

РЕЦЕНЗІЯ

офіційної рецензентки

докторки технічних наук, професорки, професорки кафедри фізики

Київського національного університету будівництва і архітектури

Бурдейної Наталії Борисівни

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

Однією з важливих складових забезпечення цивільної безпеки є створення умов праці, що відповідають вимогам гігієни, охорони здоров'я та виробничої безпеки. Особливу актуальність питання набуває в умовах сучасного будівництва, де широке впровадження енергоощадних технологій і підвищення герметичності огорожувальних конструкцій зумовлюють зниження інтенсивності повітрообміну. Це спричиняє накопичення у внутрішньому повітрі шкідливих домішок, як-от леткі органічні сполуки, біоаерозолі та продукти життєдіяльності людини, що становлять потенційну загрозу для здоров'я та працездатності людей у приміщеннях.

У цьому контексті біофільтраційні методи очищення повітря розглядаються як перспективний інструмент для забезпечення екологічно безпечного мікроклімату. Завдяки низькому енергоспоживанню, екологічній сумісності та здатності до ефективного вилучення забруднювачів, такі системи можуть бути інтегровані у приміщення різного призначення. Проведення досліджень, спрямованих на оцінювання експлуатаційної ефективності рослин як природних фільтрів, визначення оптимальних умов та побудову математичних моделей для прогнозування стану рослин, є ключовим напрямом у зниженні ризиків професійного впливу забрудненого повітря без шкоди довкіллю.

Таким чином, розвиток і впровадження біофільтраційних технологій

сприяє підвищенню якості внутрішнього середовища будівель і відповідає сучасним викликам у сфері гігієни праці, безпеки та охорони здоров'я.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

З метою досягнення цілей дисертаційної роботи було залучено відповідні та апробовані дослідницькі методики. Проведення критичного аналізу наукових публікацій дало змогу виявити стадії формування поняття «синдром хворої будівлі» та систематизувати підходи до його здолаття.

Метод пасивної седиментації був застосований у дослідженні фітонцидного впливу рослин у закритому біоценозі зимового саду. Цей метод відомий і широко вживаний для досліджень мікробіологічного стану повітря.

Для оброблення й інтерпретації емпіричних даних, отриманих у процесі тривалого спостереження за станом рослин, використовувалися відомі та апробовані статистичні методи.

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 в 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 фіторе mediaції 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.

За результатами аналітичного огляду наукової літератури встановлено, що синдром хворого будинку перетворився на проблему глобального рівня. Якщо в минулому він асоціювався з будівлями низького соціального статусу, то сьогодні він виявляється в будівельних об'єктах різних типів – житлових, адміністративних і виробничих – незалежно від фінансової спроможності власників, мешканців або користувачів.

Світові тенденції до зниження енергоспоживання, зокрема за рахунок зменшення обсягів вентиляції, сприяють накопиченню в приміщеннях шкідливих речовин, що негативно впливають на фізіологічний стан людини та її працездатність.

У межах даного дослідження встановлено, що інтегрування фітонцидних рослин у внутрішнє середовище приміщень є ефективним способом зменшення дії таких факторів, як мікробне забруднення, пил і шум. Застосовані математичні моделі дають змогу масштабувати результати на різні регіони та країни.

Отже, робота має значення як для національного, так і для глобального

контексту вирішення екологічних проблем будівельного середовища.

5. Повнота викладення здобувачем основних результатів у наукових публікаціях.

Матеріали дисертації опубліковано в повному обсязі у вісьмох наукових роботах, зокрема у двох статтях у журналах квартилю Q1 і Q3, одній статті в наукових фахових виданнях категорії Б та п'ятих тезах доповідей на наукових конференціях.

6. Відсутність академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації

У роботі не виявлено ознак привласнення чужих наукових здобутків як на рівні текстових запозичень, так і на рівні використання чужих ідей, що не може бути відслідковано антиплагіатним програмним забезпеченням. Усі використані дані, ідеї та методи інших авторів супроводжуються посиланнями на відповідні літературні джерела. У роботі також немає ознак фабрикації або фальсифікування даних.

7. Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації.

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

Матеріали дисертаційного дослідження викладено державною мовою з дотриманням норм граматики та стилістики. У роботі застосовано стандартизовану наукову термінологію, а форма подання дослідницьких результатів, наукових положень і практичних рекомендацій забезпечує їхнє чітке й логічне сприйняття. Оформлення дисертації відповідає чинним нормативам Міністерства освіти і науки України.

8. Аналіз основного змісту роботи.

У вступі висвітлено обґрунтування вибору теми, її актуальність, сформульовано мету дослідження й відповідні завдання, виокремлено наукову новизну, охарактеризовано практичну цінність результатів,

зазначено внесок автора та наведено апробацію й публікації.

У першому розділі дисертації автор детально оглядає наукову літературу, присвячену синдрому хворої будівлі. Простежується історія становлення поняття, що виникло у відповідь на неспецифічні скарги людей, які перебували тривалий час у закритих приміщеннях. Описано основні групи симптомів і факторів, які спричиняють погіршення стану здоров'я, зокрема накопичення хімічних речовин, пилу, мікроорганізмів, поганої вентиляції та надмірної герметичності. Окремо відзначено системні порушення вимог до формування мікроклімату в будівлях. Автор критично аналізує національну та закордонну нормативну базу, зокрема зазначає неповноту стандартів у частині класифікування забруднювачів повітря. Обґрунтовується потреба використання фітонцидних властивостей кімнатних рослин як потенційно ефективного способу боротьби з синдромом хворої будівлі у межах концепції сталого розвитку та екологічної безпеки.

Другий розділ дисертації присвячено класифікації факторів, що визначають умови формування синдрому хворої будівлі у приміщеннях різного типу. Запропоновано авторське структурування забруднювачів на дві великі групи – зовнішні (атмосферне повітря, кліматичні й соціальні умови) та внутрішні (мікрокліматичні, біологічні, хімічні та фізичні). Детально розглянуто джерела біологічного забруднення, зокрема побутова мікрофлора, цвілеві грибки та патогенні бактерії, які становлять небезпеку при тривалому перебуванні у закритих просторах. Здійснено порівняльну оцінку властивостей різних кімнатних рослин, здатних продукувати фітонциди – леткі сполуки з антимікробною дією. Автор підкреслює, що наявна наукова інформація про фітонцидність рослин недостатня й потребує уточнення в умовах конкретних об'єктів. Висунуто гіпотезу про можливість створення систем біофільтрації на основі озеленення з урахуванням агротехнічних, кліматичних і експлуатаційних умов.

У третьому розділі представлено результати натурних досліджень фітонцидної активності рослин у реальних умовах експлуатації приміщень. Зокрема, здійснено вимірювання мікробного навантаження у навчальному закладі, ресторані, офісі, медичній установі та торгово-розважальному комплексі із залученням та без залучення озеленення. Використовуючи метод

пасивної седиментації, автор виявляє суттєве зниження кількості умовно-патогенної мікрофлори поблизу фітонцидних рослин. Під час досліджень враховано тип рослин, пору року, освітлення та вологість повітря. Наводяться конкретні дані щодо зниження чисельності колонієутворювальних одиниць у присутності таких рослин. Це підтверджує ефективність фітонцидів як біоактивних сполук для очищення повітря. Автор підсумовує, що озеленення з використанням правильного асортименту рослин може слугувати складовою системи біологічного контролю внутрішніх умов у приміщеннях.

Четвертий розділ присвячений розробленню математичних моделей, які дозволяють оцінювати та прогнозувати ефективність біофільтраційних властивостей рослин за різних умов утримання. На основі тривалих спостережень у зимових садах автор створює систему оцінювання рослин за параметрами декоративності, фітонцидності та стійкості до умов середовища. У дослідження залучено близько 20 видів рослин, стан кожної з яких проаналізовано за допомогою регресійного аналізу. Розроблено шкалу, яка враховує сумарну дію температури, освітленості, вологості й агротехнічного режиму на рослину та її біологічну активність. Результати мають практичне застосування у сфері архітектури, дизайну та інженерії повітряного середовища. Автор доводить можливість використання таких моделей як основи для підбирання озеленення з урахуванням мікрокліматичних параметрів конкретних приміщень.

У п'ятому розділі дисертації автор узагальнює результати теоретичних і прикладних досліджень та на їх основі формулює практичні рекомендації щодо впровадження рослинних елементів у системи екологізації внутрішнього середовища. Здійснено апробування розроблених підходів на конкретному об'єкті – у зимовому саді Київського національного університету будівництва і архітектури. Наведено схеми розміщення рослин, що забезпечують максимальну ефективність очищення повітря, зокрема в зонах високого скупчення людей. Підтверджено доцільність інтегрування фітонцидних рослин у стратегії вентиляції та кондиціонування повітря. Автор зазначає, що такий підхід є особливо актуальним у контексті енергоефективності та підвищення комфорту людей. Розділ завершено обґрунтуванням можливостей масштабування дослідження на міжнародний

рівень у контексті боротьби з синдромом хворої будівлі.

9. Зауваження та дискусійні питання

1. У розділі 1 відсутній аналіз впливу фітонцидного озеленення на оцінку об'єкта будівництва за стандартами LEED, BREEAM, DGNB тощо. Чи є сенс на підставі результатів роботи пропонувати зміни до стандартів екологічного оцінювання?

2. У роботі не розглянуто ув'язку схеми організації повітрообміну з фітодизайном, зокрема можливості переривання перенесення хвороботворних мікроорганізмів разом з потоками вентиляційного повітря.

3. Для підтвердження психологічних ефектів у роботі доцільно було б провести соціологічне дослідження впливу озеленення на комфортне відчуття людей.

4. Існують об'єкти, на яких для сонцезахисту вікна практично повністю затінені вертикальним озелененням (в'юнкими рослинами). Доцільно було б розглянути, як таке рішення впливає на комфорт людей в літній період (освітлення набуває зеленого кольору), осінній (червоне та жовтогаряче освітлення) і зимовий (вид з вікна крізь густу «сітку» з ліан).

5. У роботі не розглянуто офіси типу Open Space зі щільним розміщенням постійних робочих місць і масовим перебуванням людей, що є найбільш небезпечним з огляду на розповсюдження захворювань повітряно-крапельним шляхом.

Наведені критичні зауваження не є принциповими і не позначаються на цілісності та науковій значущості дисертаційної роботи.

ВИСНОВОК

Подана до захисту дисертаційна робота Цюрюпи Юрія Володимировича «Дослідження та математичне моделювання біофільтраційних елементів для створення безпечного та комфортного середовища приміщень» є завершеним кваліфікаційним науковим дослідженням, яке містить нові результати, зокрема дані експериментальних спостережень за впливом рослинних елементів на мікроклімат приміщень, математичні моделі росту рослин і науково обґрунтовані рекомендації щодо їх використання у вентиляційних

системах. Робота повністю відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, передбаченими нормативною базою Міністерства освіти і науки України, а також освітньо-науковій програмі підготовки здобувачів ступеня PhD за спеціальністю 263 «Цивільна безпека». Автор заслуговує на присудження відповідного наукового ступеня.

Офіційна рецензентка,
докторка технічних наук, професорка,
професорка кафедри фізики
Київського національного
університету будівництва і архітектури



Наталія БУРДЕЙНА

Підпис професорки
Наталії Бурдейної

ЗАСВІДЧУЮ

Секретар Вченої ради Київського
національного університету
будівництва і архітектури



Микола КЛИМЕНКО