовуються вентилятори, витяжні шахти, технічні засоби для підігріву повітря в приміщенні та локального обігріву тварин (електричні та газові калорифери, інфрачервоні лампи тощо) [1]. Переважна більшість енергоресурсів витрачається саме на

© О.Ф. Довбненко.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 96. 2012.

підтримання температурного режиму приміщень, тому останнім часом все більше уваги приділяється теплоутилізаторам вентиляційних викидів, які за рахунок використання теплоти викидного повітря дають можливість заощадити до 80% теплової енергії, що втрачається з вентиляційним повітрям [2].

Внаслідок охолодження викидного повітря у викидних каналах теплоутилізатора підвищується відносна вологість повітря, при досягненні температури точки роси на теплообмінній поверхні конденсується волога. При температурі теплообмінної поверхні, нижчій 0°C , у викидних каналах утворюється лід та снігова шуба, внаслідок чого канали перекриваються і теплоутилізатор стає нероботоздатним. Імовірність обмерзання теплообмінної поверхні теплоутилізаторів збільшується при підвищенні відносної вологості повітря на вході у викидні канали та при підвищенні ефективності утилізації теплоти [3, 4]. Для вирішення цієї проблеми запропоновано ряд способів захисту теплообмінної поверхні теплоутилізаторів від обмерзання, при застосуванні яких не допускається зниження температури теплообмінної поверхні нижче 0°C [3, 5 - 8].

Мета досліджень - визначення ефективності застосування рекуперативних теплоутилізаторів у системі забезпечення мікроклімату тваринницьких приміщень при застосуванні різних способів захисту теплообмінної поверхні від обмерзання.

Результати досліджень. Рекуперативні теплоутилізатори вентиляційних викидів за способом захисту теплообмінної поверхні від обмерзання можна класифікувати наступним чином (рис.): з періодичним режимом роботи, із застосуванням обвідного каналу типу «байпас», з попереднім підігрівом припливного повітря додатковими засобами, з рециркуляцією повітря [5, 6].

У випадку застосування теплоутилізаторів з періодичним режимом роботи (рис. а) при температурах повітря зовнішнього середовища нижче температури обмерзання двопозиційний регулятор по сигналу датчиків вимикає приводи вентиляторів або ж перекриває частково чи повністю канали теплообмінника [3]. Така схема захисту конструктивно найпростіша, але при її застосуванні повітрообмін приміщення при низьких температурах повітря зовнішнього середовища припиняється повністю або суттєво зменшується. Якщо застосування періодичного режиму роботи задовольняє вимоги до мікроклімату більшості приміщень з невисокими вимогами до параметрів повітряного середовища, то в тваринницьких приміщеннях, де не допускається

ся вимкнення систем повітрообміну на тривалий період, застосування такого захисту від обмерзання теплоутилізаторів недоцільне. В деяких випадках вимикається тільки привод припливного повітря, що призводить до дисбалансу тисків внутрішнього та зовнішнього повітря, а тому не рекомендується до застосування в приміщеннях будь-якого призначення [1].

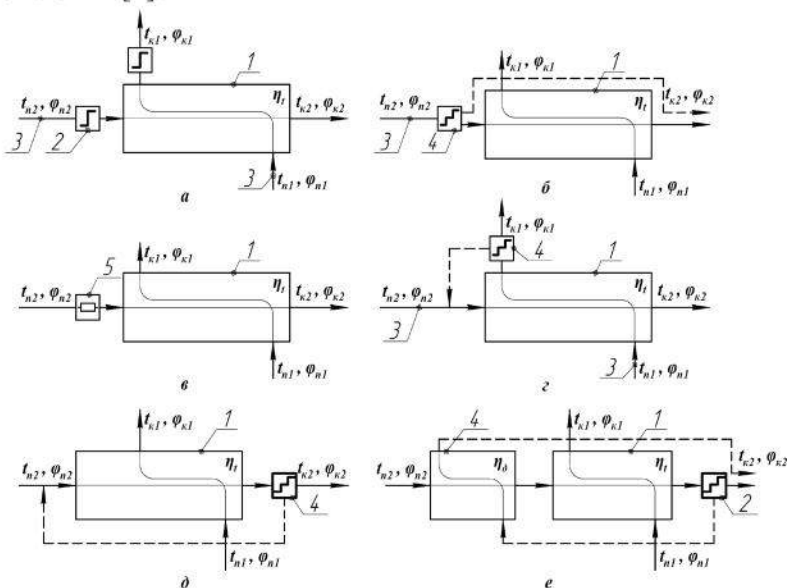


Рис. Функціональні схеми захисту теплообмінної поверхні рекуперативних теплоутилізаторів вентиляційних викидів від обмерзання: а - з періодичним режимом роботи; б - із застосуванням обвідного каналу типу «байпас»; в - з попереднім підігрівом припливного повітря додатковими засобами; г - рециркуляція викидного повітря; д - повторне використання припливного повітря; е - з попереднім підігрівом припливного повітря в додатковому теплообміннику. 1 – теплоутилізатор; 2 – двопозиційний регулятор; 3 – напрями руху повітря; 4 – трипозиційний регулятор; 5 – нагрівач повітря

При застосуванні теплоутилізаторів з байпасним каналом (рис. б) частина припливного повітря при низьких температурах повітря зовнішнього середовища направляється безпосередньо в приміщення [3]. При такому способі захисту повітрообмін приміщення, на відміну від теплоутилізаторів з періодичним режимом роботи, незмінний

при будь-яких температурах повітря зовнішнього середовища. Завдяки цьому схему захисту з байпасним каналом нині вважають однією з найбільш ефективних. В той же час енергетична ефективність теплоутилізаторів з байпасним каналом суттєво знижується зі зниженням температури повітря зовнішнього середовища.

Теплоутилізатори з попереднім підігрівом припливного повітря додатковими засобами (електричні, водяні або газові генератори, теплові насоси тощо), використовують у переважній більшості в системах централізованого способу опалення та кондиціонування (рис. в) [7]. Такий спосіб захисту теплоутилізаторів простий, надійний та має високу ефективність утилізації теплоти вентиляційних викидів. В той же час централізований спосіб створення мікроклімату вимагає застосування розгалуженої мережі повітропроводів та значних витрат енергії на подолання аеродинамічного опору вентиляційних мереж, особливо в приміщеннях зі значними розмірами. В тваринницьких приміщеннях, де рекомендується автономна експлуатація теплоутилізаторів, для попереднього підігріву повітря доцільно використовувати електричні нагрівачі повітря.

З метою скорочення витрат енергії на забезпечення захисту теплообмінної поверхні від обмерзання та підвищення ефективності утилізації теплоти запропоновано ряд способів, в яких застосовується рециркуляція або повторне використання припливного чи викидного повітря (рис. г, д, е) [5, 6, 8]. Застосування рециркуляції викидного (рис. г, д) передбачає скорочення повітрообміну приміщення при низьких температурах зовнішнього повітря. Використання таких способів захисту доцільне в комплексі з системами очищення внутрішнього повітря від шкідливих домішок. Оскільки викидне повітря тваринницьких приміщень містить значну кількість хімічно-активних компонентів (аміак, сірководень, вуглекислий газ) [1], очищення від яких є складною науково-технічною задачею, широке застосування таких теплоутилізаторів у даний час неможливе. В той же час при розробленні ефективних засобів очищення повітрообмін тваринницьких приміщень можна скоротити в 15...20 раз [9].

Схема захисту теплообмінної поверхні від обмерзання з попереднім підігрівом припливного повітря за рахунок теплоти повітря, підігрітого основним теплообмінником, має значно складнішу конструкцію, але при її застосуванні можна отримати високу теплопродуктивність та постійний повітрообмін при температурах повітря зовнішнього середовища нижче температури обмерзання [4].

Таблиця. Розрахунок вартості енергоносіїв для підтримання нормативних параметрів повітряного середовища в приміщенні для утримання свиней на відгодівлі на 1200 голів при застосуванні теплоутилізаторів

| Коефіцієнт температурної ефективності теплоутилізатора | Витрати енергоресурсів | | | Вартість енергоносія, тис. грн., при опаленні | | Скорочення затрат енергії на опалення, % |
|--|------------------------|--------------------------|-------------------------|---|-----------------|--|
| | Теплоти, ГДж | Газу, тис м ³ | Електроенергії, МВт год | газом | Електроенергією | |
| Без застосування теплоутилізаторів | | | | | | |
| - | 2033,0 | 62,1 | 564,8 | 291,7 | 564,8 | - |
| з періодичним режимом роботи | | | | | | |
| 0,4 | 997,6 | 30,5 | 277,1 | 143,1 | 277,1 | 50,9 |
| 0,5 | 893,7 | 27,3 | 248,2 | 128,2 | 248,2 | 56,0 |
| 0,6 | 884,3 | 27,0 | 245,6 | 126,9 | 245,6 | 56,5 |
| 0,7 | 963,0 | 29,4 | 267,5 | 138,2 | 267,5 | 52,6 |
| З байпасним каналом | | | | | | |
| 0,4 | 860,5 | 26,3 | 239,0 | 123,5 | 239,0 | 57,7 |
| 0,5 | 695,2 | 21,2 | 193,1 | 99,7 | 193,1 | 65,8 |
| 0,6 | 600,4 | 18,3 | 166,8 | 86,1 | 166,8 | 70,5 |
| 0,7 | 576,5 | 17,6 | 160,1 | 82,7 | 160,1 | 71,6 |
| Із додатковим джерелом теплової енергії | | | | | | |
| 0,4 | 816,7 | 24,9 | 226,9 | 117,2 | 226,9 | 59,8 |
| 0,5 | 623,9 | 19,0 | 173,3 | 89,5 | 173,3 | 69,3 |
| 0,6 | 498,2 | 15,2 | 138,4 | 71,5 | 138,4 | 75,5 |
| 0,7 | 440,4 | 13,4 | 122,3 | 63,2 | 122,3 | 78,3 |
| Із додатковим теплообмінником | | | | | | |
| 0,4 | 726,3 | 22,2 | 201,7 | 104,2 | 201,7 | 64,3 |
| 0,5 | 500,3 | 15,3 | 139,0 | 71,8 | 139,0 | 75,4 |
| 0,6 | 340,7 | 10,4 | 94,6 | 48,9 | 94,6 | 83,2 |
| 0,7 | 244,6 | 7,5 | 67,9 | 35,1 | 67,9 | 88,0 |
| Із рециркуляцією викидного повітря | | | | | | |
| 0,4 | 415,0 | 12,7 | 115,3 | 59,5 | 115,3 | 79,6 |
| 0,5 | 229,8 | 7,0 | 63,8 | 33,0 | 63,8 | 88,7 |
| 0,6 | 101,9 | 3,1 | 28,3 | 14,6 | 28,3 | 95,0 |
| 0,7 | 55,6 | 1,7 | 15,5 | 8,0 | 15,5 | 97,3 |

Отже, теплоутилізатори з будь-яким способом захисту теплообмінної поверхні від обмерзання можуть бути застосовані в системі забезпечення мікроклімату тваринницьких та птахівничих приміщень. Вибір схеми захисту буде залежати від вимог до параметрів повітряного середовища приміщень, а також ефективності утилізації теплоти при застосуванні обраного способу захисту та техніко-економічного обґрунтування.

Для визначення ефективних способів захисту теплообмінної поверхні від обмерзання необхідно проводити розрахунок їх техніко-економічних показників з використанням відомих методик [10, 11]. В таблиці приведені результати такого розрахунку при застосуванні теплоутилізаторів у приміщенні свинарника на 1200 голів.

Як видно з приведених розрахунків, затрати на підігрів припливного повітря залежать головним чином від коефіцієнта температурної ефективності теплоутилізаторів та способу захисту теплообмінної поверхні від обмерзання. Застосування теплоутилізаторів з періодичним режимом роботи при збільшенні коефіцієнта температурної ефективності вище 0,5 використовувати недоцільно, тому що період роботи в зв'язку із обмерзанням теплообмінної поверхні скорочується і затрати на опалення зростають. Теплоутилізатори з байпасним каналом мають ефективність, близьку до теплоутилізаторів з попереднім підігрівом припливного повітря додатковими технічними засобами, а тому їх можна рекомендувати як альтернативу при автономному режимі роботи. Теплоутилізатори з коефіцієнтом температурної ефективності 0,7 та вище при застосуванні способу захисту з рециркуляцією викидного повітря дають можливість практично повністю покрити потребу тваринницьких приміщень у тепловій енергії (95-97%), тому однією з найбільш перспективних задач нині є дослідження та впровадження систем очищення рециркуляційного повітря від шкідливих домішок.

Висновки

1. Теплоутилізатори з періодичним режимом роботи доцільно використовувати з коефіцієнтом температурної ефективності не більше 0,5...0,6 в приміщеннях з невисокими вимогами до параметрів повітряного середовища, з попереднім підігрівом припливного повітря додатковими засобами - при централізованих способах опалення та вентиляції, із застосуванням додаткового теплообмінника – в регіонах із тривалими періодами стояння низьких температур зовнішнього повітря.

2. Застосування теплоутилізаторів з коефіцієнтом температурної ефективності 0,7 та вище із системою очищення рециркуляційного повітря дадуть можливість в перспективі повністю покрити потреби тваринницьких приміщень у тепловій енергії для підтримання нормативних параметрів мікроклімату.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Зайцев А. М.* Микроклимат животноводческих комплексов. / Зайцев А. М., Жильцов В. И., Шавров А. В. – М.: Агропромиздат, 1986. – 192 с.
2. *Гладка А. Б.* Технології як основа підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва / Гладка А. Б. // Птахівництво: Міжвід. темат. наук. зб. / ІП УААН. - Харків, 2008. - Вип.62. - 425 с.
3. *Белова Е. М.* Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях. – М.: Евроклимат, 2006 – 640 с.
4. *Герасимчук Ю. В.* Вплив обмерзання теплообмінної поверхні на ефективність застосування теплоутилізаторів у системах вентиляції тваринницьких приміщень / Герасимчук Ю. В., Довбненко О. Ф. // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. Науково-виробничий журнал. К, 2003. - №1. - С. 82 - 85.
5. *Расстригин В. Н.* Перспективы развития электрификации тепловых технологических процессов в сельскохозяйственном производстве / Расстригин В. Н., Тихомиров Д. А. // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 7-й Международной научно-технической конференции (18-19 мая 2010 года, г.Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 5-ти частях. Ч. 3. Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике. – М.: ГНУ ВИЭСХ, - 2010. – С. 181 - 188.
6. *Пат. 86504 Україна.* Спосіб утилізації теплоти вентиляційних викидів у холодний період року. / Герасимчук Ю. В., Гірченко М. Т., Довбненко О. Ф.; Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства». - №200708648, заявл. 27.07.2007, опубл. 27.04.2009. Бюл. №8.
7. *Харитонович М. В.* Энергетическая оценка теплообменников в системах вентиляции ферм / Харитонович М. В. // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1980, – №4, - С. 15 - 18
8. *Пат. 56839 Україна.* МПК F 24 F 3/147. Спосіб утилізації теплоти викидного повітря / Герасимчук Ю. В., Довбненко О. Ф.; заявник Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифі-

- кації сільського господарства». - №2002097743, заявл. 30.09.2002, опубл. 15.08.2005. Бюл. №8.
9. *Иванов Ю. А.* Направления научных исследований по механизации и автоматизации животноводства. / Иванов Ю. А. // Сельскохозяйственные машины и технологии. - №1(8)2009. - С. 10-18.
10. *Герасимчук Ю. В.* Розрахунок споживання теплоти системами опалення і вентиляції тваринницьких приміщень / Герасимчук Ю. В., Довбнєнко О. Ф. // Механізація та електрифікація сільського господарства. - 2005. - Вип.89. - С. 96-100.
11. *Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування:* ДСТУ 4397:2005. - К.: Держспоживстантарт України. - 2005. - 15 с.
-

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ
ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕКУПЕРАТИВНЫХ
ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРОВ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ ОТ ОБМЕРЗАНИЯ**

Приведён сравнительный технико-экономический анализ известных способов защиты теплообменной поверхности рекуперативных теплоутилизаторов вентиляционных выбросов животноводческих помещений от обмерзания при низких температурах воздуха внешней среды.

Ключевые слова: *микроклимат животноводческих помещений, утилизация теплоты вентиляционных выбросов, энергоэффективность, энергосбережение.*

**ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF METHODS OF PROTECTION
RECUPERATIVE HEAT EXCHANGE SURFACE OF HEAT UTILIZERS
AIR EMISSIONS FROM LIVESTOCK ICING**

Brought energy and technical-economic analysis of the known methods of protection recuperative heat exchange surface teploutylyzatoriv air emissions from livestock icing at low temperatures of the outside air.

Key words: *heat exchanger, heat recovery of ventilation emissions, microclimate of livestock buildings, energy saving.*