УДК 621.577:697.9

В. О. Гончарук
Н. М. Слободян

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ У СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено оцінку ефективності теплонасосних систем для підтримки комфортних умов в виробничому приміщенні. Здійснено аналіз теплонасосних схем вентиляції та кондиціювання у виробничому приміщенні у холодний та теплий період року відповідно в залежності від параметрів навколишнього середовища. Наведений порівняльний аналіз термодинамічної ефективності різних схем та визначена найбільш ефективна схема теплонасосної установки.

Ключові слова: тепловий насос, виробниче приміщення, вентиляція, кондиціювання, холодильний коефіцієнт, термодинамічна ефективність, витрати, патрубок, припливне повітря, витяжне повітря, розподіл.

Abstracts.

The efficiency of heat pump systems for maintaining comfortable conditions in a production facility is evaluated. The analysis of heat pump schemes for ventilation and air conditioning in a production facility in the cold and warm seasons, respectively, depending on environmental parameters, is carried out. A comparative analysis of the thermodynamic efficiency of various schemes is given and the most efficient scheme of the heat pump unit is determined.

Keywords: heat pump, production facility, ventilation, air conditioning, cooling coefficient, thermodynamic efficiency, flow rate, nozzle, supply air, exhaust air, distribution.

Основна частина

Системи вентиляції громадських і виробничих приміщень є невід’ємними частинами систем забезпечення комфортних або технологічно необхідних умов в середині цих приміщень. Існують ряд об’єктів, в яких для підтримання комфортних умов, необхідно підтримувати не тільки температуру повітря, але і його вологовміст. Підтримувати вологість повітря на оптимальному рівні - невід'ємне завдання багатьох кліматичних систем. Адже підвищена вологість негативно впливає не тільки на здоров'я і самопочуття людей, але і на умови зберігання сировини та продукції, шкодить багатьом технологічним процесам, негативно позначається на збереженні товарів і продуктів, сприяючи розвитку цвілі і процесів гниття. На зовнішніх захищеннях (стінах, стелі, вікнах) приміщень з підвищеним виділенням вологи відбувається випадіння конденсату, внаслідок чого з часом розвиваються грибки і відбувається руйнування не тільки внутрішніх оздоблювальних матеріалів, а й, за певних температурних режимів, несучих матеріалів зовнішніх конструкцій. Тому в таких приміщеннях дуже важливо проводити зниження рівня вмісту вологи в повітрі, і проводити подальше підтримання вологості в приміщенні на оптимальному рівні [1] – [2].

Контроль рівнів вологості у виробництві може мати основне значення.

Осушення повітря вирішує чотири основні проблеми, які виникають у виробництві [3] – [4]:

1. Конденсація або потовиділення. Конденсація, яка може призводити до утворення цвілі, зростання грибка та забруднення від попадання крапель вологи зверху, має місце, коли такі холодні поверхні, як труби, бункери та стелі у виробничих цехах оточені вологим повітрям. Системи осушення повітря запобігають конденсації шляхом підтримки постійної температури в повітрі, що оточує холодні поверхні.

2. Корозія. Видалення вологи з повітря запобігає розвитку іржавіння на металевих поверхнях і гниття органічного матеріалу.

3. Сушка продуктів, сприйнятливих до високих температур. Багато типів продуктів повинні висушуватися до низьких рівнів вмісту вологи, які не переносять надлишкового тепла, включаючи

фармацевтичну діагностику, промислові ферменти та більшість білків.

Методи осушення повітря:

1. Осушення повітря конденсацією. Осушення повітря шляхом охолодження може бути особливо ефективним, коли повітря тепле, а рівень вологості високий. Повітря, яке осушується, проходить через змійовик охолодження. У міру охолодження, повітря втрачає здатність утримувати водяну пару. Вода конденсується на поверхні змійовика охолодження та стікає в стічний лоток у вигляді рідини. Повітря стає сухим в абсолютних величинах, але тепер воно насичене, це означає, що його відносна вологість становить близько 100%.

Такі експлуатаційні принципи, які використовуються в осушенні повітря споживчого класу, можуть використовуватися для осушення сирого підвального приміщення. Повітря проходить через змійовик охолодження, який висушує повітря. Потім насичене повітря проходить через другий змійовик, в якому в повітряний потік подається тепло компресора та холодоагенту, що знижує відносну вологість до того, як повітря подається в приміщення.

Звичайні системи кондиціонування повітря також здійснюють осушення подібним чином, але таке обладнання зазвичай налаштоване для оптимального видалення тепла, а осушення є побічним продуктом основної функції охолодження повітря. Для промислових цілей осушення на основі охолодження здійснюється спеціальними установками з обробки повітря, оптимізованими для видалення вологи, а не тепла. Ці установки дуже грунтовно охолоджують невеликі обсяги повітря на відміну від незначного охолодження великих об’ємів повітря. Більш глибоке охолодження - конденсує більше вологи з повітря.

2. Осушення на основі адсорбенту. Там, де необхідна низька температура конденсації, або дуже низький рівень відносної вологості, осушення на основі адсорбенту є, як правило, найбільш економічно вигідною альтернативою. Це обладнання працює на різниці в тиску водяної пари для видалення вологи з повітря хімічним шляхом. Поверхня сухого адсорбента має дуже низький тиск водяної пари в порівнянні з набагато більшим тиском водяної пари вологого повітря. Водяна пара відходить від вологого повітря на поверхню адсорбенту для усунення різниці тиску водяної пари. Далі, поверхня адсорбенту збирає досить водяної пари для вирівнювання тиску водяної пари вологого повітря. І, нарешті, адсорбент повинен висушуватися шляхом подачі на нього тепла до моменту його регенерації та готовності продовжувати видалення вологи з повітря.

Існує багато способів подачі адсорбенту в повітряний потік. У найбільш передових промислових осушувачах повітря, що використовують атмосферний тиск, адсорбент знаходиться в легкій формі у вигляді колеса, яке обертається між двома окремими потоками повітря.

Адсорбент знаходиться в стінках тонких повітряних каналів, які проходять по глибині колеса. Діаметр цих каналів не однаковий, але зазвичай - близько двох міліметрів. Діаметр колеса залежить від того, як багато повітря повинно пройти крізь нього. Великі потоки повітря вимагають більшого діаметра колеса. Повітря проходить через адсорбційне колесо, віддаючи водяний пар адсорбенту, що знаходиться в стінках повітряних шляхів. Сухе повітря виходить з колеса і переноситься в точку користування вентиляторами або нагнітачами. В ході цього процесу частина колеса обертається, заходячи на другий, менший потік повітря - підігріте повітря реактивації адсорбенту. Гаряче повітря реактивації підігріває колесо, виводячи водяний пар з адсорбенту. Оскільки кожне відділення колеса проходить, обертаючись, через повітря реактивації, його адсорбент висушується та знову видаляє вологу з технологічного повітря. Коли повітря осушено, температура технологічного повітря піднімається пропорційно обсягу вилученої води. Більш сухе повітря - означає більше тепле повітря. Це являє собою процес, зворотний більш знайомому процесу випарного охолодження. Коли вода випаровується в повітря, тепло, необхідне для випаровування, надходить з цього повітря, таким чином, його відчувається температура падає. І, навпаки, коли повітря осушується, тепло, необхідне для випаровування води, спочатку вивільняється, піднімаючи температуру повітряного потоку.

З причини того, що адсорбційний повітроосушувач видаляє воду з повітря у вигляді пари, а не конденсованої рідини, немає ризику виникнення замороженого конденсату. Таким чином, цей тип обладнання найчастіше використовується там, де потрібна температура конденсації нижче $10\,^{0}$С.

Осушення адсорбентом порівнюють з осушенням, заснованим на охолодженні. Інженери, не так давно зайнялися проблемами технології осушення, вони часто задають питання про те, який з цих двох методів є найкращим. У більшості випадків використання для цілей виробництва простою відповіддю являється те, що обидві ці технології використовуються для того, щоб «співпрацювати, а не

конкурувати». Осушення на основі охолодження вирішує питання з вологовиділення при високих температурах конденсації, а адсорбційне осушення видаляє вологовміст при більш низьких температурах конденсації. Конкретний вибір комбінації цих двох технологій буде залежати від характеристик конкретного застосування [5].

Свіже вентиляційне повітря важливе в більшості контрольованих просторах. У більшості випадків будівельні стандарти вимагають певного об'єму повітря на одну людину або на один м^3 займаного простору. Найчастіше менші уваги приділяються забезпеченню того, щоб все відпрацьоване повітря компенсувалося вентиляційною системою. Це є особливою проблемою у великих просторах, де наявність обсягів відпрацьованого повітря може бути не так очевидно.

Наступним джерелом навантажень є різні отвори. Кожен раз, коли відчиняються двері, вологе повітря втягується в приміщення. Коли це можливо, слід витратити деякий час на спостереження того, як часто відкриваються двері в самий завантажений виробничий період.

Повітряний шлюз у великій мірі скорочує інфільтрацію вологого повітря. У міру того як рівень контролю вологості знижується, повітряний шлюз біля дверей дає помітні економічні переваги. Допущення, що стоять за пропозицією використання повітряного шлюзу, зводяться до того, що досягається компромісна рівновага між внутрішніми та зовнішніми умовами, і все повітря потрапляє в приміщення, коли відкривається повітряний шлюз.

Для скорочення інфільтрації вологого повітря через широкі отвори, як наприклад, ворота, жолоби, інженери часто подають надлишковий тиск, щоб сухе повітря вийшло, а не вологе повітря проникло в середину.

Ефективність застосування теплового насосу в системі вентиляції і осушення повітря можна визначити за допомогою енергетичного показника роботи теплового насосу, який розраховується як відношення корисно виконаної роботи до загальної витрати енергії.

Застосування сучасних повітряних теплових насосів дозволяє більш просто і економічно здійснювати надійний контроль відносної вологості повітря в виробничому приміщенні і не допускати конденсації водяної пари на внутрішніх поверхнях перекриття.

Висновки

Проведений аналіз впровадження теплонасосної установки для вентиляції та кондиціювання повітря в виробничому приміщенні, дозволяє зробити наступні висновки:

1. Теплонасосні установки знаходять широке застосування не лише для забезпечення температурного, але й тепловологісного режиму великих приміщень з підвищеним вологовиділенням, зокрема для виробничого приміщення.
2. Для забезпечення комфортних умов в виробничому приміщенні існує ряд теплонасосних схем, зокрема, схеми теплонасосних систем вентиляції та кондиціювання повітря в виробничому приміщенні.
3. Доведена термодинамічна ефективність використання теплонасосних установок для забезпечення комфортних умов у виробничому приміщенні.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Васильєв Г.П., Шилкін Н.В. Використання низькопотенційної теплової енергії землі в теплонасосних системах // АВОК. 2003. № 2.
2. Жидович І.С., Трутаєв В.І. Системний підхід до оцінки ефективності теплових насосів // Новини теплопостачання. 2001. №11.
3. Горшков В. Г. Теплові насоси. Аналітичний огляд // Методичка промислового устаткування. 2004. № 2.
4. Петін Ю. М. Досвід виготовлення теплових насосів в ЗАО «Енергія» // Енергетична політика. 2001. Вип. 3.
5. Огурєчніков Л.А. Аналіз ефективності низькотемпературних енергозберігаючих технологій // Енергетика. 2006. № 6. С. 42-51.

Гончарук Віктор Олександрович – аспірант кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, email: sanderlend@ukr.net

Науковий керівник: Слободян Наталія Михайлівна **–** к.т.н, доцент кафедри ІСБ, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000-0002-2111-1434, email: slobodian@vntu.edu.ua

Goncharuk Viktor Oleksandrovych – graduate student of the Department of Engineering Systems in Construction,

Vinnytsia National Technical University, email: sanderlend@ukr.net
Scientific supervisor: Natalia Slobodyan – Ph.D., associate professor of the Department of Information Technology, Vinnytsia National Technical University ORCID 0000-0002-2111-1434, email: slobodian@vntu.edu.ua