

ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

УДК 65.011.12

DOI 10.31649/2311-1429-2023-2-185-189

В. В. Джеджула

ОСОБЛИВОСТІ ВЛАШТУВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЇ В ЗАХИСНИХ СПОРУДАХ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Вінницький національний технічний університет

За умов збройної агресії надзвичайно нагальним є забезпечення безпеки цивільного населення. Для цього використовуються різного типу споруди: найпростіші укриття, протирадіаційні укриття, сховища і споруди подвійного призначення. Будівля даних споруд повинні бути обладнані різноманітними системами внутрішніх інженерних мереж з метою забезпечення життєдіяльності людей. З введенням у дію оновленого ДБН В 2.2.-5:2023 [1] значно посилюються вимоги і до інженерного забезпечення даних споруд. Метою статті є аналіз особливостей влаштування інженерних систем в даних спорудах, зокрема систем вентиляції, надання рекомендацій щодо окремих випадків влаштування систем вентиляції та кондиціонування.

У статті розглянуто нормативні вимоги щодо влаштування систем вентиляції в найбільш поширених на даний час спорудах цивільного захисту – протирадіаційних укриттях і спорудах подвійного призначення з властивостями ПРУ. Шляхом розв'язання диференційного рівняння розраховано концентрації вуглекислого газу в приміщеннях знаходження людей в залежності від режиму роботи вентиляції: нормальному, резервному і аварійному, визначено, що в усіх випадках концентрація не перевищує критичного значення. Дано рекомендації щодо конструювання систем вентиляції даних будівель, розглянуто особливості вентиляювання і охолодження приміщень дизельних електричних станцій резервного постачання енергії. Виявлено, що при значних потужностях ДЕС влаштування вентиляції для охолодження стає конструктивно складним. Запропоновано шляхи вирішення даної проблеми. Рекомендовано для великих ПРУ і СПП влаштувати дві вентиляційні камери з окремими повітрозаборами. Це дозволить зменшити ризики забруднення припливного повітря і запобігти зростанню у ньому концентрації вуглекислого газу при пожежах біля споруд цивільного захисту.

Ключові слова: захисні споруди цивільного захисту, внутрішні інженерні мережі, ПРУ, сховище.

Вступ

Перебування людей в захисних спорудах цивільного захисту (СЦЗ) повинно відповідати вимогам безпеки. З позиції внутрішнього мікроклімату безпека характеризується сукупністю параметрів: внутрішньої температури, рівня вуглекислого газу, кількості зовнішнього повітря на одну особу, концентрації CO і CO₂, відносної вологості і рухливості повітря. Особлива увага приділяється мікроклімату СЦЗ медичних установ, приміщень для розміщення вагітних жінок та дітей до 11 років. На даний час найбільшого поширення набуває нове будівництво споруд подвійного призначення (СПП) з захисними властивостями протирадіаційних укриттів (ПРУ). Це пов'язано з тим, що в умовах небезпек, які можуть загрожувати цивільному населенню на територіях, де не ведуться активні бойові дії, захисні властивості сховищ можуть бути надлишковими, а вартість їх спорудження набагато вища за спорудження ПРУ чи СПП. В спорудах цивільного захисту передбачається знаходження десятків або сотень людей одночасно, серед яких можуть бути ослаблені, хворі і діти. Забезпечення їм мінімально необхідного повітряного середовища для перебування під час небезпеки є надзвичайно важливою задачею. Незважаючи на те, що певні питання вимог до якості повітря і вентиляції СЦЗ були розглянуті у нормативній і науковій літературі [1-7], низка питань залишається не вирішеною.

Метою статті є аналіз особливостей влаштування систем вентиляції в спорудах цивільного захисту, надання рекомендацій щодо вирішення окремих проблем, які виникають при проектуванні.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Розглянути основні вимоги до систем вентиляції СПП та ПРУ;
2. Охарактеризувати головні проблеми при вентиляюванні приміщень основних приміщень перебування людей та шляхи вирішення цих проблем;
3. Охарактеризувати проблеми та шляхи їх вирішення при вентиляюванні приміщень дизельгенераторних.

Основна частина

Розрахунковий час перебування людей в спорудах цивільного захисту складає 48 годин [1]. За цей час дана споруда повинна захистити людей від дії іонізуючого випромінювання та радіоактивного забруднення, дії повітряної ударної хвилі та проникнення уламків засобів звичайного ураження, від дії високих температур та продуктів горіння при пожежах. Вентиляція в ПРУ та СПП повинна передбачатися з механічним спонуканням, причому довжина траси для систем з електроручними

вентиляторів не повинна перевищувати 30 м, а з електроприводами - 50 м. Така особливість трасування вимагає влаштування мінімум двох вентиляційних в різних кінцях приміщення для великих за площею, або витягнутих ПРУ та СПП. Дана рекомендація є корисною і з позиції розподілу людей у випадку необхідності запуску електроручних вентиляторів.

Параметри мікроклімату в приміщеннях СЦЗ повинні дотримуватися на рівні оптимальних вимог при рівні важкості роботи Іа, при цьому нормативом [1] регламентуються гранично допустимі параметри, які не можна порушувати. Зокрема, для кліматичних районів з розрахунковою температурою зовнішнього повітря вище +25 С граничні параметри мікроклімату наступні: внутрішня температура максимальна +29 С, максимальна відносна вологість 70 %, максимальна рухливість повітря 0,1 м/с, концентрація CO₂ не більше 3 % по об'єму, СО – не більше 50 мг/м³, інші характеристики наведено у таблицях 11.2 і 11.4 ДБН В 2.2-5. Потрібно зазначити, що рівні оксиду і діоксиду вуглецю нормуються для режиму регенерації, коли в приміщення укріття подається мінімально допустима кількість повітря – повністю рециркульованого при третьому режимі вентиляції. Для режимів чистої вентиляції і фільтровентиляції нормоване значення концентрації вуглекислого газу необхідно брати з [2].

При проектуванні треба враховувати, що у оновленому ДБН [1] введені обмеження щодо мінімальної кратності повітрообміну в приміщеннях, зокрема при новому будівництві мінімальна кратність складе 6 год⁻¹.

За наявності автономного захищеного джерела живлення або дизельної електростанції дозволяється використання вентиляторів тільки з електроприводом, при цьому повинна бути передбачена резервна вентиляція з розрахунку 3 м³/год на людину. Обов'язковою вимогою стало використання фільтрів з аеродинамічним опором не менше 5 Н/м² та противибухових пристроїв. Певну складність викликає дотримання вимоги щодо розрахунку кількості зовнішнього повітря за формулою 11.1 ДБН В 2.2-5, тобто на асиміляцію теплонадлишків для приміщень, де знаходяться вагітні жінки і діти до 11 років. Наприклад, для приміщень, де одночасно може знаходитись 1000 осіб - дітей до 11 років з дорослими і допустима внутрішня температура в режимі чистої вентиляції +27 С, розрахунковий повітрообмін за формулою 11.1 для зовнішніх умов м. Вінниці складе близько 30 000 м³/год для асиміляції всіх теплонадлишків - від людей, освітлення і обладнання. Для того, щоби не подавати такої значної кількості повітря нормами [1] дозволяється влаштування локальних спліт кондиціонерів.

Також для зменшення навантаження на автономне джерело електричної енергії допускається використовувати для охолодження воду з баків або зі свердловин. Свердловини рекомендується влаштовувати для сховищ і ПРУ близько АЕС, в інших місцях охолодження здійснюється переважно водою з баків. Однією з найголовніших проблем при вентиляванні приміщень СЦЗ є забезпечення нормованих параметрів повітряного середовища. Одним з найкритичніших показників є рівень концентрації вуглекислого газу, значення якого змінюється з часом і залежить від кількості людей, що одночасно перебувають у приміщенні, їх активності, об'єму приміщення, продуктивності вентиляції і початкової концентрації CO₂ в зовнішньому повітрі.

Диференційне рівняння, що характеризує баланс вуглекислого газу у повітрі приміщення у будь-який період часу можна представити у вигляді [2]:

$$L \cdot c_p dt + Bdt - L \cdot cdt = Wdc \quad (1)$$

де c_p – концентрація CO₂ в повітрі малих і середніх міст, приймається 0,4 л/м³;

B – надходження вуглекислого газу від одної людини, що знаходиться в укрітті, л/год;

L – повітрообмін у приміщенні, м³/год;

W – об'єм приміщення, м³;

t – час, годин.

Для максимально довгого перебування людей в приміщенні ПРУ без наслідків для здоров'я при зростанні концентрації CO₂ потрібно або мінімізувати кількість людей, або максимально збільшити об'єм приміщення, або збільшити повітрообмін. Збільшення розмірів СЦЗ призведе до значного зростання її вартості, площа на кожну людину, що укривається нормована, теж саме стосується і вентиляції. Згідно до [1] мінімальна кількість повітря, що подається на одну особу складає 10 або 11 м³/год в залежності від кліматичного району, резервна вентиляція для ПРУ складає 3 м³/год на людину. Кількість вуглекислого газу, що виділяється від людей у стані спокою, в середньому складає 13 л/год, а вже при переміщенні людей і виконанні легкої роботи – 15...30 л/год. Таким чином, для максимально довгого збереження рівня концентрації вуглекислого газу в межах норм потрібно забезпечити мінімальну активність перебуваючих в ПРУ людей, особливо при роботі резервної вентиляції. Розв'язок рівняння 1 дозволяє визначити концентрації CO₂ в приміщенні в різні періоди часу. На рисунку 1 зображено графічні залежності концентрації діоксиду вуглецю в повітрі основної зали ПРУ

для реально проектуємо об'єкту на 1000 осіб. Подача повітря здійснюється за двома режимами – основний $11 \text{ м}^3/\text{год}$ і резервний $3 \text{ м}^3/\text{год}$ на людину. Об'єм приміщення 2500 м^3 .

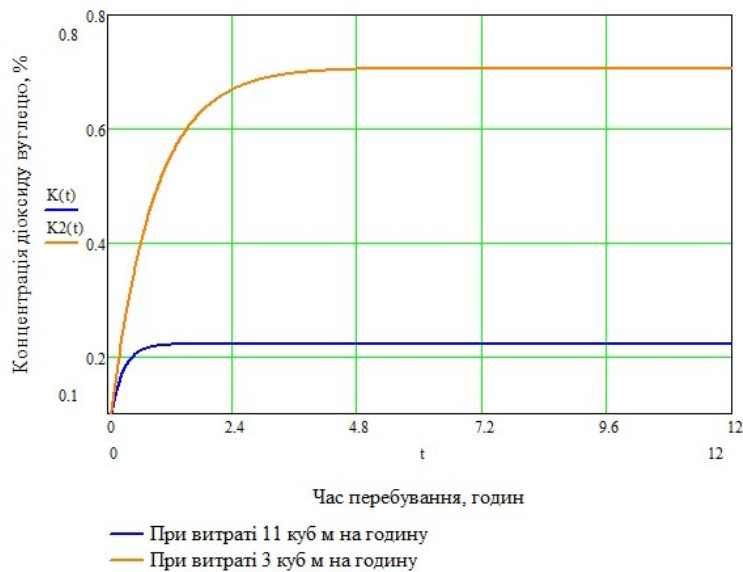


Рисунок 1 – Динаміка концентрації діоксиду вуглецю в повітрі основної зали ПРУ за двох режимів вентиляції

У випадку зменшення витрати повітря до критично малої в $1 \text{ м}^3/\text{год}$ на людину, наприклад в наслідок поломки частини вентиляторів, концентрація CO_2 набуде насичення на межі значення 2% за 10 годин, що є досить великим, але не перевищує критичного значення в 3% (рис. 2).

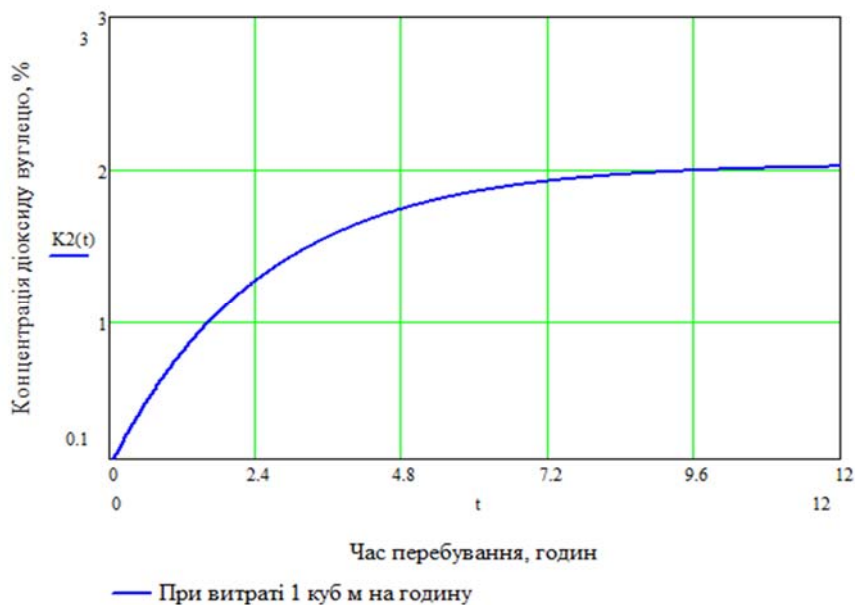


Рисунок 2 Динаміка концентрації діоксиду вуглецю в повітрі основної зали ПРУ за витрати $1 \text{ м}^3/\text{год}$ на людину

Однією з загроз, що може нести зовнішнє середовище є збільшення концентрації CO_2 в зовнішньому повітрі в наслідок горіння, пожеж. Зменшити рівень цієї загрози також дозволяє влаштування двох вентиляційних камер в різних кінцях будівлі ПРУ або СПП. У такому випадку ймовірність того, що в повітрязабори попаде дим одночасно значно зменшується.

Як видно з рисунків 1 і 2 в жодному випадку не відбувається перевищення критичної межі концентрації для приміщень ПРУ – 3% від об'єму, але для умов громадських приміщень дані концентрації є значними і не допустимими, навіть при основному режимі вентиляції в $11 \text{ м}^3/\text{год}$ концентрація CO_2 перевищує 2000 ppm , що відповідає умовам обмежено допустимих режимів експлуатації.

Окремою задачею в розрахунках є визначення необхідного повітрообміну в приміщеннях встановлення дизельних електростанцій. Розрахунок для даних приміщень ведеться з урахуванням необхідності асимілювати теплонадлишки від генераторної установки і від генератора. Незважаючи на

високу допустиму внутрішню температуру у 40 С, повітрообміни для асиміляції тепла зі зростанням потужності генератора зростають прямо пропорційно. Згідно з рекомендованими розрахунковими залежностями наведеними у ДБН В 2.2-5 кількість тепла, що надходить від генераторної установки з радіаторним (повітряним) охолодженням розрахунково складає близько 1,1 кВт на 1 кВт ефективної потужності ДЕС, кількість тепла від генератора при його ККД у 80 % - близько 0,25 кВт на один кВт встановленої потужності. Таким чином, для ДЕС з генератором ефективною потужністю у 100 кВт необхідно подати на охолодження близько 23 000 м³/год, що часто є технічно неможливо через значні перерізи повітроводів і значну встановлену потужність вентиляційного обладнання. Вирішити дану проблему можна шляхом виносу генератора на ззовні, але це зменшує його захищеність, або шляхом влаштування водо-водяної системи охолодження повітря. Також забезпечення такої продуктивності буде вимагати виділення певної частини потужності на роботу вентиляторів системи охолодження ДЕС.

Висновки

Забезпечення вентилявання приміщень споруд цивільного захисту є надзвичайно важливим. Значна концентрація людей в одному приміщенні неминуче впливає на якість повітря. Одним з найголовніших факторів, що характеризує якість повітря - є концентрація вуглекислого газу. Для приміщень даного типу допустимі межі концентрації значно вищі, ніж для «звичайних» громадських приміщень. У статті розглянуто основні особливості проектування найбільш поширених на даний час споруд цивільного захисту - протирадіаційних укриттів і споруд подвійного призначення з властивостями ПРУ, надано рекомендації щодо вентилявання приміщень ДЕС, розраховано рівні концентрації CO₂ при різних режимах роботи вентиляції. Однією з суттєвих рекомендацій є влаштування двох вентиляційних камер з власними повітрозаборами в різних кінцях будівлі для зменшення ймовірності попадання диму під час пожежі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

4. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту (зі зміною №1) К.: Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. 2023 р.
5. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. К.: Мінрегіонбуд України. 2014 р.
6. В. В. Дзеджула, «Продуктивність систем вентиляції громадських будівель: проблеми забезпечення та напрямки вирішення», Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві, Том 18, вип. 1, с. 121–125. 2015.
7. D. S. Robertson. Health effects of increase in concentration of carbon dioxide in the atmosphere. Current science, vol. 90, no. 12, 25 June 2006
8. EN 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems.
9. ASHRAE 62.1-2004, 62.1-2007 «Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality».
10. Almesri, I., Awbi, H. B., Foda, E., and Siren, K. (2013). Air distribution index for assessing the thermal comfort and air quality in uniform and nonuniform thermal environments. Indoor Built. Environ. 22, 618–639. doi:10.1177/1420326X12451186

REFERENCES

1. DBN V.2.2-5:2023 Zahisni sporudi civil'nogo zahistu (zi zminoyu №1) K.: Ministerstvo rozvitku gromad, teritorij ta infrastrukturi Ukraïni. 2023 r.
2. DBN V.2.5-67:2013 Opalennya, ventilyaciya ta kondicivannya povitrya. K.: Minregionbud Ukraïni. 2014 r.
3. V. V. Dzhezhula, «Produktivnist' sistem ventilyacii gromads'kih budivel': problemi zabezpechennya ta napryamki virishennya», Suchasni tekhnologii, materialy i konstrukcii u budivnictvi, Tom 18, vip. 1, s. 121–125. 2015.
4. D. S. Robertson. Health effects of increase in concentration of carbon dioxide in the atmosphere. Current science, vol. 90, no. 12, 25 June 2006
5. EN 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems.
6. ASHRAE 62.1-2004, 62.1-2007 «Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality».
7. Almesri, I., Awbi, H. B., Foda, E., and Siren, K. (2013). Air distribution index for assessing the thermal comfort and air quality in uniform and nonuniform thermal environments. Indoor Built. Environ. 22, 618–639. doi:10.1177/1420326X12451186.

Дзеджула В'ячеслав Васильович – доктор економічних наук, професор, енергоаудитор, сертифікований інженер проектувальник, кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: djedjulavv@gmail.com, ORCID 0000-0002-2740-0771

VENTILATION ARRANGEMENT FEATURES IN CIVIL DEFENSE PROTECTIVE STRUCTURES

Vinnitsia National Technical University

Given the urgency of armed aggression, ensuring the safety of the civilian population is of utmost importance. Various types of structures are used for this purpose, including simple shelters, anti-radiation shelters, storage facilities, and dual-purpose structures. The construction of these facilities must be equipped with diverse internal engineering systems to ensure the livelihood of people. With the introduction of the updated State Building Code of Ukraine (DBN) B 2.2.-5:2023 [1], the requirements for the engineering support of these structures have significantly increased. This article aims to analyze the features of arranging engineering systems in these facilities, particularly ventilation systems, and provide recommendations for specific cases of ventilation and conditioning system installation.

The article examines regulatory requirements for the installation of ventilation systems in the most common civil defense structures at present - anti-radiation shelters and dual-purpose structures with NBC (nuclear, biological, chemical) properties. Using the solution to a differential equation, the concentrations of carbon dioxide in rooms with people present are calculated depending on the ventilation mode: normal, reserve, and emergency. It is determined that in all cases, the concentration will not exceed the critical value. Recommendations are given for the design of ventilation systems for these buildings, and the specifics of ventilating and cooling rooms in diesel power stations for backup power supply are discussed.

It is revealed that, at significant capacities of diesel power stations, the arrangement of ventilation for cooling becomes structurally complex. Solutions to this problem are proposed. It is recommended for large NBC structures and dual-purpose structures to have two ventilation chambers with separate air intakes. This will help reduce the risks of contaminating the inflow air and prevent an increase in carbon dioxide concentration during fires near civil defense structures.

Keywords: *civil defense protective structures, internal engineering networks, NBC, shelter.*

Dzhedzhula Viacheslav – Doctor of Economics, Professor, Energy Auditor, Certified Design Engineer, Department of Construction, Urban Economy, and Architecture Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, email: djedjulavv@gmail.com , ORCID 0000-0002-2740-0771