

ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

УДК 65.011.12

DOI 10.31649/2311-1429-2020-1-93-99

В. В. Джеджула

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО МІКРОКЛІМАТУ ПРИ
РЕКОНСТРУКЦІЇ ІСТОРИЧНИХ БУДІВЕЛЬ ЗАКЛАДІВ
КУЛЬТУРИ

Вінницький національний технічний університет

В сучасних умовах значного поширення набуває практика реконструкції історичних будівель, зокрема театрів, філармоній, концертних залів. Такі будівлі мають значні кондиційовані об'єми та великі відкриті площі для розташування глядачів. Нормативна документація та умови сьогодення вимагають влаштування систем кондиціонування для забезпечення оптимальних умов перебування людей в даних приміщеннях. Практика та теорія вентиляування доводить, що приміщення великих об'ємів, як вищезазначені, потребують використання повітряного опалення для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату в холодний період року та охолодження повітря в теплий період року. Значна відмінність формування повітряного середовища в теплий і холодний період року і сформувала задачі дослідження та підтверджує їх актуальність.

В статті розглянуто підходи з формування енергоефективного мікроклімату приміщень закладів культури на прикладі реконструкції системи вентиляції Вінницького обласного українського музично-драматичного театру імені М. Садовського.

Формування енергоефективного мікроклімату громадських будівель культурного спрямування потребує детального розрахунку повітрообміну приміщень та схем повітророздачі. Використання правильних схем роздачі та видалення повітря, обробки повітря та автоматичного контролю дозволить значно підвищити енергоефективність процесу формування внутрішнього мікроклімату зазначених приміщень.

Ключові слова: енергозбереження, театр, кондиціонування, повітророзподілення

Вступ

На даний час значного поширення набуває практика реконструкції закладів культури, зокрема і таких, будівлі яких мають історико-культурну цінність. Дані будівлі, зазвичай, мають значні площі, виділені під місця для глядачів та великі кондиційовані об'єми, що потребують правильного розподілу повітря. Нормативна документація та вимоги сьогодення вимагають влаштування систем кондиціонування для забезпечення оптимальних умов перебування людей в приміщеннях. Практика та теорія вентиляування доводить, що приміщення великих об'ємів, як вищезазначені, потребують використання повітряного опалення для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату в холодний період року. Значна відмінність формування повітряного середовища в теплий і холодний період року і сформувала задачі дослідження та підтверджує їх актуальність.

Аналіз останніх публікацій

Питаннями, пов'язаними із розробкою енергоефективних систем розподілу повітря, зокрема закладів культури, присвячено незначну кількість робіт, зокрема [1-6]. Разом із тим, зі зростанням нормативних вимог до енергоефективності та комфортності перебування людей в зазначених приміщеннях, потребують детального розгляду питання визначення оптимальних схем розподілу повітря даних приміщень за умов суміщення охолодження повітря з повітряним опаленням, тобто формуванням комплексного кондиціонування повітря.

Метою статті є дослідження особливостей формування енергоефективного мікроклімату закладів культури на прикладі реконструкції системи вентиляції Вінницького обласного українського музично-драматичного театру імені М. Садовського.

Для вирішення даної мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Розглянути основні проблеми, що виникають при реконструкції історичних будівель закладів культури;
2. Охарактеризувати основні схеми подачі повітря в даних приміщеннях;
3. Сформуванати сукупність рекомендацій щодо формування енергоефективних систем вентиляції.

Результати дослідження

Формування комфортних мікрокліматичних умов в будівлях закладів культури, які мають історико-культурну цінність супроводжується з низкою проблем та перешкод, зокрема, до основних належать: необхідність збереження внутрішнього оздоблення та зовнішнього опорядження без змін; повна або часткова втрата документації на інженерні мережі; зношеність існуючих внутрішніх інженерних мереж, неточність архітектурних планів в частині каналів, підпілля та інших місць прокладання трубопроводів; можливе збільшення кількості посадочних місць, що вимагає збільшення витрати зовнішнього повітря та інше. Під час реконструкції системи вентиляції Вінницького обласного українського музично-драматичного театру імені М. Садовського (надалі театру) виявлено усі зазначеними вище проблеми. Історична будівля театру мала свою систему вентиляції, яка була запроектована під час будівництва і складалася з низки каналів з цегли та інших будівельних матеріалів точне трасування яких було не відоме. Для визначення призначення кожного з каналів здійснено пробне продування усіх каналів з визначенням місць витoku повітря та фіксацією кількості повітродозподільчих пристроїв, що припадає на кожен канал. Під час здійснення реконструкції заміні підлягало тільки зношене і застріле обладнання систем, вся система каналів повинна залишитися незмінною. Така умова вимагала вирішення зворотної задачі: підбір обладнання під існуючу мережу, моделювання втрати тиску в кожному з каналів та формування системи ефективного повітродозподілу.

Документації на існуючу систему вентиляції не зберіглося, тому з метою визначення фактичного аеродинамічного опору кожного вентиляційного каналу здійснено аеродинамічне моделювання, яке полягало у пробному пропусканні вентиляційного повітря через кожен канал, вимірюванні витрати, втрат тиску, повного тиску вентиляторі і побудові аеродинамічної характеристики кожного каналу. Такі дослідження були необхідні і з позиції того, що як виявилось в процесі вимірювань, деякі канали в певних місцях були обвалені і потребували ремонту (рис 1).



Рисунок 1 – Фото вентиляційних каналів під залом для глядачів театру до реконструкції

Після ремонту каналів визначалася їх фактична аеродинамічна характеристика, яка значно відрізнялась від теоретичної через зношеність і задовільний стан каналів, що дало можливість точно підібрати вентиляційне обладнання. Окрім необхідності безпосередньої реконструкції системи вентиляції перед нами постала задача у забезпеченні подачі зовнішнього повітря для збільшеної кількості глядачів, порівняно з існуючою ситуацією. Схема повітрообміну в приміщенні глядацької зали була класичною як для такого типу будівель: подача повітря здійснювалась через решітки вмонтовані у горизонтальні канали розміщені у верхній частині лож 1 і 2-го ярусу, а

також решітки вертикального каналу, що проходив через освітлювальні приміщення. Витяжка повітря здійснювалась через отвори сформовані у декоративній розетці в центрі якої розміщувалась люстра. Таким чином, повітря подавалося з нижньої і середньої зони в напрямку залу глядачів з лож, а витягувалось в крайній верхній точці залу під люстрою, рециркуляція відбиралася за допомогою решіток, розміщених в конструкції лож першого ярусу (рис 2).



Рисунок 2 – Фото вентиляційних пристроїв зали для глядачів театру до реконструкції

За часів до реконструкції система вентиляції театру виконувала роль повітряного опалення зали для глядачів, поставала задача більш складна, окрім повернення традиційного функціонального призначення, у залі необхідно було реалізувати систему центрального кондиціонування для забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов. Така задача вимагає двох кардинально протилежних підходів щодо роздачі повітря: повітряне опалення вимагає подачі повітря вниз безпосередньо у робочу зону, для уникнення піднімання повітря до витяжних отворів поза зоною обслуговування, тоді як кондиціонування вимагає подачу повітря організувати спочатку до верху, а потім холодне повітря самостійно опуститься до зони обслуговування. Якщо же подавати холодне повітря зразу у зону обслуговування, то в певних місцях прямого попадання струминки виникне локальне переохолодження, тоді як по центру зали буде спостерігатися недоохолодження, через те, що холодне повітря просто не попаде одразу в цю зону (рис 3). Але в деяких випадках, коли потрібно забезпечити максимальну дальнбійність і при достатній висоті розташування місця витоку струминки можливим є подача холодного повітря безпосередньо до робочої зони під певним кутом до горизонту.

Окрім заміни нерегульованих повітророзподільників на регульовані з можливістю регулювання витрати повітря (рис. 3), запропоновано здійснювати двічі на рік переналаштування орієнтації жалюзі розподільчих пристроїв, оскільки іншим способом вирішити проблему літнього дискомфорту було не можливо. Останньою задачею в циклі проектування повітророзподілу стало визначення розмірів розподільчих пристроїв за умов збереження їх історичних місць розташування, а відповідно, і кількості, а також кутів нахилу жалюзі в теплий і холодний період року.

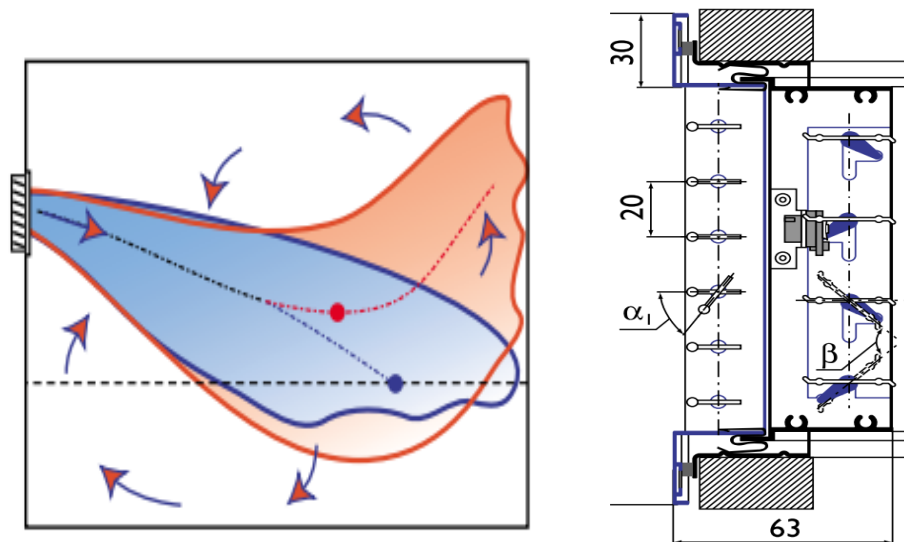


Рисунок 3 – Схема розвитку струминок холодного і теплого повітря та розріз повітророзподільного пристрою [3]

Подача повітря зверху вниз похилими струминками в науковій літературі має назву схеми повітророзподілу «Б». Для неізотермічної струминки горизонтальна координата точки попадання у робочу зону визначається методом графічної побудови кривої струминки, що описується рівнянням [2-5]:

$$y = x \cdot \operatorname{tg}(\alpha) \pm \frac{x^3}{3 \cdot H \cdot \cos^3(\alpha)} \quad (1)$$

де α – кут нахилу струминки, H – геометрична характеристика струминки.

Для компактної струминки геометрична характеристика визначається згідно рівняння:

$$H = \frac{\sqrt{T_\infty} \cdot m \cdot V_0 \sqrt{F_0}}{\sqrt{n \cdot \Delta t_0 \cdot g}} \quad (2)$$

де T_∞ – температура навколишнього середовища, К; m , n – швидкісна і температурна характеристики повітророзподільника; V_0 – швидкість в розрахунковому перерізі розподільника, м/с; F_0 – площа живого перерізу розподільника; Δt_0 – надлишкова температура при витоці припливної струминки, °С; $g=9.81$ м/с².

Відповідно до наведених рівнянь (1) і (2) було здійснено моделювання розвитку припливної струминки та визначено графічно точки входу струминки в робочу зону (рис. 4). Відповідно до рисунку 4 визначено, що холодна струминка опускається в робочу зону на відстані 9 м, тепла – 6 м, а підіймається на відстані 10 м, що повністю відповідає умовам експлуатації системи. Кут нахилу жалюзі у першому випадку (при кондиціонуванні) прийнято мінус 15°, при повітряному опаленні - мінус 40°. Для використання було прийнято розподільвачі з максимально можливою дальнобійністю стуминки: швидкісний і температурний коефіцієнти даного повітророзподільника відповідно становлять $m=9$, $n=7.7$. Такі параметри решітки дозволили сформувати струминку, яка досягне місць розміщення глядачів у залі.

Враховуючи той факт, що розвиток холодної струминки співпадає, а теплої не співпадає з дією сили гравітації було визначено коефіцієнти неізотермічності для коригування температури, швидкості. Для даної схеми роздачі повітря коефіцієнт взаємодії приймається рівним одиниці, а коефіцієнт стиснення прийнято з таблиці [3 с. 524] – 1.

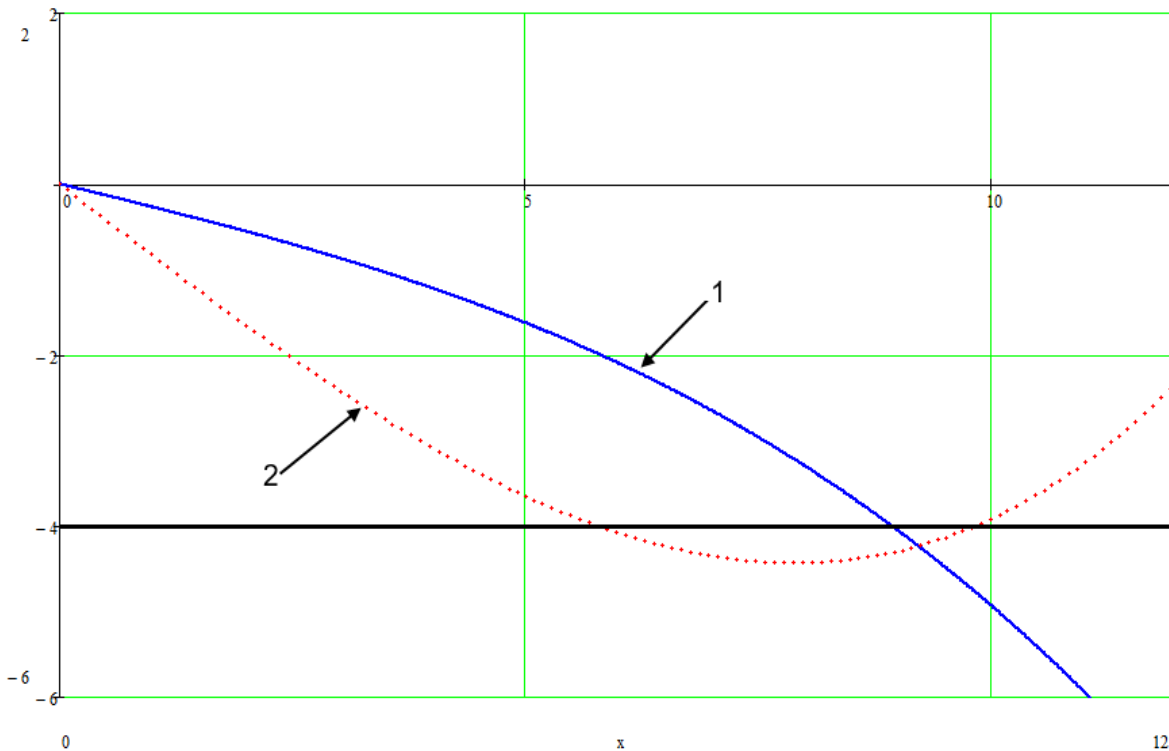


Рисунок 4 – Траскторії розвитку теплої і холодної струминки відповідно до результатів моделювання: 1 – холодна струминка, 2- тепла. Початок координат розміщено в місці влаштування решітки (ложі другого ярусу)

Коефіцієнт неізотермічності для коригування температури і швидкості розраховується за формулами [2-5]:

$$K_n^v = \cos(\alpha) \cdot \sqrt{\cos^2(\alpha) + \left[\pm \sin(\alpha) \pm \left(\frac{x}{H \cdot \cos(\alpha)} \right)^2 \right]^2} \quad (3)$$

$$K_n^t = 1 / \cos(\alpha) \quad (4)$$

Розрахунок параметрів струминки, а саме: швидкості руху і температурного перепаду з врахуванням коефіцієнтів неізотермічності, стиснення і взаємодії виявив дещо завищенні значення рухливості внутрішнього повітря в місці входу струминки в зону обслуговування відносно нормативних значень для оптимальних мікрокліматичних умов. Але, враховуючи, що поставала задача забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов протягом дванадцяти місяців на рік в цілому результати реконструкції та модернізації системи вентиляції театру можна визнати допустимими, а поставлену задачу – вирішеною. Незначне завищення рухливості не задає відвідувачам театру дискомфорту при перегляді вистав театру.

Висновки

Формування енергоефективного мікроклімату закладів культури при їх реконструкції потребує детального розрахунку повітродозаці у приміщенні. Збереження внутрішнього оздоблення та історично сформованих схем систем вентиляції потребує лише за мінімального втручання досягнути вирішення поставленої задачі, яка за вимогами сьогодення є набагато складнішою, ніж та, яка поставала при будівництві даного закладу. Незначні відхилення від вимог нормативних документів при формуванні повітряного середовища є неминучими і задача проектувальника полягає у максимально точному дослідженні існуючих систем та максимально повному забезпеченні необхідних параметрів повітря.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. К.: Мінрегіонбуд України, 2014.
2. Гримитлин М. И. Распределение воздуха в помещении. С-П.: Авок северо-запад, 2004. 337 с.
3. Указания по расчету и применению воздухораспределителей. Сайт компании Арктос. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arktoscomfort.ru/wp-content/Kat/air/katalog/2018/11.pdf>
4. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Под ред. Н. Н. Павлова, Ю. И. Шиллера. М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.
5. Краснов Ю. С. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию для производственных и общественных зданий. М.: Термокул, 2006. 288 с.
6. Кокорин О. Я. Современные системы кондиционирования воздуха. М.: Издательство физико-математической литературы, 2003. 272 с.
7. Дзеджула В. В. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2014. 347 с.

REFERENCES

1. DBN V.2.5-67:2013 (2014). Opalennja, ventyljacija ta kondycijuvannja povitlja. Kyjiv: Minregionbud Ukrajinu [in Ukrainian].
2. Gritmitlin, M. I. (2004) Raspredelenie vozduha v pomeshhenii. Sankt-Peterburg: Avok severo-zapad [in Russian].
3. Ukazanija po raschetu i primeneniju vozduhoraspedelitelej. Sajt kompanii Arktos. [Elektronnij resurs]. Rezhim dostupu: <https://arktoscomfort.ru/wp-content/Kat/air/katalog/2018/11.pdf>
4. Spravochnik proektirovshhika (1992). Vnutrennie sanitarno-tehnicheskie ustrojstva. Ch. 3. Ventiljacija i kondicionirovanie vozduha / Pod red. N. N. Pavlova, Ju. I. Shillera. Moskva: : Strojizdat [in Russian].
5. Krasnov, Yu. S. (2006) Sistemy ventilyatsii i konditsionirovaniya. Rekomendatsii po proektirovaniyu dlya proizvodstvennykh i obshchestvennykh zdaniy. Moskva: Termokul [in Russian].
6. Kokorin, O. Ya. (2003) Sovremennye sistemy konditsionirovaniya vozdukh. Moskva: Izdatel'stvo fiziko-matematicheskoy literatury [in Russian].
7. Dzhedzhula, V. V. (2014) Energhozberezhennja promyslovykh pidpryemstv: metodologhija formuvannja, mekhanizm upravlinnja : monoghrfija. Vinnycja : VNTU[in Ukrainian].

Дзеджула В'ячеслав Васильович – доктор економічних наук, професор, професор кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, e-mail:djedjulavv@gmail.com, ORCID 0000-0002-2740-077

V. Dzhedzhula

SECURING EFFICIENTLY MICROCLIMATE DURING RECONSTRUCTION OF HISTORICAL CULTURE ENTERPRISES BUILDINGS

Vinnitsia National Technical University

In modern conditions, the practice of reconstructing historical buildings, in particular theaters, philharmonic halls, and concert halls, is becoming widespread. Such buildings have significant amounts of air conditioning and large open areas for the location of spectators. Regulatory documentation and increased requirements for operating conditions require increased attention to the installation of air conditioning systems to ensure optimal conditions for people to stay in these rooms. The practice and theory of ventilation proves that the premises of large facilities, as mentioned above, require the use of air heating to ensure normalized microclimate parameters in the cold season and air cooling in the warm season. A significant difference in the formation of the air in the warm and cold season and formed the research objectives and confirms its relevance

The article considers approaches to the formation of an energy-efficient microclimate in the premises of cultural institutions by the example of the reconstruction of the ventilation system of the Vinnitsa Regional Ukrainian Music and Drama Theater named after N. Sadovsky.

The formation of an energy-efficient microclimate of public buildings of a cultural orientation requires a detailed calculation of indoor air exchanges and air distribution schemes. The use of the correct schemes of distribution and removal of air, air processing and automatic control will significantly increase the energy efficiency of the process of forming the internal microclimate of these rooms.

Keywords: energy saving, theater, air conditioning, air distribution

Dzhedzhula Viacheslav – doctor of economics, professor, professor of the department of engineering systems at building, Vinnitsa National Technical University, e-mail: djedjulavv@gmail.com.

В. В. Джеджула

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО МИКРОКЛИМАТА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ КУЛЬТУРЫ

Винницкий национальный технический университет

В современных условиях значительное распространение получает практика реконструкции исторических зданий, в частности театров, филармоний, концертных залов. Такие здания имеют значительные объемы кондиционирования и большие открытые площади для расположения зрителей. Нормативная документация и повышенные требования к условиям эксплуатации требуют повышенного внимания к устройству систем кондиционирования для обеспечения оптимальных условий пребывания людей в данных помещениях. Практика и теория вентилирования доказывает, что помещения крупных объектов, как вышеупомянутые, требуют использования воздушного отопления для обеспечения нормированных параметров микроклимата в холодный период года и охлаждения воздуха в теплый период года. Значительное различие формирования воздушной среды в теплый и холодный период года и сформировала задачи исследования и подтверждает ее актуальность.

В статье рассмотрены подходы к формированию энергоэффективного микроклимата помещений учреждений культуры на примере реконструкции системы вентиляции Винницкого областного украинского музыкально-драматического театра имени Н. Садовского.

Формирования энергоэффективного микроклимата общественных зданий культурной направленности требует детального расчета воздухообменов помещений и схем воздухооборота. Использование правильных схем раздачи и удаление воздуха, обработки воздуха и автоматического контроля позволит значительно повысить энергоэффективность процесса формирования внутреннего микроклимата указанных помещений.

Ключевые слова: энергосбережение, театр, кондиционирование, воздухооборота.

Джеджула Вячеслав Васильевич – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры инженерных систем в строительстве, Винницкий национальный технический университет, email: djedjulavv@gmail.com.