

УДК 697.91.94.97

Н. В. Жихарева

Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, Одеса, 65039, Україна

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОПРИПЛИВІВ В ПРИМІЩЕННЯ ПРИ КОНДИЦІЮВАННІ ПОВІТРЯ

В роботі розглянуті особливості розрахунку теплоприпливів при проектуванні систем кондиціонування повітря. Показані особливості розрахунку теплоприпливів через огородження з врахуванням вилуви прямої та розсіяної радіації з врахуванням запізнювання. За даними досліджень розроблена комплексна модель розрахунку теплоприпливів для підбору кондиціонування повітря басейну, що включає визначення оптимальних параметрів, визначення економічно-доцільної товщини ізоляції; підбір системи кондиціонування.

Ключові слова: тепло-вологісне навантаження; запізнювання; сонячна радіація; кондиціонування повітря; витрата повітря.

Н. В. Жихарева

Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Канатная, 112, Одесса, 65039, Украина

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕПЛОПРИТОКОВ В ПОМЕЩЕНИИ ПРИ КОНДИЦИОНИРОВАНИИ ВОЗДУХА

В работе рассмотрены особенности расчета теплопритоков при проектировании систем кондиционирования воздуха для помещений. Показаны особенности расчета тепло-влажностных нагрузок: расчет теплопритоков через ограждения с учетом прямой и рассеянной радиации с учетом запаздывания, и теплопритоков от различных источников. По данным исследований разработана комплексная модель расчета кондиционирования воздуха включая определение оптимальных параметров, определение экономически целесообразной толщины изоляции; подбор системы кондиционирования воздуха

Ключевые слова: тепло-влажностные нагрузки; запаздывание; солнечная радиация; кондиционирование воздуха; расход воздуха.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/0453-8307.6/2015.44778>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

I. ВСТУП

Для визначення теплоприпливів через огородження в приміщення різних за призначенням і архітектурно-будівельним характеристикам об'єктів практично використовують різні, переважно стаціонарні, методи розрахунку [1,2].

В реальності відсутні об'єкти, теплоприпливи яких носять повністю стаціонарний характер. Це обумовлено зміною зовнішньої температури повітря і нестационарним режимом функціонування об'єкта. Найбільш яскраво виражений нестационарний характер тепло припливів протягом добового циклу в приміщення громадських будівель і споруд. Тому для великих громадських будівель: театрів, ресторанів і т.п. вибір холодопродуктивності систем кондиціонування за сумою усіх видів максимальних тепло припливів без урахування їх нестационарності в протягом добового циклу може призвести до необґрунтованого її завищення, а значить до збільшення капітальних і згодом експлуатаційних витрат на систему кондиціонування. Розглянута методика розрахунку теплоприпливів до-

зволяє обґрунтовано вибрати холодопродуктивність системи кондиціонування, як правило меншу, ніж при традиційному розрахунку по максимуму теплових навантажень без урахування їх неспівпадання за часом доби і теплової інерції огорожень. Особливо ефективно використання запропонованої методики для великих об'єктів, що працюють в яскраво вираженому нестационарному режимі: театри, заводські їдальні, конференц-зали та ін.

II. ОБЛАСТІ ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОПРИПЛИВІВ В КОНДИЦІОНОВАНИ ПРИМІЩЕННЯ

Критерієм вибору холодопродуктивності кондиціонера є, як правило, умова забезпечення в приміщенні з кондиціонером заданої температури при розрахунковій нормованій температурі зовнішнього повітря і певної, з урахуванням вимог нормативних документів, величини подачі свіжого повітря.

Для розрахункової оцінки теплоприпливів в прості типові об'єкти, як, наприклад, житлові кімнати 20-40 м² у звичайних типових будинках (висота стель 2,7-3 м, площа вікон 0,8-1 м² на 10 м² площі), може бути використано найпростіше співвідношення 100 Вт на 1 м². Така найпростіша оцінка буде досить коректною у багатьох випадках підбору кондиціонерів для житлових кімнат зазначеної вище площі, але в окремих випадках похибка такої оцінки може перевищити 25%. Для зниження похибки пропонується коефіцієнтний метод уточнення оцінки теплоприпливів, виконаної за вищенаведеним найпростішим співвідношенням. При використанні коефіцієнтного методу похибка оцінки теплоприпливів в приміщення в більшості випадків не перевищує 15%. Завдяки простим апроксимаційним залежностям можливе підібрати кондиціонер, але з великою похибкою [1].

При наявності в приміщенні ліхтаря, скляних стін, потужних внутрішніх джерел тепла та інших особливостей визначення необхідної холодопродуктивності кондиціонера за найпростішим співвідношенням і уточнення його коефіцієнтний метод може виявитися неприйнятним через занадто велику похибку. Тому використання визначеного вище розрахунку і його уточнення коефіцієнтним методом можливо тільки при виконанні оцінки холодопродуктивності побутового кондиціонера досвідченим фахівцем для простого випадку його установки в звичайній житловій кімнаті. При виконанні проектних робіт або у разі, що відрізняється від вищевказаного, необхідно використовувати для визначення тепло припливів через зовнішні і внутрішні стіни, стеля, підлога, скління світлових прорізів і теплоприпливів від внутрішніх джерел тепла чинні в Україні нормативні документи та довідкові джерела, узгоджені для використання проектними організаціями. У зв'язку з великою різноманітністю об'єктів, що вимагають кондиціонування повітря, нормативні документи не призводять жорсткого алгоритму (на відміну, наприклад, від розрахунку котлів) для розрахунку необхідної холодопродуктивності системи кондиціонування, обмежуючись методами і таблицями для розрахунку окремих видів теплоприпливів, допускаючи можливість адитивного підсумовування їх максимальних значень на момент максимальних теплоприпливів через світлові прорізи і в деякі інші моменти часу доби, за вибором проектанта. Такий розрахунок другого рівня.

Для деяких великих громадських приміщень при розрахунку теплоприпливів в стаціонарному режимі за сумою їх максимумів, адитивно сумованих за часом максимуму теплоприпливів через світлові прорізи, може бути отримана неприпустима помилка будь-якого знака. Наприклад, завищення холодопродуктивності системи кондиціонування для залу білліардної площею підлоги 200-300 м², розташоване у цокольному приміщенні, для залу показу мод в капітальній будівлі з тривалістю сеансу менше 1,5 годин, для великої заводської їдальні з піком чисельності відвідувачів в

обідній час або для складу зберігання фармакологічної продукції, в якому, за відсутності вікон, максимальний тепловий потік на зовнішні стіни доводиться на денні, а максимум теплового потоку від внутрішніх стін в приміщення на нічні години, коли зовнішня температура нижче, а холодопродуктивність системи кондиціонування вище.

Неприпустимо велике заниження необхідної потужності системи кондиціонування, при розрахунку по стаціонарній методикою, може бути допущено, наприклад, для ресторанного залу з капітальною зовнішньою стіною і вікнами південної орієнтації, що не працює в денні години в режимі ресторану, пік функціональної активності якого припадає на вечірні та нічні години.

Для зазначених вище і подібних випадків розрахунку холодопродуктивності для великих громадських приміщень, де ціна помилки може бути непринятною, потрібно використання методики розрахунку нестаціонарного режиму теплоприпливів протягом добового циклу. Виконання розрахунку за цією методикою назвемо «Розрахунок третього рівня». Резюмуючи, можна відзначити, що кожна методика має практичну нішу доцільного застосування.

Нами розглянута методика розрахунку необхідної холодопродуктивності кондиціонера, яка враховує теплову інерцію огорожень і повітря в приміщенні, нестаціонарність протягом добового циклу зовнішньої температури повітря, сонячної радіації, освітлення, тепловиділень людей, обладнання та інших джерел

Ця методика виконана в 2-х модифікаціях і дозволяє обґрунтовано вибрати холодопродуктивність системи кондиціонування, як правило меншу, ніж при традиційному розрахунку по максимуму теплових завантажень без урахування їх неспівпадання за часом доби і теплової інерції огорож. Особливо ефективно використання пропонованої методики для великих об'єктів, що працюють в яскраво вираженому нестаціонарному режимі: театри, заводські їдальні, конференц-зали та ін.

Нестационарні розрахунки при виборі комплектів обладнання кондиціонування і вентиляції житлових і громадських будівель будуть частіше використовуватися у міру зростання важливості та актуальності проблеми енергозбереження.

Розрахунок теплоприпливів в приміщення розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{пов}} = Q_{\text{огор}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{люд}} + Q_{\text{вип}}, \text{ кВт} \quad (1)$$

Для визначення продуктивності систем з урахуванням теплоінерційності приміщення розрахункові зміни теплоприпливів апроксимують правильними періодичними змінами (гармонійними, переривчастими або їх сумою).

Розрахункова кількість тепла надходить в приміщення, залежить від орієнтації будівлі і форми їх в плані. Гармонійні зміни теплоприпливів характеризують середніми за добу теплоприпливи

Q_{cp} , часом настання максимуму $Z_{Q_{макс}}$ і амплітудою A_Q :

$$A_Q = Q_{макс} - Q_{cp}. \quad (2)$$

Кількість теплоти, що надходить в приміщення через зовнішні стіни і перекриття площею $R_{от}$ – необхідний опір теплопередачі, ($m^2 K/Вт$), що характеризує ступінь теплового захисту огорожувальної конструкції [4,5].

Теплоприпливи через зовнішні стіни та перекриття визначаються залежностями

$$Q_{cm} = F_{cm} \left[K_{cm} \left(t_{н.ср} + \frac{\rho_{cm} J_{cp}^e}{\alpha_{нар}^e} - t_e \right) + \frac{\alpha_{вн}^e \beta_k}{\nu} \left(0,5 \theta_1 A_{ин.} + \frac{\rho_{cm} \theta_2 A_j}{\alpha_{нар}^e} \right) \right] \quad (3)$$

$$Q_{перек} = F_{перек} \left[K_{перек} \left(t_{н.ср} + \frac{\rho_{перек} J_{cp}^e}{\alpha_{нар}^e} - t_e \right) + \frac{\alpha_{вн}^e \beta_k}{\nu} \left(0,5 \theta_1 A_{ин.} + \frac{\rho_{перек} \theta_2 A_j}{\alpha_{нар}^e} \right) \right] \quad (4)$$

де K – коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни або перекриття, $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$ та дорівнює $K=1/R_o$.

Опір теплопередачі R_o , ($m^2 \cdot K$)/Вт, огорожувальної конструкції необхідно визначати за формулою з врахуванням конструкції стін:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_n} + R_k + \frac{1}{\alpha_{нар}}, \quad (5)$$

де R_k - термічний опір огорожувальної конструкції, ($m^2 \cdot K$)/Вт, визначається: для одношарової δ/λ . Термічний опір R_k , ($m^2 \cdot K$)/Вт, огорожувальної конструкції із послідовно розташованих однорідних шарів слід визначати як суму термічних опорів окремих шарів.

J_{cp} - середньодобова кількість теплоти сумарної (прямої і розсіяної сонячної радіації, що на поверхню стін або перекриттів. [5].

t_v - розрахункова температура повітря в приміщенні;

β_k - коефіцієнт, що враховує повітряний прошарок, $\beta_k=0,6$, без прошарку $\beta_k=1$;

ν - значення гасіння коливань температури зовнішнього повітря в конструкції стіни і перекриття,

$$\nu = 2^{\Sigma D} (0,83 + 3 \frac{\Sigma R}{\Sigma D}) (0,85 + 0,15 \frac{S_2}{S_1}) \quad (6)$$

$A_{ин}$ – середньодобова амплітуда коливань температури;

A_j – кількість теплоти, рівна різниці сумарної сонячної радіації в кожну годину (прямої і розсіяної)

$$J_{max} = J_{пр} + J_p \quad (7)$$

і середньої за добу сумарної сонячної радіації J_{cp}

$$A_j = [(J_{пр} + J_p) - J_{cp}]; \quad (8)$$

θ_1 – коефіцієнт гармонійної зміни зовнішньої температури визначається;

θ_2 – коефіцієнт гармонійної зміни температури внутрішньої поверхні

Всі ці показники визначаються з врахуванням запізнювання температурних коливань в огорожувальній конструкції

$$\varepsilon = 2,7 \cdot \Sigma D - 0,4. \quad (9)$$

III. АНАЛІЗ ПРИВЕДЕНИХ МЕТОДИК

Розглянуті методики розрахунку на реальних об'єктах. Аналіз відповідності результатів розрахунку третього рівня для магазину та кількості оплаченої електроенергії, використаної магазином, показало, що для цього магазину необхідна система кондиціонування холодопродуктивністю не менше 10,2 кВт. Для великих об'єктів з чітко вираженим нестационарним режимом функціонування процесі добового циклу доцільно виконати розрахунок третього рівня в двох модифікаціях.

Показаний вплив гармонійних змін температури огорожень для зовнішніх та внутрішніх стін. (рис 1, рис.2). Тим саме показний вплив цих змін.

Перша модифікація – це розрахунок погодинних теплоприпливів, що змінюються протягом добового циклу, друга – визначення необхідної погодинної холодопродуктивності системи кондиціонування для підтримки з необхідною точністю заданої температури в приміщенні об'єкта у робочі та неробочі години добового циклу. Наведені ці модифікації розрахунку для заводської їдальні по одним і тим же вихідним даним. Різниця результатів розрахунку максимальної середньодобової величини теплоприпливів по першій модифікації третього рівня і максимальної необхідної середньодобової холодопродуктивності, визначеної за методикою розрахунку другої модифікації третього рівня, що забезпечує необхідну точність підтримки заданої температури, складає в цьому випадку менш 1%.

За методикою другої модифікації показано, що якщо протягом 1,1 години з 12,1 до 13,2 годин допустити підвищення температури в обідньому залі до температури 29 °С при середньоінтегральному значенні в цей період 28,67°С, то можна знизити необхідну установочну холодопродуктивність системи кондиціонування з 61790 Вт до 55610 Вт або на 10%. Ця економія дозволить всього на кілька десятків (кВт год) знизити загальне електроспоживання всього об'єкта, але при цьому сумарне місячне споживання дозволить перейти в більш низьку категорію споживачів електроенергії, така економія має сенс. Якщо цього не станеться, але комфортний мікроклімат в їдальні погіршиться, то може бути така економія абсолютно недоцільна і призведе до втрат виручки їдальні при роботі в спекотні літні місяці.

ВИСНОВКИ

Приведена модель розрахунку теплоприпливів через огородження дозволяє врахувати вплив сонячної радіації та конструкції огорожень

Резюмуючи, необхідно ще раз підкреслити, що в різних випадках для різних об'єктів може бути обрана відповідна методика оцінки або розрахунку теплоприпливів в приміщення, але цей вибір, з урахуванням обов'язкових приписів нормативних документів і особливостей конкретного об'єкта.

Використання нами цієї методики при розробці та реалізації технічних рішень систем кондиціонування повітря дало високі результати. Практично в усіх випадках об'єм повітря, розрахований за цією методикою, забезпечував необхідний температурно-вологісний режим в приміщенні басейнів протягом усіх періодів року.

Використовуючи дані дослідження можливо підібрати систему кондиціонування, що дозволяє підтримувати параметри повітря, які мають важливе значення для здоров'я людей.

N. V. Zhikhareva

Odessa National Academy of Food Technologies, 112 Kanatnaya str., Odessa, 65039, Ukraine

CALCULATING FEATURES OF HEAT GAIN IN A AIR CONDITIONING ROOM

The paper deals with the calculation of heat gains especially in the design of air conditioning systems for buildings. The features of calculating the heat and humidity loads: calculation of heat gains through the fence taking into account the direct and scattered radiation in view of the delay and heat gains from various sources. According to research data, a comprehensive model for calculating air conditioning has been carried out including the determination of the optimum parameters; defining cost-effective insulation thickness; selection of the air conditioning system.

Keywords: heat and humidity loads; lag; solar radiation; air conditioning; air flow.

REFERENCES

1. **Perepeka, V. I., Zhikhareva, N. V. 2014.** The calculations of air conditioning and ventilation. Odessa «ТЭС», 240 p.
2. **Bogoslovskiy, V. N. 1998.** Three aspects of the creation of buildings with effective use of energy. AVOK, (3), 32-36.
3. **Zhikhareva N. V., Khmelniuk M. G. 2013.** Effectiveness increase for fruit and vegetables store cooling system. *M: Announcer of international academy of cold*, (4), 16-20.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Перепека В.И., Жихарева Н.В.** Расчеты систем кондиционирования и вентиляции. Одесса: «ТЭС», 2014. – 240 с.
2. **Богословский В.Н.** Три аспекта создания здания с эффективным использованием энергии // АВОК, 1998, — С. 32– 36.
3. **Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г.** Повышение эффективности системы охлаждения плодоовощехранищ // Вестник международной академии холода, 2013. – Вып 4. –С. 16 – 20.
4. **Белова Е.М.** Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами. 2003, 400 с.
5. **Хмельнюк М.Г., Жихарева Н.В., Ольшевська О.В.** Економічно-доцільна товщина ізоляції сучасних ізоляційних матеріалів плодоовочесховищ // Холодильна техніка та технологія, 2015. – Т.51, вип. 3. – С. 22 – 25.

Отримана в редакції 05.10.2015, прийнята до друку 03.11.2015

4. **Belova E. M. 2003.** Air conditioning systems with chillers and fan coils, 400 p.
- Khmelniuk, M., Zhikhareva, N., Olshevska, O. 2015.** Expedient-economic thickness of modern insulating material for fruit-vegetable warehouses. *Refrigeration Engineering and Technology*, 51(3), 22-25 (in Ukrainian) doi: 10.15673/0453-8307.3/2015.39270

Received 05 October 2015
Approved 03 November 2015
Available in Internet 25.12.2015