

# **В І Д Г У К**

офіційної опоненки

докторки технічних наук, доцентки, доцентки кафедри цивільної безпеки,  
охорони праці, геодезії та землеустрою

Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського

**Ченчевої Ольги Олександрівни**

на дисертаційну роботу **Бубона Сергія Володимировича**

**«Формування комфортного та безпечного середовища підземних  
приміщень відкритого планування»»,**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

в галузі знань 26 «Цивільна безпека»,

за спеціальністю 263 «Цивільна безпека»

## **1.Актуальність теми дисертаційної роботи**

Актуальність обраної теми дисертаційної роботи є беззаперечною та зумовлена сучасними викликами безпеки, які постали перед Україною в умовах повномасштабної збройної агресії. Через систематичні ракетні обстріли та застосування безпілотних літальних апаратів відбувається руйнування об'єктів цивільної інфраструктури, що змушує підприємства, установи та організації переміщувати робочі місця у підземні приміщення для забезпечення безпеки персоналу.

У зв'язку з цим активізувалася розбудова мережі підземних робочих просторів відкритого планування, які переважно створюються шляхом переобладнання підвалів, паркінгів, складських та інших технічних приміщень, що первісно не призначалися для постійного перебування людей. Такі умови створюють додаткові ризики для здоров'я та працездатності персоналу, пов'язані з погіршенням якості повітря, недостатньою вентиляцією, накопиченням шкідливих речовин, підвищеним рівнем вуглекислого газу, пилу, радону, а також несприятливими мікрокліматичними параметрами.

Зазначені фактори негативно впливають на фізіологічний та психологічний стан працівників, їх працездатність та загальний рівень

безпеки. У цьому контексті розроблення системи контролю та нормування показників середовища підземних приміщень відкритого планування є важливим науково-прикладним завданням, що визначає актуальність дисертаційної роботи.

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими, логічно послідовними та підтвердженими результатами теоретичних і експериментальних досліджень.

Обґрунтованість наукових положень забезпечується комплексним підходом до дослідження проблеми формування комфортного та безпечного середовища підземних приміщень відкритого планування. У роботі використано критичний аналіз вітчизняних і зарубіжних наукових джерел, що дозволило визначити сучасний стан проблеми, виявити основні недоліки існуючих підходів до забезпечення комфортних умов у підземних просторах та сформулювати напрямки подальших досліджень.

Достовірність отриманих результатів підтверджується застосуванням сучасних методів дослідження, зокрема експериментальних вимірювань параметрів мікроклімату підземних приміщень відкритого планування, визначенням концентрацій вуглекислого газу та радону, проведенням опитувань працівників підземних офісів щодо суб'єктивного сприйняття умов перебування, а також використанням методів математичного моделювання процесів тепло- та повітрообміну.

## **3. Наукова новизна отриманих результатів**

Наукова новизна роботи полягає у наступному:

*Удосконалено:*

- математичний апарат розрахунку теплообміну підземної будівлі з урахуванням кількості людей;
- математичну модель повітрообміну в підземних приміщеннях відкритого планування з урахуванням виділення радону.

*Набули подальшого розвитку:*

- дослідження температурного зонування та стратифікації повітря в підземних приміщеннях відкритого планування.

Отримані результати мають наукову цінність та розширюють існуючі підходи до фор Практичне значення результатів

*Практичне значення дисертаційної роботи полягає у розробленні науково обґрунтованих підходів та рекомендацій щодо формування комфортного та безпечного середовища підземних приміщень відкритого планування, які можуть бути використані при проектуванні, реконструкції та експлуатації підземних робочих просторів різного функціонального призначення. Отримані результати можуть бути використані при розробленні нормативних рекомендацій щодо організації робочих місць у підземних приміщеннях.*

Запропонований підхід до врахування теплообміну людей у підземних приміщеннях відкритого планування дозволяє більш точно визначати теплове навантаження на приміщення залежно від кількості працівників та їх локалізації у просторі. Це сприяє оптимізації параметрів систем вентиляції та кондиціонування повітря, зменшенню енергетичних витрат і підвищенню ефективності роботи інженерних систем.

Важливим практичним результатом є врахування коефіцієнта просочування радону при розрахунку кратності повітрообміну, що дозволяє своєчасно визначати потенційно небезпечні концентрації цього газу та забезпечувати безпечні умови праці у підземних приміщеннях. Запропоновані рекомендації можуть бути використані при створенні систем моніторингу якості повітря підземних просторів.

Впровадження двозонного температурного поділу приміщення з урахуванням горизонтальної та вертикальної стратифікації повітря дозволяє більш ефективно регулювати температурний режим залежно від зон найбільшого перебування людей, що сприяє підвищенню рівня комфорту та зниженню енергоспоживання систем опалення і кондиціонування.

Практичне значення мають також рекомендації щодо використання елементів озеленення та фітодизайну у підземних приміщеннях відкритого

планування. Встановлено, що застосування кімнатних рослин сприяє покращенню якісних показників повітря, зменшенню концентрації вуглекислого газу, підвищенню вологості повітря та позитивно впливає на психоемоційний стан працівників, що особливо важливо при тривалому перебуванні у замкнених підземних просторах.

Розроблення концепції системи управління рівнем комфорту підземних приміщень відкритого планування, яка базується на комплексному контролі параметрів мікроклімату, використанні комбінованих систем вентиляції та кондиціонування повітря з рекуперацією тепла, температурному зонуванні простору та орієнтації на найбільше скупчення людей, дозволяє забезпечити адаптацію параметрів середовища до умов довготривалого перебування персоналу.

Отримані результати дослідження можуть бути використані при проєктуванні підземних офісних приміщень, а також при модернізації існуючих підземних просторів, переобладнаних для постійного перебування людей.

Практична значущість роботи підтверджується впровадженням результатів дослідження у діяльність підприємств ТОВ «КТЛ», ФГ «Енергія-1» та ТОВ «КремПромЗІЗ», що свідчить про їх прикладну цінність та можливість використання у реальних умовах.

#### **4. Загальнонаціональне та світове значення роботи**

Загальнонаціональне значення дисертаційної роботи полягає у вирішенні актуального завдання забезпечення безпечних і комфортних умов перебування людей у підземних приміщеннях відкритого планування, що набуло особливої актуальності в умовах воєнного стану в Україні. Отримані результати сприяють підвищенню рівня цивільного захисту населення, забезпеченню безперервності роботи підприємств та функціонування об'єктів критичної інфраструктури. Запропоновані підходи можуть бути використані під час проєктування та модернізації підземних офісів, укриттів подвійного призначення та інших підземних робочих просторів.

Світове значення роботи полягає у розвитку наукових підходів до формування безпечного середовища підземних приміщень, які активно використовуються у багатьох країнах світу. Результати дослідження можуть бути застосовані у великих містах із щільною забудовою, де активно використовуються підземні простори. Запропоновані рішення також можуть бути використані у країнах із підвищеними техногенними або природними ризиками. Таким чином, результати роботи мають важливе значення як для України, так і для міжнародної практики облаштування підземних приміщень.

## **5. Повнота викладення здобувачем основних результатів у наукових публікаціях**

За темою дисертації опубліковано вісім наукових робіт, зокрема чотири статті в наукових фахових виданнях категорії Б, з них одна одноосібно та чотири тези доповідей на наукових конференціях.

## **6. Відсутність академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації**

Аналіз дисертаційної роботи свідчить про відсутність ознак академічного плагіату, фабрикації та фальсифікації. Робота виконана на належному науковому рівні із дотриманням принципів академічної доброчесності. Викладені у дисертації наукові положення, результати досліджень, висновки та рекомендації отримані автором самостійно, що підтверджується логічною послідовністю викладення матеріалу, обґрунтованістю результатів та їх відповідністю поставленим завданням.

Усі використані наукові положення, ідеї та результати інших дослідників супроводжуються відповідними посиланнями на джерела, що наведені у списку використаної літератури. Запозичення термінології, наукових положень і методик мають коректне оформлення відповідно до вимог академічної доброчесності.

Результати експериментальних досліджень, математичного моделювання та статистичного аналізу наведені у роботі є обґрунтованими, узгодженими між собою та не викликають сумнівів щодо їх достовірності.

Ознак фабрикації або фальсифікації експериментальних даних у дисертаційній роботі не виявлено.

Усі роботи зі співавторами супроводжуються особистим внеском здобувача.

## **7. Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації**

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів та висновків до них, загальних висновків, списку використаних джерел із 136 найменувань, трьох додатків; містить 27 зображень і вісім таблиць. Загальний обсяг роботи становить 136 сторінок основного тексту.

Дисертація характеризується належним рівнем мовної культури, викладена грамотною українською мовою з використанням сучасної наукової термінології. Представлення теоретичних та експериментальних результатів є логічним, послідовним і зрозумілим для сприйняття. Структура дисертаційної роботи та її оформлення відповідають чинним вимогам Міністерства освіти і науки України.

## **8. Аналіз основного змісту роботи**

У вступі роботи обґрунтовано актуальність обраної теми, яка пов'язана з необхідністю створення безпечних і комфортних умов праці у підземних приміщеннях відкритого планування в умовах воєнного стану в Україні. Вступ містить детальний аналіз сучасних проблем організації підземних робочих просторів, зокрема погіршення якості повітря, підвищеної вологості, температурної нестабільності та негативного психоемоційного впливу замкнутого середовища на людину.

У першому розділі дисертаційної роботи проаналізовано сучасні підходи до організації безпечного робочого середовища у підземних приміщеннях в умовах воєнного стану. Обґрунтовано доцільність використання підземних просторів для організації робочих місць, визначено їх переваги з точки зору безпеки та безперервності діяльності підприємств. Водночас встановлено основні негативні фактори підземних приміщень, зокрема відсутність природного освітлення, недостатню вентиляцію,

підвищену вологість, температурну нестабільність та психологічний дискомфорт. Показано, що зазначені чинники негативно впливають на фізичний та психоемоційний стан працівників і потребують комплексного підходу до їх усунення. На основі проведеного аналізу обґрунтовано необхідність створення інтегрованих систем управління параметрами внутрішнього середовища підземних приміщень відкритого планування.

**Другий** розділ присвячено обґрунтуванню та описанню методичних підходів до оцінювання мікрокліматичних параметрів підземних приміщень відкритого планування. Розглянуто методики багаторівневого вимірювання температури, вологості, концентрації вуглекислого газу та радону, що дозволяє комплексно оцінити стан повітряного середовища та виявити зони потенційного дискомфорту і ризику для здоров'я людини.

Показано важливість врахування температурної стратифікації як одного з ключових чинників формування теплового комфорту в підземних просторах, а також значення контролю газового складу повітря для оцінювання ефективності вентиляційних систем і рівня безпеки. Окрему увагу приділено використанню комбінованих сенсорних систем для моніторингу мікроклімату.

Додатково у розділі обґрунтовано доцільність проведення соціологічних опитувань працівників підземних приміщень, що дозволяє оцінити суб'єктивне сприйняття умов праці та визначити основні фактори дискомфорту. Отримані дані є важливими для подальшого коригування систем управління мікрокліматом і підвищення загального рівня комфорту та безпеки у підземних робочих просторах.

У **третьому** розділі дисертаційної роботи виконано комплексне дослідження якості повітря та теплообмінних процесів у підземних приміщеннях відкритого планування. Проаналізовано концентрації дрібнодисперсного пилу, радону та вуглекислого газу, що дозволило оцінити рівень безпеки повітряного середовища та визначити основні джерела його забруднення. Встановлено, що рівень пилу здебільшого перебуває в допустимих межах і може регулюватися шляхом фільтрації припливного повітря.

Особливу увагу приділено дослідженню процесів теплообміну, які формуються під впливом інженерних систем, тепловиділення людей та властивостей огорожувальних конструкцій і ґрунту. Показано, що ці фактори суттєво впливають на формування температурної стратифікації та виникнення зон локального перегріву або переохолодження.

Окремо проаналізовано вплив концентрації CO<sub>2</sub> та радону на повітряне середовище, встановлено необхідність їх урахування при розрахунку кратності повітрообміну та організації зональної вентиляції. Також обґрунтовано роль озеленення підземних приміщень як додаткового фактора підвищення психоемоційного комфорту та покращення мікроклімату.

У **четвертому** розділі обґрунтовано необхідність впровадження системи управління параметрами мікроклімату у підземних приміщеннях відкритого планування з урахуванням підвищених ризиків накопичення радону та вуглекислого газу. Підкреслено, що такі системи мають важливе санітарно-гігієнічне та соціально-економічне значення, а також забезпечують відповідність сучасним національним і міжнародним стандартам.

Значну увагу приділено проблемі температурного зонування та стратифікації повітря, які є характерними для великих підземних просторів. Встановлено, що нерівномірний розподіл температури призводить до формування зон термічного дискомфорту та зниження енергоефективності систем вентиляції та кондиціонування.

Обґрунтовано доцільність інтеграції контролю температурної стратифікації у систему управління мікрокліматом як ключового чинника підвищення комфорту та енергоефективності. Також підкреслено важливість використання засобів візуалізації та аналізу даних у реальному часі, що дозволяє оперативно контролювати параметри середовища, прогнозувати відхилення та оптимізувати роботу інженерних систем підземних приміщень.

## **9. Зауваги та побажання**

1. У дисертаційній роботі доцільно було б більш детально обґрунтувати вибір граничних значень мікрокліматичних показників та їх відповідність чинним міжнародним і національним нормативам.

2. Потребує додаткового пояснення методика інтеграції суб'єктивних оцінок комфорту працівників із результатами інструментальних вимірювань.
3. Бажано розширити порівняльний аналіз запропонованих рішень із сучасними світовими практиками організації підземних робочих просторів.
4. Доцільно більш чітко представити економічну ефективність впровадження запропонованої системи управління мікрокліматом.
5. У роботі можна було б додатково деталізувати практичні рекомендації щодо масштабування запропонованих рішень для різних типів підземних приміщень.

Висловлені зауваги мають несуттєвий характер і не знижують загальної високої оцінки представленого дослідження.

## **ВИСНОВОК**

Дисертаційна робота Бубона Сергія Володимировича на тему: «Формування комфортного та безпечного середовища підземних приміщень відкритого планування» є самостійним завершеним науковим дослідженням, у якому отримано нові науково обґрунтовані результати щодо оцінювання та нормування мікрокліматичних параметрів, якості повітря, тепло- та повітрообміну, а також розроблення концепції системи управління параметрами внутрішнього середовища підземних робочих просторів. У роботі вирішено важливе науково-прикладне завдання, пов'язане із забезпеченням безпечних і комфортних умов перебування людей у підземних приміщеннях, що переобладнані для тривалого використання.

Отримані результати мають як теоретичне, так і практичне значення та можуть бути використані при проектуванні, реконструкції та експлуатації підземних приміщень різного функціонального призначення, зокрема в умовах підвищених ризиків цивільної безпеки. Зміст дисертації відповідає вимогам освітньо-наукової програми та чинним нормативним актам Міністерства освіти і науки України.

На підставі викладеного вважаю, що Бубон Сергій Володимирович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 263 «Цивільна безпека».

Офіційна опонентка,  
докторка технічних наук, доцентка,  
доцентка кафедри  
цивільної безпеки, охорони праці,  
геодезії та землеустрою  
Кременчуцького національного  
університету імені  
Михайла Остроградського

Ольга ЧЕНЧЕВА

Підпис доцентки  
Ольги Ченчевої

ЗАСВІДЧУЮ



ЗАСВІДЧУЮ

С.М. Черненко