

РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНОГО ПОВІТРООБМІНУ ДЛЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Анотація

В роботі проаналізовано основні проблеми забезпечення нормативних повітрообмінів у приміщеннях громадських будівель. Запропоновано скориговані значення питомої витрати зовнішнього повітря на одну людину для типових офісних приміщень, що дозволить зменшити споживану потужність на нагрів повітря та підвищити енергетичну ефективність систем, зокрема одного з показників, що її характеризують – питому вентиляційну потужність SFP.

Ключові слова: вентиляція, продуктивність, повітрообмін, вуглекислий газ, енергоефективність

Annotation

The main problems of regulatory air exchange in public buildings are analyzed. Corrected values of the specific ambient air flow per person for typical office space are proposed, which will reduce the power consumption for heating the air and increase the energy efficiency of the systems, in particular one of its characteristics - the specific ventilation power of the SFP.

Keywords: ventilation, productivity, air exchange, carbon dioxide, energy efficiency

Вступ

Системи вентиляції відносять до найбільш енергоємних внутрішніх інженерних мереж і за значних повітрообмінів споживання теплової і електричної енергії можуть у рази переважати споживання енергії системами опалення. Однією з найголовніших характеристик інженерної мережі є загальна витрата повітря, а у приміщенні - повітрообмін. Нормативами заборонено зниження продуктивності систем відносно мінімально-допустимих значень, тоді як завищення продуктивності також має ряд значних наслідків, в першу чергу енергетичних. Зважаючи на значне розповсюдження у практиці будівництва громадських будівель постає задача дослідження основних проблем вентиляції приміщень офісного типу.

Питання вентиляції приміщень розглядаються в значній кількості наукових публікацій і нормативних документів. Зокрема, основні вимоги до систем вентиляції наведені у нормативних документах ДБН В. 2.5-67:2013 [1], ДСТУ Б А.3.2-12:2009 [2]; питанням енерго- збереження в системах вентиляції і кондиціонування приділяється значна увага у роботах [3-5]; загальні питання вентиляювання розглянуті у [6-8]. Але не вирішеними залишаються питання обґрунтування повітрообміну приміщень громадських будівель за умов мінімізації витрат енергії за умови дотримання нормативних значень концентрації вуглекислого газу у внутрішньому повітрі.

Метою роботи є формування рекомендацій щодо мінімізації витрат енергії на основі дослідження динаміки концентрації вуглекислого газу у повітрі типового офісного приміщення за різних способів вентиляювання для формування.

Виклад основного матеріалу

Діапазон нормативних витрат зовнішнього повітря залежно від рівня забрудненості внутрішнього повітря та вибраних умов мікроклімату регулюється державними будівельними нормами [1,2]. Такий підхід дозволяє проектувальнику самостійно обирати необхідну продуктивність систем вентиляції громадських будівель в межах допустимих діапазонів, що забезпечує зменшення енергоспоживання систем вентиляції, теплового навантаження на систему кондиціонування і опалення.

Досягнення проектних витрат потребує комплексу заходів направлених на вимірювання параметрів мережі та обладнання і визначення шляхів усунення можливих проблем. Пускові і налагоджувані роботи систем вентиляції передбачають індивідуальні і комплексні випробовування однією з умов проведення яких є налагодження на проектні витрати повітря. Основними причинами можливих проблем при налагодженні систем можуть бути:

- помилки проектних рішень – неправильно виконаний аеродинамічний розрахунок мережі, невірно підібране обладнання, не враховані у проекті пристрої для балансування мережі та інше;
- відхилення від проектних рішень на стадії монтажу, що здійснюються монтажними організаціями самостійно, або за вимогою замовника;
- відсутність компетентних фахівців з налагодження мереж, необхідного вимірювального обладнання у налагоджувальній організації.

Найбільш розповсюдженими проблемами, пов'язаними з продуктивністю систем за налагодження систем вентиляції є: неможливість досягнути загальної проектної витрати повітря, неможливість досягнути проектного розподілу витрати повітря у мережі, завищення продуктивності в цілому або у окремих гілках системи.

Витрата повітря у системі повинна відповідати проектному значенню. У випадку, коли у проекті вірно підібрано вентиляційне обладнання, основними причинами зниження продуктивності можуть бути відхилення від проектних рішень, додаткові елементи системи, що внесені з метою врахування особливостей прокладання мережі повітроводів монтажною організацією, значне забруднення фільтру, калориферу, розподільчих пристроїв і повітроводів під час проведення монтажу, використання обладнання та елементів системи, що подібні але не аналогічні за характеристиками проектним. Вводити в експлуатацію системи, у яких не досягнуто проектних значень продуктивності заборонено. Більшість з вищезначених проблем можна вирішити: забрудненість елементів мережі – чищенням, збільшення опору мережі – розвантаження її, наприклад заміною окремих ділянок. Значну увагу необхідно приділити повітряозабірним і викидним пристроям, де часто спостерігаються значні втрати тиску. Вирішення проблем пов'язаних з відхиленням від проектних рішень можна здійснити тільки шляхом виправлення допущених помилок: внесенням змін у проект та заміни елементів вентиляційних мереж.

Мінімальні витрати зовнішнього повітря для офісних приміщень регламентуються Державними будівельними нормами ДБН В 2.5-67:2013 [1] та визначаються за формулою:

$$L_{\min} = n \cdot q_p + S \cdot q_B \quad (1)$$

де n – кількість людей у приміщенні, чел.;

q_p – мінімальна витрата зовнішнього повітря на одну людину, $\text{дм}^3/(\text{с} \times \text{людина})$;

q_B – мінімальна витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень, $\text{дм}^3/(\text{с} \times \text{м}^2)$;

S – площа приміщення, м^2 .

В процесі надходження в приміщення, зовнішнє повітря асимілює надлишкову вологу, тепло, вуглекислий газ, запахи та інші шкідливості. Сучасні офісні приміщення характеризуються значною різноманітністю значень щільності офісних працівників. За проектування систем вентиляції зі змінним режимом роботи згідно [1, с. 133] за фактичною потребою слід враховувати допустимий рівень CO_2 у приміщенні. Витрата повітря може змінюватися в межах від максимальної до мінімальної визначеної норми, проте у період використання приміщення слід забезпечувати щонайменше мінімальну витрату повітря. Якщо офісне приміщення експлуатується певний час, то, зазвичай, концентрація будівельних забруднень у ньому мінімальна. Основними шкідливостями, що наявні у приміщеннях офісного типу є вуглекислий газ, який у великій концентрації є шкідливим для здоров'я, надлишкове тепло і волога.

У багатьох офісних приміщеннях вентиляція приміщень відбувається лише за допомогою природної витяжної вентиляції що компенсується інфільтрацією, неефективно працюючої механічної витяжної або припливно-витяжної вентиляції.

Диференціальне рівняння, що характеризує баланс вуглекислого газу у повітрі приміщення у будь-який період часу можна представити у вигляді [8]:

$$L \cdot c_p dt + B dt - L \cdot c dt = W dc \quad (2)$$

де c_p – концентрація CO_2 в повітрі малих і середніх міст, приймається $0,4 \text{ л/м}^3$;

B – надходження вуглекислого газу від одного офісного працівника, 23 л/час [8];

L – повітрообмін у приміщенні, $\text{м}^3/\text{год}$;

W – об'єм приміщення, м^3 ;

t – час, годин.

Розв'язок диференційного рівняння (2) дозволяє розглянути динаміку концентрації CO_2 у приміщенні офісу за умов природної вентиляції та механічної з нормованими повітрообмінами. На рис. 1 наведено результати розрахунку зміни концентрації CO_2 з часом у повітрі робочої зони типового офісного приміщення площею 30 м^2 та висотою 3 м за різних умов експлуатації. Криві 1 і 2 характеризують зростання концентрації вуглекислого газу при відсутності механічної вентиляції при шести і трьох працівниках відповідно. Обмін повітря відбувається за рахунок інфільтрації і природної вентиляції в обсязі $0,5 \text{ год}^{-1}$.

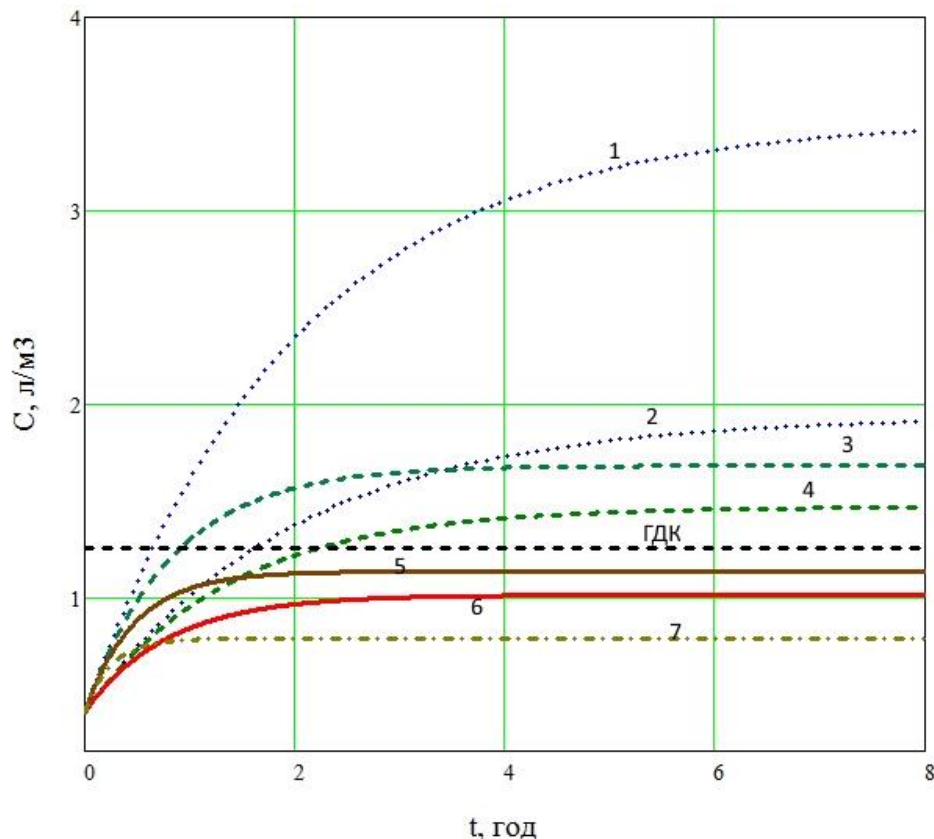


Рис. 1. Динаміка зміни концентрації вуглекислого газу у повітрі робочої зони офісного приміщення об'ємом 90 м^3 в залежності від виду систем вентиляції та розрахункового повітрообміну (розроблено автором)

Як видно з рис.1, при шести працюючих перевищення $\text{ГДК} = 1,25 \text{ л/м}^3$ відбудеться через 40 хвилин від початку роботи, а при трьох працюючих – приблизно через 1,5 години. Таким чином можна стверджувати, що практика відмови від механічної вентиляції офісних приміщень із звичайною і ущільненою наповненістю ($10 \text{ м}^2/\text{людина}$ і $5 \text{ м}^2/\text{людина}$) як мінімум з позиції перевищення концентрації CO_2 є недопустимою.

Криві 3 і 4 характеризують динаміку зміни концентрації вуглекислого газу за умов мінімально-допустимого повітрообміну згідно ДБН В 2.5- 67:2013 [1] при $q_p = 4 \text{ дм}^3/(\text{с}\times\text{людина})$, $q_v = 0,2 \text{ дм}^3/(\text{с}\times\text{м}^2)$ при відповідно 6 і 3 працюючих. Час досягнення ГДК хоча і більший, ніж у попередньому випадку, але все одно перевищення ГДК відбувається відносно швидко. При трьох працюючих за 2,2 години, при шести – за одну годину.

Влаштування оптимального повітрообміну у приміщенні офісу при $q_p = 7 \text{ дм}^3/(\text{с}\times\text{людина})$, $q_v = 0,35 \text{ дм}^3/(\text{с}\times\text{м}^2)$ дозволить забезпечити концентрацію вуглекислого газу протягом всього періоду роботи нижче ГДК для обох випадків наповненості приміщення – криві 5 і 6. Для порівняння розглянемо криву 7, яка характеризує зміну концентрації CO_2 при повітрообміні за санітарними нормами, що регламентувалися скасованим БНіП 2.04.05 – $60 \text{ м}^3/\text{год}$ на одну людину. Даний повітрообмін забезпечить ще нижчу концентрацію CO_2 у приміщенні, але і більші витрати енергії на

підігрів і охолодження повітря. Багато існуючих систем вентиляції працюють з продуктивністю, визначеною згідно застарілих вимог БНіП.

Оптимальним з позиції енергозбереження є повітрообмін з кривою концентрації вуглекислого газу асимптотично наближеною до прямої ГДК. При нормі площі на одного працюючого 10 м^2 та дуже низькому забрудненню повітря будівлі даним рекомендаціям відповідають значення $q_p^1 = 4,3 \text{ дм}^3/(\text{с}\times\text{людина})$, $q_v = 0,35 \text{ дм}^3/(\text{с}\times\text{м}^2)$

Коригування проектної продуктивності систем вентиляції в залежності від концентрації CO_2 сприятиме досягненню нормативного значення питомої вентиляційної потужності для будівлі чи системи – SFP [1,7]. Типове значення цього показника для систем вентиляції повинно складати $\text{SFP}=3$, що відповідає діапазону $750\dots1250 \text{ Вт}/(\text{м}^3/\text{с})$.

Висновки

Таким чином, основні проблеми забезпечення нормативних повітрообмінів у приміщеннях громадських будівель спостерігаються на стадії налагодження систем і пов'язані з проектними та монтажними помилками або низькою кваліфікацією фахівців з налагодження систем.

На відміну від скасованих нормативних документів діючі нормативні вимоги до повітрообмінів офісних приміщень дозволяють варіювати у певному діапазоні зовнішнього повітря, що надає більше можливостей до зростання енергоефективності вентиляційних систем і досягнення нормативних показників енергоспоживання.

Досліджено наслідки формування нормативних повітрообмінів у офісних приміщеннях за критерієм концентрації CO_2 у внутрішньому повітрі. Запропоновано скориговані значення питомої витрати зовнішнього повітря на одну людину для типових офісних приміщень, що дозволяє мінімізувати витрату зовнішнього повітря за умови не перевищення ГДК концентрації CO_2 у внутрішньому повітрі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В 2.5-67:2013. – Мінрегіон України. – К. : 2013. – 146 с.
2. Системи вентиляційні. Загальні вимоги: ДСТУ Б А. 3.2 – 12: 2009 – К. : Мінрегіонбуд України. – 2010. – 8 с.
3. Джеджула В. В. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління : моногр. / В. В. Джеджула. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 346 с.
4. Вахвахов Г. Г. Энергосбережение и надежность вентиляторных установок / Г. Г. Вахвахов. – М.: Стройиздат, 1989. – 176 с.
5. Фаренюк Г. Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій : монографія / Г. Г. Фаренюк. – К. : ГАМА Принт. – 2009. – 216 с.
6. Краснов Ю. С. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию для производственных и общественных зданий / Ю. С. Краснов. – М.: Техносфера. – 2006. – 288 с.
7. Павленко В. А. Показатель потребления электроэнергии SFP для оценки затрат на работу системы вентиляции и климатизации / В. А. Павленко // Вестник МГСУ. – 2009. – № 3. – С. 150-155.
8. Строй А. Ф. Расчет и проектирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха / А. Ф. Строй, В. В. Колодяжный. – К.: Феникс, 2013. – 344 с.

Джеджула В'ячеслав Васильович — доктор економічних наук, професор, професор кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email:djedjulavv@gmail.com

Viacheslav V. Dzhezdzhula – Doctor of Economics, Professor, Department of Engineering systems in construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail:djedjulavv@gmail.com