

В І Д Г У К

офіційної опоненки

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

Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Ченчевої Ольги Олександрівни

на дисертаційну роботу **Цюрюпи Юрія Володимировича**

**«Дослідження та математичне моделювання біофільтраційних елементів
для створення безпечного та комфортного середовища приміщень»,**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

в галузі знань 26 «Цивільна безпека»,

за спеціальністю 263 «Цивільна безпека»

1. Актуальність обраної теми

Одним із пріоритетів у сфері цивільної безпеки є формування безпечного виробничого середовища, мінімізування ризиків виникнення професійних захворювань, нещасних випадків на виробництві та аварійних ситуацій. В умовах сучасного будівництва, зокрема через зростання вимог до енергоефективності та герметичності будівель, особливої актуальності набуває питання якості повітря у внутрішніх просторах. Недостатній повітрообмін сприяє накопиченню шкідливих речовин, серед яких леткі органічні сполуки, біоаерозолі та продукти життєдіяльності людини, що може становити загрозу для здоров'я та продуктивності працівників.

У цьому контексті біофільтрація виступає перспективним, екологічно орієнтованим і малозатратним з огляду на енерговитрати методом очищення повітря. Її застосування сприяє створенню безпечного внутрішнього середовища в приміщеннях шляхом впровадження ефективних засобів контролю за якістю повітря. Вивчення робочих характеристик біофільтраційних систем, аналіз їхньої ефективності, а також побудова математичних моделей для прогнозування якості таких систем дозволяє

підвищити рівень захищеності працівників від впливу забруднювальних чинників.

Таким чином, впровадження інноваційних рішень у сфері біофільтраційних технологій спрямоване на забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов у різнофункціональних приміщеннях є відповіддю на сучасні виклики у сфері охорони праці та безпеки життєдіяльності. Такі розробки мають не лише наукову, а й вагому практичну цінність.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

У межах виконання дисертаційного дослідження було використано низку методів, релевантних до наукових завдань. Аналіз літературних джерел із критичних позицій дозволив виявити етапи становлення концепції «синдрому хворої будівлі» та визначити можливі шляхи його усунення.

Для оцінювання фітонцидної активності рослин у зимовому саду застосовувався відомий та апробований метод пасивної седиментації. Оброблення результатів багаторічних спостережень за рослинами в різних умовах утримання здійснювалося з використанням сучасних методів статистичного аналізу, що дозволяє стверджувати про достовірність отриманих математичних моделей.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Уперше:

- розроблено математичні моделі якості кімнатних рослин для забезпечення безпечного повітряного середовища в приміщеннях.

Удосконалено:

- класифікацію факторів, що визначають появу та перебіг «синдрому хворої будівлі».

Набули подальшого розвитку:

- дослідження впливу фітонцидного ефекту рослин на внутрішнє повітряне середовище приміщень.

Практичне значення роботи полягає у експериментальному підтвердженні доцільності використання фітонцидних рослин та зелених стін для очищення повітря від патогенної мікрофлори в приміщеннях різного призначення, що сприяє створенню безпечного та комфортного середовища. Запропоноване ранжування рослин за фітонцидною активністю надає практичні рекомендації для оптимального підбирання асортименту рослин з метою досягнення максимального санаційного ефекту. Рекомендовані рішення з фітодизайну, що враховують особливості газообміну рослин та вимоги до освітлення, дозволяють ефективно інтегрувати озеленення в інтер'єри з позитивним впливом на комфорт перебування людей та якість повітря з наданням рекомендацій для архітекторів, дизайнерів та фахівців з охорони праці. Отримані результати можуть бути використані при розробленні санітарно-гігієнічних норм та рекомендацій щодо озеленення громадських, виробничих та житлових приміщень для поліпшення якості внутрішнього повітря та зниження ризиків для здоров'я. Розроблення підходу до оцінювання стану рослин в інтер'єрах дозволяє створювати регресійні математичні моделі для прогнозування їхньої ефективності фіторемедіації внутрішнього повітря та забезпеченні комфортного і безпечного середовища приміщень.

Результати роботи впроваджено в адміністративних приміщеннях ФГ «Енергія-1», у діяльності «ТОВ Столичний Будсоюз» та в навчальному процесі Київського національного університету будівництва і архітектури.

4. Загальнонаціональне та світове значення роботи.

Аналіз наукових джерел засвідчив, що «синдром хворого будинку» перетворився на глобальну проблему. Якщо раніше він був властивий переважно житловим об'єктам малозабезпечених мешканців, то нині охоплює широкий спектр будівель – від житлових до громадських і виробничих – незалежно від рівня доходів їхніх власників.

Сучасні екологічні та економічні вимоги до енергоощадності зумовлюють зменшення припливу зовнішнього повітря в приміщення, що, своєю чергою, спричиняє посилення шкідливих чинників і негативно впливає на стан здоров'я

та працездатність людей.

У межах дослідження доведено ефективність застосування фітонцидних рослин як природного інструмента зниження рівня шкідливих впливів, зокрема мікробного, пилового та акустичного походження. Побудовані математичні моделі дозволяють скористатися результатами не лише на території України, а й в інших регіонах світу.

Тому вважаю, що отримані результати мають як національну, так і міжнародну практичну значущість.

5. Повнота викладення здобувачем основних результатів у наукових публікаціях.

За темою дисертації опубліковано вісім наукових робіт, зокрема дві статті у періодичних виданнях, внесених до міжнародних баз Scopus (квартилі Q1 і Q3, одна стаття в наукових фахових виданнях категорії Б та п'ять тез доповідей на наукових конференціях. Зазначені роботи повністю відображають зміст дисертації.

6. Відсутність академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації

Робота не містить ознак академічного плагіату, фабрикації або фальсифікації результатів. У роботі використано значний попередній аналіз українських та закордонних досліджень із зазначенням усіх відповідних посилань на джерела. Усі роботи в співавторстві супроводжуються зазначенням особистого внеску здобувача. Це свідчить про нетерпимість до привласнення чужих ідей, вміння працювати в авторських колективах над розв'язанням складних комплексних завдань.

7. Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації.

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів та висновків до них, загальних висновків, списку використаних джерел з 149 найменувань, двох додатків; містить 52 зображення і дев'ять таблиць. Загальний обсяг роботи становить 154 сторінки основного тексту

Дисертація відзначається високим рівнем мовної культури: вона написана грамотною українською мовою з використанням прийнятої в науковому середовищі термінології. Представлення теоретичних і експериментальних результатів виконано зрозуміло та послідовно. Структура та оформлення документа відповідають чинним вимогам МОН України.

8. Аналіз основного змісту роботи.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, чітко сформульовану мету, конкретизовано наукові завдання, викладено наукову новизну, а також висвітлено практичне значення отриманих результатів. Подано дані про особистий внесок здобувача, апробацію та публікації.

У першому розділі дисертації розглянуто передумови виникнення й розвитку поняття «синдром хворої будівлі» (СХБ) у контексті сучасної урбанізації та енергоефективного будівництва. Автор аналізує фізичні, хімічні та біологічні шкідливі фактори, що спричиняють погіршення якості повітря в приміщеннях. Відзначено ключову роль герметизації будівель, зниження повітрообміну, накопичення забруднювачів (серед яких ЛОС, CO₂, сполуки азоту й сірки) та мікрофлори. Увага зосереджена також на психологічних і візуальних аспектах дискомфорту. Розділ містить критичний огляд нормативних документів України й міжнародних стандартів. Виявлено фрагментарність наявної класифікації небезпечних факторів. Автор обґрунтовує перспективність застосування рослин з фітонцидними властивостями як елементів біофільтрації, що здатні комплексно впливати на параметри повітря та створювати сприятливе середовище для життєдіяльності людини. У підсумку визначено напрями подальшого дослідження.

Другий розділ присвячено розробленню авторської класифікації чинників, що сприяють формуванню «синдрому хворої будівлі». Ці фактори згруповано за джерелом походження – зовнішні (кліматичні, екологічні) та внутрішні (фізичні, хімічні, біологічні й виробничі). Значну увагу приділено уточненню місця біологічних забруднювачів – мікроорганізмів, плісняви, спор, а також летких речовин біогенного походження. Розглянуто особливості газообміну у

рослин, фітонцидну активність як захисний механізм проти патогенної мікрофлори, зокрема у контексті фітодизайну. Автор підкреслює недостатню вивченість фітонцидного потенціалу окремих рослин, брак класифікацій за рівнем біологічної дії та акцентує на перспективності вивчення їх комплексного впливу на повітря.

У третьому розділі наведено результати практичних досліджень біологічного забруднення повітря в приміщеннях із різним функціональним призначенням. Здійснено порівняльний аналіз мікробного навантаження в приміщеннях з озелененням і без нього, зокрема в закладах освіти, громадського харчування, охорони здоров'я, офісах та торгівельно-розважального центру. Для дослідження використано метод пасивної седиментації. Залучено фітонцидні рослини (зокрема *Ficus benjamina* та *Dracaena fragrans*), навколо яких зафіксовано зниження кількості мікроорганізмів у повітрі на 40–60%. У дослідженнях враховано вплив пори року, режиму освітлення та догляду. Результати доводять ефективність введення фітонцидних елементів у середовище як заходу біологічної профілактики СХБ. Автор формулює висновки щодо можливості цілеспрямованого використання озеленення для очищення повітря.

Четвертий розділ присвячений побудові математичних моделей, які дозволяють прогнозувати ефективність застосування рослин залежно від мікрокліматичних параметрів приміщення. Зокрема, розглянуто вплив освітленості, температури, відносної вологості та умов експлуатації на фітонцидну активність і декоративні якості рослин. Методологія моделювання базується на багаторічних спостереженнях за рослинами в приміщеннях. Застосовано бальну систему оцінювання та регресійний аналіз. Результатом стало ранжування рослин за придатністю для фіторемедіації. Наведено рекомендації щодо проєктування інтер'єрів із урахуванням асортименту та параметрів внутрішнього середовища.

У п'ятому розділі на прикладі зимового саду Київського національного університету будівництва і архітектури автор демонструє, що фітодизайн не лише покращує естетичні характеристики інтер'єру, але й справляє позитивний

вплив на гігієнічні показники повітряного середовища. На підставі досліджень розроблено практичні рекомендації щодо добору рослин залежно від типу приміщення, рівня природного освітлення та цільового призначення простору. Підкреслено важливість підтримання відповідних агротехнічних умов, а також зонування приміщень для підвищення ефективності фітонцидного впливу. Запропоновано концепцію фітонцидно-активного озеленення як складову стратегії боротьби з «синдромом хворої будівлі».

9. Зауваги та побажання

1. При аналізуванні актуальності теми та можливостей впровадження результатів роботи відсутнє посилання на проекти українських екологічних стандартів, наприклад, СОУ OEM 08.002.41.032:20XX «Система екологічної сертифікації та маркування згідно з ДСТУ ISO 14024:2018 (ISO 14024:2018, IDT). Громадські будівлі. Екологічні критерії та метод оцінювання життєвого циклу», ДСТУ «Настанова щодо забезпечення збалансованого використання природних ресурсів під час проєктування споруд» на заміну ДСТУ 9171:2021 та ДСТУ «Захист довкілля. Зелені конструкції. Метод випробування теплообмінних процесів у рослинних шарах».

2. У розділі 4 бажано було б приділити більше уваги оцінюванню адекватності математичних моделей.

3. У розділі 5 не представлено тривимірної моделі озеленення фойє.

4. У розділі 5 пропонуються варіанти модернізації покриття, однак відсутні тривимірні моделі таких рішень.

5. У роботі недостатню увагу приділено потенційним екологічним ефектам запропонованих рішень, наприклад, підтримання біорізноманіття.

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

ВИСНОВОК

Дисертація Цюрюпи Юрія Володимировича «Дослідження та математичне моделювання біофільтраційних елементів для створення безпечного та комфортного середовища приміщень» є самостійним завершеним науковим

дослідженням, у якому отримано нові наукові результати, що стосуються експериментального дослідження біофільтраційних властивостей рослин, математичного моделювання їхнього розвитку та практичних рекомендацій щодо впровадження таких елементів у системи вентиляції приміщень різного функціонального призначення.

Зміст дисертації відповідає вимогам освітньо-наукової програми спеціальності 263 «Цивільна безпека» третього рівня вищої освіти та чинним нормативним актам Міністерства освіти і науки України. На підставі наведеного вважаю, що її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 26 «Цивільна безпека».

Офіційна опонентка,
кандидатка 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

Секретар Вченої ради
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського



Лариса ГЕРАСИМЕНКО

