

УДК 631.3:628.8

Аналіз ефективності рекуперації теплоти в системах вентиляції при температурах зовнішнього повітря нижче температури небезпеки обмороження

О. О. Лавріщев,
завідувач відділення «Електрифікація та інформаційні системи»,
аспірант ННЦ «ІМЕСГ»,
Г. С. Логвінов,
викладач дисциплін відділення «Електрифікація та інформаційні системи»,
В. В. Мельничук,
викладач дисциплін відділення «Електрифікація та інформаційні системи»,
(Житомирський агротехнічний коледж)

Наведено аналіз проблем, що існують при вентиляванні тваринницьких приміщень в холодну пору року та висвітлено сучасні методи боротьби з обмороженням пластин рекуператорів

Ключові слова: рекуператор, теплоутилізація, енергоефективність.

In the article the analysis of existing problems in ventilation livestock buildings during the cold season is presented and modern methods for controlling freezing of plates of recuperators are examined.

Keywords: recuperator, heat recovery, energy efficiency

Постановка проблеми.

Сучасна аграрна галузь народного господарства на теренах України тільки починає свій розвиток після десятків років колапсу. Споживання енергетичних ресурсів у сільському господарстві в холодну пору року є надзвичайно великим і наразі є неприйнятним в умовах економіки країни. Саме тому дослідження та наукові пошуки в напрямку енергозбереження є актуальними та необхідними. Особливо це стосується тваринництва та птахівництва, де близько 60 % енергоносіїв витрачаються на нагрів виробничих приміщень та повітря, яке необхідно для примусового вентилявання в холодну пору року.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Останні праці вітчизняних та закордонних науковців зосереджені на розробці та впровадженні сучасних технічних засобів, а саме: впровадженні теплоутилізаторів вентиляційних викидів, що надасть змогу зменшити енерговитрати на 40-50 % [1 с. 9-11, 2]; розробка та впровадження осушувача повітря на базі трикутного повітропроводу, що зменшує енерговитрати на 28-30 % [3, с. 30-31]; використанні іонізаторів повітряного середовища та електроозонаторів [4, с. 313-314]. Проаналізувавши ці методи та їх технічну реалізацію, маємо можливість стверджувати, що суттєве скорочення енерговитрат можливе за рахунок використання теплоти викидного повітря або рециркуляційного повітря в поєднанні з очищенням викидного повітря.

Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми.

Питання, яке входить до загального комплексу, але й досі потребує вирішення, полягає у зменшенні енерговитрат за рахунок використання очищеного рециркуляційного повітря, що значно зменшить енерговитрати на нагрівання припливного повітря, зменшить обмороження теплоутилізаторів у холодну пору року та значно покращить екологічний стан навколо тваринників та пташників.

Формулювання цілей.

Проведення детального аналізу відомих типів теплоутилізаторів з метою підвищення енергоефективності тваринницьких приміщень та розгляд наявних методів боротьби з обмороженням пластин рекуператорів викидного та рециркуляційного повітря.

Виклад основного матеріалу досліджень.

В останній час на теренах України досить активно проектується та впроваджуються енергоефективні технології. Системи енергозбереження можливо поділити на пасивні та активні. Ресурс новітніх методів у пасивних системах енергозбереження практично вичерпаний, та й ефективність їх використання недостатня. Зважаючи на вищезазначене, слід звернути увагу на перспективні рішення, які можливо реалізувати в системах активного енергозбереження.

За основу в системах активного енергозбереження покладено рекуперацію та утилізацію вторинних енергетичних ресурсів. У статті пропонується розглянути питання саме рекуперації тепла, яке видаляється з приміщення з повітрям за допомогою вентиляційних викидів.

Оскільки агротехнічні споруди є технологічними комплексами неперервного типу і відповідно рекуператор є нелінійним об'єктом, то й при аналізі його ми стикаємось з невизначеними параметрами. Тому стає необхідним впроваджувати адаптивні методи керування. Для системи рекуперації повітря слід буде провести аналіз функціонування, оцінку нестаціонарності, розробити структуру системи керування та провести дослідження ефективності керування.

Комплексний підхід до вирішення поставлених завдань з урахуванням кліматичних умов використання рекуперативної установки, впровадження адаптивної системи автоматичного керування, оцінки енергоефективності роботи та економічної ефективності від впровадження є, безумовно, актуальним.

Рекуператор є теплообмінником з поверхневим типом дії, який призначений для зберігання тепла газів, що викидаються в навколишнє середовище. Процес обміну тепла в ньому відбувається крізь перепони (стінки), які їх розмежовують. Застосування рекуператорів у системах вентиляції дає змогу, за різними підрахунками, економити до 85 % тепла, що витрачається на обігрів приміщення – таким чином відбувається економія витрат тепла та електричної енергії.

До складу рекуператора входять теплообмінник та два вентилятори, для створення потоків свіжого повітря та повітря, яке видаляється з приміщення.

Рекуператори класифікують за декількома ознаками:

- за носієм, який використовується: газу, повітря, рідини;
- за схемою руху теплоносіїв: прямоточні, з зустрічним потоком;
- за конструкцією: пластинчасті, трубчасті, ребристі, пластинчасті оребрені рекуператори.

Роторний рекуператор складається з великої кількості щільно розташованих пластин з гофрованого металу (рис.1).



Рис.1. Роторний тип рекуператора.

Безпосередньо сам ротор розташовується вздовж напрямку руху повітря. Під час роботи барабан обертається і таким чином крізь нього проходить спочатку тепле повітря, яке викидається з приміщення, а потім холодне припливне повітря. При такому режимі роботи відбувається почергове нагрівання та охолодження пластин – таким чином холодне припливне повітря нагрівається.

Рекуператори пластинчастого типу за конструкцією нагадують касету, в якій канали для руху теплого повітря, що викидається, і холодного припливного повітря, розділені між собою листами цинкованої сталі.

В такій конструкції течії повітря між собою не змішуються і обмін теплом відбувається за рахунок нагрівання та охолодження пластин (рис. 2).



Рис.2. Пластинчастий тип рекуператора.

До особливості пластинчастого рекуператора слід віднести обмороження зі сторони витяжних каналів при низьких температурах зовнішнього середовища, у зв'язку із утворенням конденсату в каналах витяжного пристрою.

При охолодженні вологого повітря відбувається збільшення відносної вологості до стану насичення, після досягнення якого починає відбуватись процес конденсації надлишкової вологості. При подальшому охолодженні та перетинанні межі кристалізації відбувається утворення крижаного шару (обмороження). Такий процес притаманний для систем рекуперації, в яких при низьких температурах зовнішнього повітря здійснюється його підігрів шляхом часткового передавання тепла від повітря, що видаляється з приміщення.

Утворення конденсату призводить до суттєвого підвищення ефективності теплообміну за рахунок теплоти випаровування. Але, з іншого боку, за відсутності належних засобів видалення конденсату може спостерігатись зменшення тепловідведення за рахунок формування на поверхні пластини шару рідини та зменшення перерізу вентиляційних каналів, що, в свою чергу, призводить до збільшення втрат статичного тиску. У випадках, коли припливне повітря має достатньо низьку температуру, конденсат в теплообміннику замерзає, і таким чином частково або повністю може закривати повітряні канали зі сторони витяжки. Як наслідок, зменшується ефективність рекуперації.

Фізичний процес, який розглянули, відбувається однаково в теплообмінниках різного типу. Температура обмороження (температура початку кристалізації вологості на витяжці) залежить від наступних факторів:

- теплофізичні параметри на витяжці (температура t_n , відносна вологість повітря RF_n , абсолютна вологість повітря x_n);
- ефективність теплообміну;
- масове співвідношення повітряних потоків з припливного боку та на витяжці (холодне повітря/тепле повітря), m_2/m_1 ;
- конструктивні особливості теплообмінника.

При розгляді методів боротьби з обмороженням слід відзначити вже апробовані та ті, що використовуються, а саме: підігрів припливного повітря, регулювання масового співвідношення повітряних потоків на припливній стороні і витяжці, розморожування теплообмінників, зменшення теплопередачі. Розглянемо кожен з методів детальніше.

Підігрів припливного повітря – такий метод легко реалізується за рахунок змішування холодного припливного та теплого повітря, що видаляється, або за рахунок використання додаткових електричних нагрівачів. Підігрів припливного повітря слід проводити на величину «холодного кута». Слід відзначити, що ряд науковців вважають недоцільним таке рішення для використання на виробництві, оскільки воно пов'язане із значним ускладненням будови та додатковими експлуатаційними витратами.

Регулювання масового співвідношення повітряних потоків на припливній стороні і витяжці – метод полягає у зменшенні кількості холодного припливного повітря до значень, при яких не відбувається переохолодження повітря, що видаляється, і таким чином не відбувається обмороження. Для досягнення цього масове співвідношення повітряних потоків m_2/m_1 не повинно перевищувати 0,5. Це пов'язано з тим, що на витяжці повітря завжди значно прохолодніше на вихідному перерізі у порівнянні із

вхідним. Практичною реалізацією цього методу є встановлення байпасу. Слід відзначити, що таке технічне рішення має недостатню ефективність, тому що значна частина припливного повітря проходить крізь байпас, тобто не проходить крізь теплообмінник. Відповідно значно зменшується ефективність рекуператора.

Розморожування теплообмінників – методи розмороження передбачають можливість їх обмороження з наступним відтаненням шляхом зміни режиму роботи - розмороження всього теплообмінника, часткове розмороження.

Розмороження всього теплообмінника полягає у відключенні припливного повітря при досягненні певної величини обмороження. Відповідно по теплообміннику буде проходити тільки тепле повітря, що викидається у навколишнє середовище, і через це він буде розморожений. Час відключення припливного холодного повітря, який необхідний для розмороження сягає, від 3 до 5 хвилин.

Часткове розмороження передбачає значно складнішу конструкцію теплообмінника, а саме: наявність на припливній стороні великої кількості окремо керованих багатопелюсткових клапанів повітря. Розмороження відбувається посекційно, за рахунок окремого перекриття клапанами визначених припливних повітряних потоків. Такий метод розмороження є ефективним, але система керування значно ускладнена у порівнянні з попереднім методом повного розмороження.

Зменшення теплопередачі – цей метод передбачає профілювання пластин таким чином, щоб максимально зменшити коефіцієнт теплопередачі в «холодному куті». Однак в такому випадку неможливо здійснювати керування і регулювання, що обмежує використання методу, та забезпечує зменшення температури обмороження до певних значень. Метод не є ефективним при значних коливаннях температур.

Висновки з дослідження й перспективи.

Перспективним є розроблення нових способів очищення рециркуляційного та викидного повітря від сірководню, аміаку та мікроорганізмів різноманітними методами. Отримані результати надають змогу оптимізувати процес енергозбереження в тваринницьких приміщеннях за рахунок вибору оптимального виду рекуператора та методу боротьби з його обмороженням. Подальший розвиток систем рекуперації викидного повітря має позитивний ефект ще й в екологічній сфері.

Бібліографія

1. Лебедев Д. П., Шаталов М. П., Самсонова Е. А. Теплоутилизационные установки на базе полимерных теплообменников// Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – №4.
2. Патент України 56839. Спосіб утилізації теплоти викидного повітря. МПК F24F3/147. / Герасимчук Ю. В., Довбненко О. Ф. Опубл. 15.08.2005. Бюл. №8.
3. Самарин В. А., Макарова В. Г., Фомин В. Н., Самарин Г. Н., Сукиасян С. М. Энергосберегающая система оптимального микроклимата в животноводческих помещениях// Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – №3.
4. Сторчевой В. Ф. Электроозонирование и ионизация воздушной среды как метод энергосбережения в птицеводстве// Труды 4-й Международной научно-технической конференции. М. – 2004.