**ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПОВІТРЯНО-ТЕПЛОВИХ ЗАВІС У ФОРМУВАННІ СИСТЕМ МІКРОКЛІМАТУ**

**EVALUATION OF THE ENERGY EFFICIENCY OF THE WORK OF THE ROOM AND THERMAL DEPENDENCE IN FORMING MICROCLIMATE SYSTEMS**

Науковий керівник: канд. техн. наук, доц. кафедри теплових електростанцій та енергозберігаючих технологій

Лужанська Ганна Вікторівна.

Здобувач бакалавріату Губар Ліана Самірівна

Supervisor: PhD, Associate Professor

Department of Thermal Powel Plants and Energy Saving Technologies

Luzhanska Gаnna Viktorivna

Bachelor Hubar Liana Samirivna

**Анотація:** Робота присвячена створенню мікроклімату приміщень будівель та споруд різного призначення, що мають відкриті зовнішні прорізи в зимовий період року, через які проникає холодне повітря. Для запобігання проривам зовнішнього повітря в приміщення, що опалюються, встановлюють повітряно-теплові завіси. Наведено класифікацію повітряно-теплових завіс. Було проаналізовано стан системи мікроклімату до та після встановлення повітряно-теплових завіс. Проаналізовано ефективність від їх застосування, внаслідок чого відбувається начне зменшення теплового навантаження на систему теплопостачання.

**Ключові слова:** повітряно-теплові завіси, мікроклімат приміщення, енергозбереження

**Annotation:** The work is devoted to the creation of a microclimate in the premises of buildings and structures for various purposes, which have open external openings in the winter season, through which cold air penetrates. To prevent breakthroughs of outside air into heated rooms, air-thermal curtains are installed. The classification of air-thermal curtains is given. The state of the microclimate system was analyzed before and after the installation of air-thermal curtains. The effectiveness of their application is analyzed, which entails a significant reduction in the heat load on the heat supply system.

**Keywords:** air-thermal curtains, room microclimate, energy saving

Практично всі європейські країни і багато світових мають великі проблеми у в використанні паливно-енергетичних ресурсів. Наша країна не є винятком. Вирішення питань створення мікроклімату за санітарними нормами із застосуванням енергозберігаючого обладнання на сьогоднішній день є дуже актуальним. У той же час постійно розробляються все жорстокіші вимоги до надійності та комфорту приміщень.

Мікроклімат приміщення, в якому людина знаходиться довго, відіграє істотну роль у формуванні імунітету, працездатності, можливості комфортно відпочити та розслабитися. Стан внутрішнього середовища будівлі може не тільки плідно впливати на здоров'я людини, але й мати негативні наслідки [1-3].

Істотну роль у формуванні мікроклімату здійснюють потоки холодного зовнішнього зимового повітря, які вриваються у опалювані приміщення будинків та споруд промислового і цивільного призначення. Через відкриті зовнішні прорізи в приміщення вривається велика кількість холодних повітряних мас, що негативно позначаються на працездатності людей, та погіршується стан здоров'я [4,5]. При цьому значно збільшується навантаження на систему теплопостачання всієї будівлі на десятки тисяч кіловат [6, 7] (рис 1).



Рис 1. – Витрата тепла на нагрівання холодного повітря, що проривається

у опалювані приміщення через відкриті зовнішні прорізи

Витрата повітря залежить від [4, 8-11]:

– різниці тисків всередині і ззовні будівлі;

– різниці температур всередині і ззовні будівлі;

–- швидкості вітру відносно дверного отвору

Найбільш вагомими чинниками енергозбереження є питомі показники тепловтрат при теплопостачанні будинків громадського та промислового призначення [12, 13]. Основним напрямком енергозбереження для цих будинків є оптимальне використання режимів роботи теплового обладнання та пристроїв систем вентиляції і мікроклімату.

Для збереження нормованих параметрів внутрішнього мікроклімату та перешкоди проникненню холодних мас в опалювальні приміщення встановлюють повітряно-теплові завіси [4, 14, 15] (рис2).



Рис 2 – Принцип роботи повітряно-теплової завіси

встановленої біля відкритого зовнішнього отвору

Повітряно-теплові завіси для зовнішніх прорізів (воріт, дверей, вікон) є енергозберігаючим елементом систем мікроклімату будівель всіх типів та призначень. Найефективніші завіси «шиберуючого» типу, створюють підігріту повітряну струменеву перешкоду від проникнення холодного зовнішнього повітря через відкритий отвір усередину будівлі (рис 3,4). Це дозволяє суттєво знизити тепловтрати будівлі під час відчинення дверей та воріт (до 80 %) [16]. При цьому коефіцієнт ефективності правильно влаштованої завіси, а саме: відношення витрат енергії на компенсацію тепловтрат через відкритий отвір без завіси до суми витрат на завісу та компенсацію залишкових тепловтрат при роботі завіси досягає 2-3. У теплу пору року завіси без джерела тепла створюють загородження зовнішнього повітря в отворах приміщень, що кондиціонуються, також використвуються у роботі у холодильних камер [17].

![](data:application/x-msmetafile;base64...)

Рис 3 – Стан системи мікроклімату до встановлення повітряно-теплової завіси

![](data:application/x-msmetafile;base64...)

Рис 4 – Стан системи мікроклімату після встановлення повітряно-теплової завіси

Згідно з нормативними вимогами повітряні завіси використовують в таких випадках [14, 15]:

– при постійно відкритих прорізах у зовнішніх стінах будівель;

– біля воріт і прорізів у зовнішніх стінах будинків, які не мають тамбурів і відчиняються більше п'яти разів та не менше ніж 40 хв. за робочу зміну, в регіонах з розрахунковою температурою зовнішнього повітря мінус 15 °С і нижче;

– біля зовнішніх дверей вестибюлів будинків громадського та промислового призначення в залежності від розрахункової температури зовнішнього повітря і числа людей, які проходять крізь двері протягом однієї години, а саме, взимку при температурі від –15 °С до –20 °С, коли крізь вхідні двері проходять більше 400 осіб.

Температуру повітря, що подається повітряно-тепловими завісами, слід приймати не вище 50 ° С біля зовнішніх дверей і не вище 70 ° С біля зовнішніх воріт та отворів.

Розрахункову температуру суміші повітря, що надходить у приміщення через зовнішні двері, ворота та прорізи, слід приймати, ° С, не менше:

14 – для виробничих приміщень при легкої роботи;

12 – для виробничих приміщень при роботі середньої тяжкості та для вестибюлів громадських та адміністративно-побутових будівель;

5 – для виробничих приміщень при тяжкій роботі та відсутності постійних робочих місць на відстані 3 м і менше від зовнішніх стін та 6 м і менше – від дверей, воріт та отворів.

Повітряні та повітряно-теплові завіси біля зовнішніх отворів, воріт та дверей слід розраховувати з урахуванням вітрового тиску [4, 11].

Основними вузлами повітряно-теплової завіси є повітропровід, вентилятор, калорифер, повітропровід рівномірної роздачі, щілинна насадка. Головний елемент конструкції - це повітропровід рівномірної роздачі, з щілинною насадкою з напрямними пластинами, через яку повітряний струмінь прямує під деяким кутом до площини воріт [18-20].

Швидкість випуску повітря із щілин або отворів повітряних та повітряно-теплових завіс слід приймати, м/с, не більше:

8 – біля зовнішніх дверей;

25 – біля воріт та технологічних прорізів.

Рекомендована швидкість у повітроводах та каналах завіси повинна становити 70% від швидкості повітря на виході зі щілини всмоктування.

Класифікувати повітряно-теплові завіси можна за різними ознаками, основні представлені в таблиці 1

Таблиця 1 - Класифікація повітряно-теплових завіс

|  |  |
| --- | --- |
| **Характеристика**  | **Опис** |
| За принципом дії | без підігріву повітря - призначені для захисту кондиціонованих та інших специфічних приміщень, де температура повітря нижча за зовнішню температуру, та їх основне завдання це захист від проникнення теплого зовнішнього повітря. |
| з підігрівом повітря - призначені для приміщень будь-якого типу та вирішують завдання захисту від проникнення теплого зовнішнього повітря влітку та холодного зовнішнього повітря взимку. |
| За типом енергоносія | водяні |
| електричні |
| газові |
| У напрямку струменя | з напрямком струменя знизу вгору - через горизонтальну щілину, розташовану внизу отвір |
| з напрямком струменя зверху вниз з подачею повітря через горизонтальну щілину, розташовану вгорі отвору |
| з горизонтальним напрямком струменя - одно- та двосторонні з подачею повітря через вертикальну щілину, розташовану з одного) або з двох сторін отвору |
| За режимом роботи | періодичної дії (у прорізів, що періодично відкриваються) |
| постійної дії (біля постійно відкритих прорізів) |
| За місцем повітрязабору і температурою повітря, що подається | з внутрішнім повітрозабором і підігрівом повітря, що подається; влаштовують біля прорізів у зовнішніх огорожах складських приміщень з підвищеними вимогами до повітряного середовища; таких приміщеннях встановлювати повітряні завіси із зовнішнім забором повітря недоцільно - це збільшить витрати на його підігрів та очищення |
| з внутрішнім повітрозабором без підігріву повітря, що подається; влаштовують у прорізів у зовнішніх огородженнях приміщень складів, де допускається деяке періодичне зниження температури |
| із зовнішнім повітрозабором і підігрівом повітря, що подається - постійної дії; у деяких випадках за значних розмірів приміщення доцільно, щоб агрегат повітряної завіси постійно працював і при періодичному відкритті воріт |
| із зовнішнім повітрозабором без підігріву повітря, що подається |
| За принципом монтажу | підвісні горизонтальні завіси кріпляться до міцної конструкції стелі за допомогою різьбових стрижнів або за допомогою кронштейнів та кріплень до стіни безпосередньо над дверним отвором; завіса повинна розташовуватися найближче до дверного отвору для забезпечення найбільшої продуктивності, оскільки перешкоди на шляху повітряного потоку (будь то дверні доводчики або виступи) знижують ефективність її роботи |
| вертикальні завіси кріпляться безпосередньо до підлоги або стіни з однієї або двох сторін дверного отвору |
| вбудовувані завіси складаються з двох частин: модуля повітряно-теплові завіси та спеціальної декоративної решітки; основний модуль завіси прихований за підвісною стелею, а зовні видно лише декоративні ґрати, через які здійснюється забір та подача повітря |
| За конструктивним виконанням | діаметральні |
| канальні |
| осьові |
| відцентрові |
| По витраті повітря | малопотужні (установка над малими відкритими прорізами заввишки від 1,5 м) |
| середньої потужності (установка над прорізами висотою 2,5-3,5 м), |
| великої потужності (установка над промисловими прорізами досить великої висоти 3,5-7 м) |
| надпотужні (служать для закриття великих прорізів заввишки 8-12 м і більше) |
| За типом корпусу | моноблочні (всі елементи знаходяться в одному корпусі, виріб збирається виробником) |
| набірні або безкорпусні (складаються з декількох окремих елементів (вентилятор, нагрівач, канал, сопло, що з'єднує), які з'єднуються на місці установки) |
| За сферою застосування | комерційні |
| промислові |
| По підключенню до електромережі | однофазні (220В) |
| трифазні (380 В) |

Застосування повітряно-теплових завіс дозволить значно скоротити споживання теплової енергії системами теплопостачання, перешкоджаючи проникненню холодного повітря в приміщення, що опалюються. Параметри мікроклімату будуть підтримуватись на необхідному рівні за санітарними нормами.

Повітряно-теплові завіси є одним з невід'ємним елементом системи мікроклімату приміщень, використання яких дозволить досягти енергозберігаючого ефекту.

Література

1. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» /
М. Ф. Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.
2. Денисова А. Є., Лужанська Г. В., Баласанян Г. А., Дорошенко Ж. Ф., Жайворон О. С., Чефтєлов І. О. Вдосконалення системи мікроклимату будівель та споруд різного призначення // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я: тези доповідей ХXVІІІ міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. IІ. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ».– С. 192
3. А. Є. Денисова, Г. В. Лужанська, О. С.Жайворон, Я. В. Соломенцева. Енергоефективність теплолокалізаційних систем для мобільних шпиталів. Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: матеріали XXII міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20-21 травня 2021р.).– К.: Інтерсервіс, 2021.– с 64-68
4. Лужанская А. В., Зайцев О. Н., Аэродинамика воздушно-тепловых завес в промышленных зданиях и сооружениях (монография). Научное издание к 50-ти летию НАПКС – Симферополь: НАПКС, СОНАТ 2009. – 184 с, ISBN 9668111-56-7
5. Денисова А. Є., Лужанська Г. В., Котяш Д. І., Ляшенко В. І., Кушнірук В. В. Шляхи покращення мікроклімату шпиталів//Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я: тези доповідей ХXІХ міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2021, 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. IІ. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – 138 с.
6. Энергосбережение при использовании воздушних завес. <http://www.frico.com.ua/energo_frico.html>
7. А. В. Лужанская. Оценка эффективности работы теплолокализующих устройств.// Холодильна техніка та технологія. Том 53. Випуск 4. – Одесса: ОНАХТ. – 2017. С. 21-25
8. Посібник із курсового та дипломного проектування з дисципліни “Промислова вентиляція” для студентів спеціальності 6.092100 “Теплогазопостачання та вентиляція” денної і заочної форм навчання. – Полтава: ПолтНТУ, 2007. – 82 с.
9. Вовк Н. Промышленные водушные завесы-важные особенности // AW Therm №1 січень-лютий 2020. № 1. – С. 18–21.
10. Денисова А. Є., Лужанська Г. В., Іванова Л. В., Жайворон О. С., Бодюл О. С. Вдосконаленнясистем теплолокалізаціі на засадах енергозбереження// Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ», N6 (1360). – 2020.  – С. 3–11
11. [Довгалюк](http://catalog.odnb.odessa.ua/opac/index.php?url=/auteurs/view/281456/source:default) В. Б. Аеродинаміка вентиляції : навч. посіб.– Вид. 2-ге, випр. і допов.– К. : ІВНВКП "Укргеліотех", 2015.– 365 с.
12. O. Klymchuk, A. Denysova, A. Mazurenko, G. Balasanian, A. Tsurcan. Construction of methods to improve operational efficiency of an intermittent heat supply system by determining conditions to employ a standby heating mode// (2018) Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 6. – 8 (96), рр. 25–31
13. Klymchuk O., Denysova A., Balasanian G., Ivanova L., Bodiul O. Enhancing efficiency of using energy resources in heat supply systems of buildings with variable operation mode // EUREKA, Physics and Engineering. 2020, №. 3, рр. 59–68
14. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування/Мінрегіон України, К., 2013. 113 с.
15. ДБН В.2.2-9:2018 Громадські будинки та споруди / Мінрегіон України, Київ, 2019.
– 47 с.
16. [https://profklimat.kh.ua](https://profklimat.kh.ua/photo/file/Thermoscreens_katalog/thermoscreen_catalogue_ru.pdf)
17. Конспект лекцій по дисципліні «Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 144 –Теплоенергетика / Укл. Клімов Р.О., – Кам’янське: ДДТУ, 2016. – 102 с.
18. [https://js.com.ua](https://js.com.ua/articles/vozdywno_teplovaya_zavesa_konstrukciya_primenenie/)
19. Лужанская А. В., Коваль П. П., Фокин А. С., Греку И. Н. Повышение эффективности теплозащиты зданий и сооружений //Енергоефективні технології в міському будівництві та господарстві: матеріали VІІ Міжн. Наук.-практ. Конф. 17–18 травня 2018 р. – Одеса: ОДАБА, 2018. – С.39–43
20. Черняк Е. Тепловые завесы – основные принципы работы // AW Therm №6 ноябрь-декабрь 2015. № 6. – С. 15–22