

АНОТАЦІЯ

Бубон С. Л. Формування комфортного та безпечного середовища підземних приміщень відкритого планування. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 263 «Цивільна безпека» (26-Цивільна безпека) – Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, 2026.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної задачі розроблення комфортних та безпечних умов перебування людей у підземних приміщеннях відкритого планування підземного розташування.

У роботі основну увагу приділено проблемі безпеки довготривалого перебування людей у підземних приміщеннях відкритого планування, які переобладнані з наявних підземних споруд іншого за проєктом і функціоналом призначення. Зокрема, наявні вбудовані системи вентиляції, кондиціонування повітря та контролю параметрів внутрішнього середовища не відповідають комфортним умовам перебування, що знаходить негативно впливає на самопочуття та продуктивність персоналу. Комплексний аналіз шкідливих факторів у підземних приміщеннях відкритого планування продемонстрував необхідність унормування не тільки мікрокліматичних показників, а й інших фізичних факторів, здатних суттєво впливати на безпеку і комфорт внутрішнього середовища.

Дослідження параметрів якості повітря підземних приміщень відкритого планування та аналіз рівнів концентрації дрібнодисперсного пилу, радону та вуглекислого газу довели, що більшість переобладнаних підземних приміщень не пристосовані для постійного перебування великої кількості людей, що зумовлює складність підтримання безпечних і комфортних параметрів повітряного середовища.

Встановлено, що на динаміку концентрації CO₂ суттєво впливає кількість і локалізація людей у просторі приміщення, а також наявний рівень

концентрації вуглекислого газу у припливному повітрі, що зумовлює необхідність урахування цієї особливості при розрахунку кратності повітрообміну. Запропоновано зонування приміщення на основі поточних показників CO₂.

Установлено, що рівні випромінювання R_n в підземних приміщеннях відкритого планування підземного розташування не цілком відповідають регламентованим значенням і можуть суттєво впливати на загальний стан людей, які постійно знаходяться в таких приміщеннях. Запропоновано враховувати відносний коефіцієнт впливу радону при розрахунку кратності повітрообміну приміщення для зменшення рівня його концентрації до унормованих показників.

Аналіз теплового та вологісного комфорту підземних приміщень, в яких не передбачено умов для постійного перебування великої кількості людей показав значний вплив на ці показники кількості та скупчення осіб через збільшення відносної вологості повітря та температури. Запропоновано враховувати таку особливість при визначенні стратегій переобладнання наявних підвальних приміщень та підземних приміщень іншого технологічного призначення в офісні приміщення та місця постійного перебування людей.

Дослідження показників мікроклімату та рівня комфорту в приміщеннях підземних споруд з високою вологістю і зниженою температурою внутрішнього повітря, не пристосованих до довготривалого перебування людей, аналіз показників комфорту за результатами анкетування, фізіологічних та психологічних наслідків перебування у підземних приміщеннях, дозволили запропонувати систему управління унормованими показниками повітряного середовища та рівня комфорту для безпечної та продуктивної роботи людей у підземних приміщеннях відкритого планування, яка ґрунтується на постійному моніторингу показників датчиків, порівнянні отриманих даних з унормованими показниками і формуванні керівних сигналів для підтримання мікрокліматичних показників на основі

комбінованих систем припливно-витяжної вентиляції з «ентальпійними» рекуперативними теплоутилізаторами, можливістю температурного зонування простору з орієнтуванням на найбільше скупчення людей та можливістю корекції температурної стратифікації, регулювання концентрації радону та його прохідних, а також підтримання аероіонного та мікробіологічного складу повітря підземного простору для підвищення продуктивності роботи та безпеки довготривалого перебування людей у такого типу приміщеннях.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробленні комплексної системи формування мікроклімату в приміщеннях підземних споруд з високою вологістю і зниженою температурою внутрішнього повітря при переобладнанні наявних підземних приміщень, у яких не передбачено умов для постійного перебування великої кількості людей, у підземні приміщення відкритого планування для безпечної і безперебійної роботи людей. Обґрунтовано формування тепловологісного режиму в приміщеннях, надано рекомендації щодо організації та проектування систем вентиляції вологих приміщень із зниженою температурою внутрішнього повітря та значною температурною стратифікацією.

Результати роботи впроваджено у діяльності «ТОВ «КТЛ», ФГ «Енергія-1» та ТОВ «КремПромЗІЗ» (додаток Б).

Наукова новизна отриманих результатів:

Удосконалено:

- математичний апарат для розрахунку теплообміну підземної будівлі з урахуванням кількості людей, які в ній присутні.
- математичну модель повітрообміну в приміщеннях підземного розташування відкритого планування з урахуванням вивільнення радону.

Набули подальшого розвитку:

- дослідження процесів температурного зонування та стратифікації у в підземних приміщеннях відкритого планування, що дозволяє забезпечити

різні потреби людей залежно від індивідуальних особливостей та стану організму.

Ключові слова: мікрокліматичні показники, підземні споруди, тепловологісний режим, приміщення відкритого планування, комфортне середовище, дрібнодисперсний пил, якість повітря, кратність вентиляції, забруднювачі повітря, штучна іонізація, температурна стратифікація, тіньолюбні рослини.

ABSTRACT

Bubon S. L. Forming a comfortable and safe environment in open-space underground premises. – Qualification scientific work in the form of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 263 “Civil Security” (26-Civil Security) – Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, 2025.

The dissertation is devoted to solving the current problem of developing comfortable and safe conditions for people to stay in underground open-plan premises.

The work focuses on the problem of safety of long-term stay of people in underground open-plan premises, which are converted from existing underground structures of a different design and functional purpose. In particular, the existing built-in ventilation, air conditioning and control systems for internal environment parameters do not meet comfortable conditions, which has a negative impact on the well-being and productivity of personnel. A comprehensive analysis of harmful factors in open-plan underground premises has demonstrated the need to normalize not only microclimatic indicators, but also other physical factors that can significantly affect the safety and comfort of the indoor environment.

Research on air quality parameters of Open Space underground premises and analysis of fine dust, radon and carbon dioxide concentration levels have proven that most converted underground premises are not adapted for the constant presence of a

large number of people, which makes it difficult to maintain safe and normal air space indicators.

It has been established that the dynamics of C_{O_2} concentration is significantly affected by the number and localization of people in the space of the premises, as well as the existing level of carbon dioxide concentration in the supply air, which necessitates the need to take this feature into account when calculating the air exchange rate. Zoning of the premises based on current CO_2 indicators is proposed.

It was established that the levels of Rn radiation in underground Open Space type premises do not fully comply with the regulated values and can significantly affect the general condition of people who are constantly in such premises. It is proposed to take into account the relative radon exposure coefficient when calculating the multiplicity of air exchange of the premises to reduce its concentration level to normalized indicators.

Analysis of thermal and humidity comfort of underground premises, in which conditions are not provided for the constant stay of a large number of people, showed a significant impact on these indicators of the number of people due to an increase in humidity and temperature. It is proposed to take this feature into account when determining strategies for re-equipping existing basements and underground spaces of other technological purposes into office spaces and places of permanent residence of people.

Research into microclimate indicators and comfort levels in underground structures with high humidity and low indoor air temperatures, not adapted to long-term human occupancy, analysis of comfort indicators based on questionnaire results, physiological and psychological consequences of staying in underground spaces, made it possible to propose a system for managing standardized air environment indicators and comfort levels for safe and productive work of people in underground Open Space-type spaces, which is based on constant monitoring of sensor indicators, comparison of the obtained data with standardized indicators and generation of control signals to maintain microclimatic indicators based on combined supply and exhaust ventilation systems with recuperative air

dehumidifiers, the possibility of temperature zoning of the space with orientation to the largest concentration of people and the possibility of temperature correction stratification, regulation of radon concentration and its passage, as well as maintenance of aeroionic and microbiological composition of the air of the underground space to increase work productivity and safety of long-term stay of people in such types of premises.

The practical significance of the results obtained lies in the development of a comprehensive system for organizing the microclimate in the premises of underground structures with high humidity and low internal air temperature during the re-equipment of existing underground premises, which do not provide conditions for the constant stay of a large number of people in the underground Open Space premises for safe and uninterrupted work of people. The formation of the thermal and humidity regime in the premises is substantiated, recommendations are provided for the organization and design of ventilation systems for wet premises with low internal air temperature and a significant range of temperature stratification.

The results of the work were implemented in the activities of LLC KTL, FG Energia-1 and LLC KremPromZIZ (Appendix B).

Scientific novelty of the obtained results:

Improved:

- a mathematical apparatus was developed for calculating the heat exchange of an underground building, taking into account the number of people present in it.
- mathematical calculation of air exchange in open-plan underground rooms, taking into account the radon release coefficient.

Further development was made:

- research into the processes of temperature zoning and stratification in open-plan underground rooms.

Keywords: microclimatic indicators, underground structures, thermal and humidity regime, open-plan premises, comfortable environment, fine dust, air

environment, ventilation rate, air pollutants, artificial ionization, temperature stratification, shade-loving plants.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових виданнях, внесених до переліку наукових фахових видань України категорії «Б» :

1. **Бубон С. Л.,** Негрій Т. О., Розроблення системи управління рівнем комфорту підземних приміщень типу Open Space підземного розташування, *Науковий Журнал Метінвест Політехніки. Серія: Технічні науки*, № 4, 2025, С. 340-345., DOI <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2025-4-47>.

Особистий внесок здобувача полягає в розробленні концепції системи управління рівнем комфорту підземних приміщень відкритого планування.

2. **С. Л. Бубон,** Т. О. Негрій. Дослідження параметрів якості повітря приміщень типу Open Space підземного розташування. *Комунальне господарство міст*, 2025, том 3, випуск 191. С. 580-583. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2025-3-191-580-585>.

Особистий внесок здобувача полягає у визначенні показників вуглекислого газу, радону, дрібнодисперсного пилу респірабельної фракції та запропоновано заходи унормування зазначених параметрів.

3. **Бубон С.Л.,** Резнік Д.В. Дослідження мікрокліматичних показників офісних приміщень типу open space підземного розташування, *Український журнал будівництва та архітектури*, No 5 (029), 2025, С.38-45.

Особистий внесок здобувача полягає в обґрунтуванні підтримання мікрокліматичних показників на основі комбінованих системам припливно-витяжної вентиляції з рекуперативними осушувачами повітря та можливістю температурного зонування простору з орієнтуванням на найбільше скупчення людей.

4. **Бубон С.Л.,** Визначення показників комфортності підземних приміщень на основі опитування працівників. *Комунальне господарство міст*, 2025, том 6, випуск 191. С. 394-398. <https://doi.org/10.33042/3083-6727-2025-6-194-394-398>

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. Роговенко О., студ., **Бубон С.**, студ, Горбенко О. Дослідження впливу показників повітряного простору офісних приміщень типу Open Space на рівень комфортності працівників, *Тези XXXII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених "Актуальні проблеми життєдіяльності суспільства"*, Кременчук, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2025. С. 302-304.
<https://doi.org/10.32782/2079-5009.krnu25.11.10>.

Особистий внесок здобувача полягає у визначенні впливу параметрів якості повітря підземних офісних приміщень відкритого планування на рівень комфортності працівників.

6. **Бубон С. Л.**, Роговенко О. О., Резнік Д. В. Системи вентиляції й очищення повітря в Open Space приміщеннях підземного розташування, *Тези II міжнародної науково-методичної конференції, 22 - 23 травня 2025 року, Київ, Державний університет «Київський авіаційний інститут»*, 2025. С. 30.

Особистий внесок здобувача полягає у визначенні та ранжуванні шкідливих факторів в підземних приміщеннях відкритого планування з метою розробки систем вентиляції.

7. Tsiuriupa Y., **Bubon S.** Development of a classification of factors that determine the occurrence and course of "sick building syndrome". *Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference "Green Construction"*. Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture. 2025, Київ, 2025. С. 249-251.

URL:
https://www.researchgate.net/publication/391850107_Proceedings_of_the_IV_International_Scientific_and_Practical_Conference_Green_Construction_Kyiv_13-14_May_2025.

Особистий внесок здобувача полягає у визначенні актуальності систематизації та класифікації факторів «синдрому хворого будинку» для різних типів приміщень.

8. Цюрюпа Ю., Бубон С. Розроблення класифікації факторів, що визначають появу та перебіг «синдрому хворої будівлі».

Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Green Construction» («Зелене будівництво»). Київ: Київський національний

університет будівництва і архітектури. 2025,

с.356-358.

https://www.researchgate.net/publication/391850615_Materiali_IV_Miznarodno

[i_naukovo-](#)

[prakticnoi_konferencii_Green_Construction_Zelene_budivnictvo_Kiiv_13-](#)

[14_travna_2025_r](#)

Особистий внесок здобувача полягає у адаптуванні та застосуванні систематизації та класифікації факторів «синдрому хворого будинку» при визначенні стратегії покращення умов перебування у