

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента

доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри фізики
Київського національного університету будівництва і архітектури

Гливи Валентина Анатолійовича

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

Формування безпечного виробничого середовища, попередження професійних захворювань, зниження рівня травматизму та запобігання аварійним ситуаціям є одним із основних завдань у сфері цивільного захисту. У сучасних умовах, коли будівлі проєктуються для забезпечення енергоефективності і найвищого рівня герметичності, особливої актуальності набуває проблема забезпечення належної якості внутрішнього повітря. Зменшення кратності повітрообміну спричиняє зростання концентрації потенційно небезпечних речовин у повітряному середовищі, як-от леткі органічні сполуки, мікроорганізми, біоаерозолі та інші забрудники.

Одним із перспективних напрямів зниження впливу таких забруднень є застосування біофільтраційних систем – технологій, що забезпечують очищення повітря на основі природних біологічних процесів. Завдяки своїй екологічній доцільності, низьким енергетичним витратам і високому потенціалу ефективності, біофільтрація може бути використана для підтримання безпечного мікроклімату в приміщеннях різного функціонального призначення. Вивчення динаміки роботи таких систем, розроблення відповідних експериментальних моделей та створення

математичних інструментів для прогнозування їхньої поведінки в реальних умовах є важливим напрямом наукових досліджень.

Отже, розвиток біофільтраційних технологій як засобу забезпечення гігієнічних параметрів повітряного середовища має важливе значення для підвищення рівня професійної безпеки, збереження здоров'я працівників та формування комфортного і функціонально стабільного внутрішнього середовища.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

У процесі розв'язання наукових завдань дисертаційного дослідження застосовувались різнопланові методологічні підходи, які відповідають поставленим завданням. Критичне вивчення наукових джерел слугувало основою для розгляду поняття «синдром хворої будівлі» та виявлення ефективних стратегій боротьби з ним.

Фітонцидні властивості рослин у внутрішньому середовищі різних приміщень вивчалися із використанням методу пасивної седиментації з вживанням відомого та апробованого правила Омелянського. Статистичні методи забезпечили оброблення результатів тривалих спостережень за станом рослин за різних експлуатаційних умов з потрібним ступенем достовірності

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. Розроблене ранжування рослин за фітонцидною активністю надає практичні рекомендації для оптимального підбирання асортименту рослин з метою досягнення максимального санаційного ефекту. Запропоновані 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.

Огляд літератури засвідчив, що синдром хворої будівлі вже не є локальним явищем, а набув глобального масштабу. Якщо у минулому він асоціювався переважно з об'єктами соціального житла, то на сьогодні спостерігається його поширення на будівлі всіх типів – незалежно від призначення чи рівня матеріального забезпечення користувачів.

Зростання вимог до економного споживання енергії, що часто призводить до обмеження повітрообміну, спричиняють порушення повітряного балансу в приміщеннях. Це спричиняє підвищення рівня шкідливих речовин та мікроорганізмів і негативно позначається на самопочутті та продуктивності праці людей.

У дослідженні обґрунтовано доцільність застосування фітонцидних рослин як екологічно безпечного засобу боротьби з факторами несприятливого середовища — мікробним забрудненням, пилом і шумовим навантаженням. Розроблені математичні моделі підтверджують можливість застосування одержаних результатів у різних кліматичних умовах.

Таким чином, результати мають значення не лише для України, а й у широкому міжнародному контексті.

5. Повнота викладення здобувачем основних результатів у наукових публікаціях.

Матеріали дисертації опубліковано у вісьмох наукових роботах, серед яких дві статті в журналах квартилю Q1 і Q3, одна стаття в наукових фахових виданнях категорії Б та п'ять тез доповідей на наукових конференціях. Основний зміст дисертації повністю розкрито у даних публікаціях.

6. Відсутність академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації

Аналіз роботи показав відсутність фальсифікування або фабрикування даних, а також академічного плагіату. Усі використані дані, ідеї та методи інших авторів супроводжуються посиланнями на відповідні літературні джерела. Наукові результати та положення, що захищаються, належать особисто авторіві, зокрема виконано комплексне дослідження біофільтраційних елементів задля створення безпечного та комфортного середовища приміщень. Проаналізовано стан проблеми, виконано експериментальні дослідження рослинних елементів у приміщеннях різного призначення, побудовано математичні моделі розвитку рослин та розроблено

рекомендацій щодо впровадження біофільтраційних елементів у приміщення різного призначення.

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

У дисертації дотримано вимог до наукового стилю: текст написаний якісною українською мовою з коректним вживанням загальновизнаної термінології. Результати дослідження, зокрема висновки та рекомендації, викладені логічно й доступно для сприйняття. Оформлення роботи здійснено відповідно до нормативних положень МОН України.

8. Аналіз основного змісту роботи.

Всі розділи дисертаційної роботи змістовно підпорядковані меті дослідження та логічно взаємопов'язані.

За актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю, рівнем та обсягом проведених досліджень, якістю оформлення дисертаційна робота відповідає вимогам, що передбачені пп. 5-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44, Наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 р. зі змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки №759 від 31.05.2019 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», освітньо-наукової програми «Цивільна безпека» третього рівня вищої освіти за спеціальністю 263 «Цивільна безпека», затвердженої Вченою радою КНУБА, протокол № 55 від 23 грудня 2022 р.

У вступі розкрито актуальність обраного напрямку дослідження, сформульовано його мету та завдання, окреслено наукову новизну та практичну значущість здобутих результатів. Також представлено відомості про особисту участь здобувача в розробленні основних положень роботи, апробацію результатів та публікації.

У першому розділі дисертації викладено загальний огляд проблеми якості повітря у внутрішніх просторах сучасних будівель і обґрунтовано поняття «синдром хворої будівлі» (СХБ). Автор окреслює витoki цього явища у 1970–80-х роках і його зв'язок із підвищенням герметичності приміщень, недосконалістю вентиляційних систем і впливом сучасних будівельних матеріалів. Систематизовано дані щодо основних симптомів у мешканців або працівників таких об'єктів: головний біль, алергії, втома, порушення сну. Увагу приділено аналізу нормативних документів різних країн, зокрема США, ЄС, Японії, а також в Україні. Автор робить висновок, що наявні технічні підходи не здатні ефективно впливати на комплекс факторів і не передбачають екологічно орієнтованих рішень. У зв'язку з цим запропоновано вивчити природні механізми очищення повітря, зокрема фітонцидну активність рослин, як одну з альтернатив вирішення проблеми СХБ.

У другому розділі автор наводить власну класифікацію шкідливих факторів СХБ залежно від їхнього походження, дії та стійкості. Особливу увагу приділено летким органічним сполукам, аерозолям, бактеріям, вірусам і плісняві, які є основними чинниками формування СХБ. Детально розглянуто вплив рослин на мікробний фон повітря через продукування біологічно активних речовин – фітонцидів. Зроблено висновок про недостатній рівень вивченості фітонцидної активності рослин у реальних умовах експлуатації приміщень. Це створює підґрунтя для проведення подальших досліджень у наступних розділах.

Третій розділ містить докладний опис експериментальних досліджень, які проводилися в різних типах приміщень. Автор аналізує рівень мікробного забруднення при різній кількості та видах рослин і порівнює ці показники з контрольними зонами без озеленення. Використання осадження мікроорганізмів на чашки Петрі дозволило отримати кількісну оцінку впливу фітонцидних рослин на мікрофлору повітря. Виявлено, що присутність рослин, як-от *Dracaena fragrans*, *Zamioculcas zamiifolia*, *Ficus benjamina*, *Ficus elastica*, сприяє суттєвому зменшенню кількості бактерій і грибків. Водночас автор аналізує чинники, які впливають на ефективність: вологість, температура, інсоляція, догляд за рослинами. Емпіричні дані підтверджують гіпотезу про практичну значущість біофільтрації повітря рослинними елементами в умовах звичайного використання приміщень.

У четвертому розділі розроблено підхід до математичного опису динаміки розвитку фітонцидних рослин в інтер'єрах. На основі багаторічних спостережень автор сформував вибірку даних, яка містить інформацію про декоративні та біологічні характеристики рослин у різних умовах, виміряну відповідно до авторської шкали. Використовуючи метод регресійного аналізу, автор побудував моделі, які відображають залежність якості рослин (їх декоративності та фітонцидної активності) від температури, вологості, освітлення та догляду. Розглянуто практичне застосування моделей для розроблення рекомендацій щодо вибору асортименту зелених насаджень у навчальних, лікувальних і адміністративних будівлях. Моделі мають прогностичну цінність для проєктувальників та фахівців з фітодизайну як інструмент адаптації інтер'єру до гігієнічних та естетичних потреб користувачів.

П'ятий розділ є підсумковим і містить аналіз можливостей практичного застосування отриманих результатів. Автор пропонує рекомендації щодо вибору, розміщення та догляду за кімнатними рослинами з урахуванням їх фітонцидної активності. Наведено приклад упровадження озеленення в

зимовому саді Київського національного університету будівництва і архітектури, де було досягнуто покращення повітряних показників і зменшення симптомів СХБ у користувачів. Автор наголошує на необхідності залучення фітонцидних рослин до проєктів реконструкції та модернізації будівель. Розділ завершується узагальненням результатів усіх етапів дослідження, підкресленням значущості отриманих висновків для галузі цивільної безпеки та перспективами подальших досліджень у напрямку інтеграції зелених технологій в архітектурне середовище.

9. Зауваження та дискусійні питання

1. Чи можна вважати математичною моделлю рівняння регресії?
2. У класифікації впливових факторів не розглянуто спектри освітлення та добові графіки природного освітлення, які впливають на циркадні ритми та погіршують якість сну, що є важливим шкідливим фактором СХБ.
3. У роботі не приділено уваги впливу рослин на фізичні фактори (шум, електромагнітні випромінювання)
4. У роботі не проаналізовано вплив швидкості повітря на рослини
5. У роботі не проаналізовано спеціалізовані активні фіторемедіаційні установки з примусовим рухом повітря крізь рослинні шари
6. У роботі не проаналізовано шкідливий вплив пестицидних препаратів, які застосовуються для оброблення кімнатних рослин.

Попри наявність окремих зауваг, вони не впливають на загальну позитивну оцінку змісту, якості та рівня виконання дисертаційного дослідження.

ВИСНОВОК

Дисертаційне дослідження Цюрюпи Юрія Володимировича на тему «Дослідження та математичне моделювання біофільтраційних елементів для створення безпечного та комфортного середовища приміщень» є цілісною, завершеною науковою роботою, що містить актуальні результати щодо застосування рослин як біофільтраційних елементів у приміщеннях різного

призначення, включаючи їх експериментальну оцінку, математичне моделювання та рекомендації до впровадження. Дисертація відповідає вимогам чинної нормативної бази МОН України, зокрема Постанові КМУ від 12.01.2022 р. № 44 та наказу МОН № 40 (зі змінами), а також вимогам освітньо-наукової програми спеціальності 263 «Цивільна безпека». Автор дисертації заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за відповідною спеціальністю.

Офіційний рецензент,

доктор технічних наук, професор,

завідувач кафедри фізики

Київського національного

університету будівництва

і архітектури

Валентин ГЛИВА

Підпис завідувача кафедри

Валентина Гливи

ЗАСВІДЧУЮ

Секретар Вченої ради Київського

національного університету

будівництва і архітектури



Микола КЛИМЕНКО