

ОРГАНІЗАЦІЯ ПОВІТРООБМІНУ В КУЛЬТОВИХ СПОРУДАХ, ПАМ'ЯТКАХ ІСТОРІЇ ТА АРХІТЕКТУРИ

Вирішення комплексної проблеми збереження та захисту пам'ятки архітектури базується на трьох аспектах:

- вивчення сучасного стану;
- проведення заходів по реставрації (консервації);
- створення оптимальних умов збереження.

Основними чинниками, що визначають швидкість фізико-хімічного старіння, можливість біологічного пошкодження, швидкість протікання фотохімічних реакцій в матеріалах і барвниках монументального живопису є температура, вологість та рухливість повітря.

Інтенсивність процесів тепломасопереносу в зовнішніх огороджуючих конструкціях будівлі, які зумовлюють його старіння, пов'язана зі зміною граничних умов, тобто зі зміною параметрів навколишнього середовища. Параметри зовнішнього повітря ми змінити не можемо, якщо тільки будівля не ізольована від навколишнього середовища, а параметри внутрішнього мікроклімату, при яких зберігається незмінність вологовмісту матеріалу (основний критерій його збереження) можна досягти двома шляхами.

Перший спосіб (його можна назвати статичним) — полягає в підтриманні постійних або змінюваних температур та відносної вологості повітря таким чином, щоб їх сполучення забезпечувало незмінний вологовміст матеріалу.

Другий (динамічний) спосіб — при виборі параметрів внутрішнього повітря передбачає мінімізацію потоків теплоти та вологи через певний шар огороження. В якості такого шару ми, звичайно, приймаємо внутрішню поверхню стін з розташованим на них монументальними живописом або декором [1]. Тобто необхідно змінювати внутрішню температуру та відносну вологість повітря таким чином, щоб “компенсувати” вплив зовнішнього клімату, тобто зменшити тепломасоперенос через огорожуючі конструкції.

Такий підхід, по-перше, дає змогу розглядати пам'ятку архітектури у взаємодії з навколишнім середовищем (кліматом даної місцевості), а по-друге, змінює поняття "огороджуючої конструкції". Ми повинні вже розглядати її не тільки як елемент, який забезпечує заданий мікроклімат приміщення, але і як об'єкт, що підлягає збереженню.

На стадії проектування та розробки систем забезпечення мікроклімату необхідно враховувати неоднакову товщину огороджуючих конструкцій по висоті будівлі, значні коливання надходження шкідливих випарів у внутрішній об'єм будівлі (кількість відвідувачів може відрізнятися у декілька разів).

На вибір систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря значний вплив має естетичне сприйняття та можливість розміщення систем у історичній пам'ятці. Тому кожна конкретна пам'ятка вимагає індивідуального підходу до систем забезпечення мікроклімату.

Системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря в культових спорудах, пам'ятках історії та архітектури повинні забезпечувати оптимальні параметри повітряного середовища в приміжових шарах біля внутрішніх поверхонь огорожень та створити допустимі санітарно-гігієнічні умови для відвідувачів та обслуговуючого персоналу.

Питання раціональної організації повітрообміну — одне з центральних питань вентиляції, від правильності його рішення залежить як виконання умов підтримки заданих параметрів повітря у приміщенні, так і економічність роботи системи.

В даний час відсутня єдина точка зору щодо організації повітрообміну в пам'ятках архітектури з фресками та мозаїкою.

Одні автори [2] пропонують подачу повітря у нижню зону та видалення з верхньої. Однак така організація повітрообміну призводить до нерівномірності розподілу температури та вологості в об'ємі будівлі та температурно-вологісного розшарування по висоті будівлі. Температура та вологість повітря у верхній зоні буде вищою ніж у нижній. Враховуючи, що товщина стін барабана купола значно менша ніж стін, виникає загроза випадіння конденсату на внутрішніх поверхнях огороджуючих конструкцій, і, як наслідок, відшарувань мозаїк, фарбувань на основі масляних фарб, деструкції матеріалів, з яких створено ці конструкції.

З нашої точки зору більш доцільна зональна схема організації повітрообміну з подачею та видаленням повітря на декількох рівнях приміщення. Такий підхід дає змогу забезпечувати потрібний температурно-вологісний режим в характерних об'ємах будівлі.

Оцінку ефективності організації повітрообміну прийнято робити за допомогою коефіцієнта повітрообміну, який являє собою безрозмірний

симплекс та зв'язує температури повітря — видаляючого, припливного та нижньої зони:

$$K_L = \frac{t_L - t_{in}}{t_{wz} - t_{in}}, \quad (1)$$

де t_L — температура видаляючого повітря; t_{wz} — температура нижньої зони; t_{in} — температура припливного повітря.

Розглянемо зональну схему організації повітрообміну у будівлі церкви.

Схему циркуляції повітря можна подати таким чином (рисунок): припливне повітря в кількості G_1 , надходить в нижню зону з температурою t_{in} , асимілює в ній тепловиділення Q_1 і приймає температуру нижньої зони $t_{нз}$; частина повітря в кількості $G_{нз}$ надходить з нижньої зони з температурою $t_{нз}$ на рециркуляцію. Залишкова частина повітря в кількості $(G_1 - G_{нз})$ перетікає у середню зону, куди подається припливне повітря в кількості G_2 з температурою t_{in} . Далі відбувається асиміляція відповідних теплонадлишків Q_2 , і повітря приймає температуру $t_{сз}$. Частина повітря в кількості G_{2L} з температурою $t_{сз}$ видаляється з середньої зони приміщення. Повітря у кількості $(G_1 - G_{нз} - G_{2L})$ з температурою $t_{сз}$, надходить у верхню зону, куди подається повітря в кількості G_3 . Відбувається асиміляція теплонадлишків Q_3 і температура повітря стає $t_{вз}$. Частина повітря $G_{вз}$ з температурою $t_{вз}$ йде на рециркуляцію, а інша частина видаляється з приміщення.

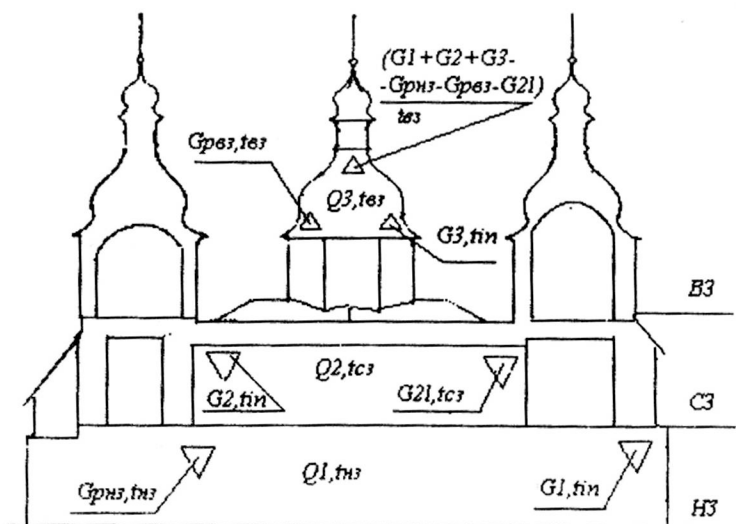


Рисунок. Зональна схема організації повітрообміну

Для розв'язання задачі використаємо підхід [3], [4], який базується на використанні наближених математичних моделей, що складаються з систем рівнянь збереження енергії, витрат та тиску. Розробка математичної моделі включає чотири етапи: виявлення розрахункової схеми теплообміну; складання системи рівнянь збереження теплоти та маси; приведення системи балансових рівнянь до розрахункового вигляду; постановка конкретної задачі і вирішення системи рівнянь.

Отже, складемо систему трьох балансових рівнянь для вищенаведеної схеми для трьох характерних об'ємів:

— нижня зона

$$c_p G_1 t_{in} + Q_1 = c_p G_{pнз} t_{нз} + c_p (G_1 - G_{pнз}) t_{нз}; \quad (2)$$

— середня зона

$$\begin{aligned} c_p (G_1 - G_{pнз}) t_{нз} + c_p G_2 t_{in} + Q_2 = \\ = c_p (G_1 + G_2 - G_{pнз} - G_{2L}) t_{сз} + c_p G_{2L} t_{сз}; \end{aligned} \quad (3)$$

— верхня зона

$$\begin{aligned} c_p (G_1 + G_2 - G_{pнз} - G_{2L}) t_{сз} + c_p G_3 t_{in} + Q_3 = \\ = c_p (G_1 + G_2 + G_3 - G_{pнз} - G_{pвз} - G_{2L}) t_{вз} + c_p G_{pвз} t_{вз}. \end{aligned} \quad (4)$$

Склавши окремо ліві та праві частини рівнянь (2) ... (4), отримаємо рівняння теплового балансу приміщення, що є перевіркою вірності складання рівнянь системи:

$$\begin{aligned} c_p (G_1 + G_2 + G_3) t_{in} + Q_1 + Q_2 + Q_3 = \\ = c_p (G_1 + G_2 + G_3 - G_{pнз} - G_{2L}) t_{вз} + c_p G_{pнз} t_{нз} + c_p G_{2L} t_{сз}. \end{aligned} \quad (5)$$

Отже, рівняння (5) є лінійною комбінацією рівнянь (2) ... (4) і може використовуватись при розв'язанні системи замість кожного з них, що іноді технічно зручніше. Розв'язуючи систему (2) ... (4), маємо:

$$t_{нз} = t_{in} + \frac{Q_1}{c_p G_1}; \quad (6)$$

$$t_{сз} = \frac{(G_1 - G_{pнз}) t_{нз} + G_2 t_{in}}{G_1 + G_2 - G_{pнз}} + \frac{Q_2}{c_p (G_1 + G_2 - G_{pнз})}; \quad (7)$$

$$t_{вз} = \frac{(G_1 + G_2 - G_{pнз} - G_{2L}) t_{сз} + G_3 t_{in}}{G_1 + G_2 + G_3 - G_{pнз} - G_{2L}} + \frac{Q_3}{c_p (G_1 + G_2 + G_3 - G_{pнз} - G_{2L})}. \quad (8)$$

Таким чином, температури в усіх характерних об'ємах приміщення знайдені. Наступна задача — виразити через ці температури параметри, що входять до складу шуканого виразу коефіцієнта повітрообміну.

Знайдемо температуру повітря, що видаляється з приміщення t_L , як середньозвагову по витратах повітря, що йде на рециркуляцію і видалення з середньої та верхньої зон:

$$t_L = \frac{G_{\text{рнз}} t_{\text{нз}} + G_{2L} t_{\text{сз}} + (G_1 + G_2 + G_3 - G_{\text{рнз}} - G_{2L}) t_{\text{вз}}}{G_1 + G_2 + G_3}. \quad (9)$$

З виразів (5) та (9) можна отримати формулу для розрахунку повітрообміну:

$$G_{\text{in}} = G_1 + G_2 + G_3 = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{c_p K_L (t_{\text{нз}} - t_{\text{in}})}. \quad (10)$$

Підставивши у формулу (10) вираз (6), отримаємо:

$$K_L = \frac{1 + (Q_2 + Q_3)/Q_1}{1 + (G_2 + G_3)/G_1}. \quad (11)$$

Аналізуючи вплив складових величин, що входять у вираз (11), легко помітити, що із загальної формули коефіцієнта повітрообміну при зональній подачі повітря можна отримати формулу для визначення коефіцієнта повітрообміну в окремих випадках.

Наприклад, якщо $G_2 = 0$ і $G_3 = 0$, то ми отримаємо вираз коефіцієнта повітрообміну для схеми з подачею повітря у нижню — та видалення з верхньої зон:

$$K_L = 1 + \frac{Q_2 + Q_3}{Q_1} = 1 + \frac{c_p (G_1 - G_{\text{рнз}}) (t_{\text{вз}} - t_{\text{нз}})}{Q_1}. \quad (12)$$

Із залежності (12) видно, що K_L завжди більше 1. Причому із збільшенням подачі повітря у нижню зону (G_1), а також при зростанні теплонадходжень Q_2 і Q_3 коефіцієнт ефективності зростає. Тобто забезпечення сталих температур по висоті приміщення при даній схемі неможливо.

Якщо визначити теплонадходження у нижню, середню та верхню зони з рівнянь (2), (3), (4) і підставити їх у формулу (10), ми отримаємо такий вираз коефіцієнта повітрообміну:

$$K_L = \frac{c_p G_1 (t_{\text{вз}} - t_{\text{in}})}{Q_1} - \frac{c_p G_{\text{рнз}} (t_{\text{вз}} - t_{\text{нз}})}{[1 + (G_2 + G_3)/G_1] Q_1} - \frac{c_p G_{2L} (t_{\text{вз}} - t_{\text{сз}})}{[1 + (G_2 + G_3)/G_1] Q_1}. \quad (13)$$

Для запобігання температурного розшарування по висоті будівлі K_L повинен дорівнювати 1. Це досягатиметься за рахунок регулювання подачі повітря у характерні зони приміщення. Необхідно враховувати, що збільшення подачі повітря у нижню зону призводить до збільшення значення коефіцієнта повітрообміну і відповідно до розшарування температур по висоті приміщення. Забір повітря на рециркуляцію з нижньої зони, видалення з середньої та відповідно подача повітря у середню та верхню зони дозволяє створювати необхідний температурний режим у характерних зонах приміщення, отже, значення K_L може, при відповідному співвідношенні цих параметрів, досягати значення менше 1.

Висновки

1. Розробка систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря в пам'ятках архітектури та історії потребує індивідуального підходу, який би враховував об'ємно-планувальні особливості споруди, тепло-технічні характеристики огорожуючих конструкцій та можливість розміщення інженерних комунікацій.

2. Найбільш доцільна зональна схема організації повітрообміну в об'ємі споруди. Такий підхід дозволяє створювати потрібний температурно-вологісний режим, який забезпечує мінімізацію потоків теплоти та вологи через зовнішні огорожуючі конструкції, та дозволяє створити допустимі умови для відвідувачів.

3. Найбільш ефективна схема з подачею повітря у верхню, середню і нижню та видаленням із середньої і верхньої зон та забором на рециркуляцію з нижньої зони.

Використана література

1. Сизов Б. Т. Теплофизические аспекты сохранения памятников архитектуры // АВОК. — 2002. — № 1. — С. 24—31.

2. Кронфельд Я. Г. Принципы устройства систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, тепло- и холодоснабжения в зданиях культовой архитектуры // АВОК. — 2000. — № 1. — С. 7—19.

3. Позин Г. М. Принципы аналитического определения коэффициентов воздухообмена. — В кн.: Исследование различных способов воздухообмена в производственных помещениях. — М. — 1975. — С. 43—53.

4. Позин Г. М. Принципы разработки приближенной математической модели тепловоздушных процессов в вентилируемых помещениях // Известия вузов. Строительство и архитектура. — 1980. — № 11. — С. 122—127.