ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації на тему: **«Методи та моделі цифрового моніторингу і прогнозування технічного стану інженерно-будівельних систем в умовах щільної міської забудови»**, здобувача ступеня доктора філософії Кривди Кирила Євгеновича з галузі знань 19 — Архітектура та будівництво за спеціальністю 192 — Будівництво та цивільна інженерія.

1. Актуальність теми дисертації зумовлена ускладненням умов організації будівництва в щільно забудованих міських середовищах, де зведення, реконструкція та експлуатація окремих об’єктів безпосередньо впливають на технічний стан суміжних будівель, споруд та інженерних мереж. Інтенсифікація освоєння підземного простору, зростання висотності забудови й реалізація комплексних будівельно-інвестиційних проєктів підвищують вимоги до своєчасності виявлення деформацій і попередження ризиків порушення експлуатаційної безпеки. Водночас наявні системи інструментального моніторингу переважно орієнтовані на технічне забезпечення вимірювань, тоді як організаційно-технологічні механізми опрацювання даних, розподілу відповідальності та регламентованого реагування на відхилення залишаються недостатньо формалізованими. Це обмежує можливості узгодження моніторингових процедур із календарним плануванням будівельних робіт, контролем технічного стану об’єктів і прийняттям своєчасних управлінських рішень. Тому актуальним науково-практичним завданням є розроблення методів і моделей організаційно-технологічного моніторингу, що інтегрують оцінювання технічної стійкості комплексу будівельних мереж, контроль якості інформації та прогнозування змін із регламентованою організацією реагування.

Ступінь розробленості проблеми характеризується накопиченим науковим доробком у сферах інструментального моніторингу технічного стану будівельних конструкцій, геодезичного контролю деформацій, цифрового моделювання будівельних об’єктів, застосування методів машинного навчання та просторової аналітики. Значну увагу в сучасних дослідженнях приділено вдосконаленню засобів вимірювання, автоматизованому опрацюванню моніторингових даних, прогнозуванню змін технічного стану й цифровій трансформації будівельного виробництва. Водночас недостатньо розробленими залишаються методичні засади комплексного оцінювання стійкості просторово та функціонально взаємопов’язаних будівельних об’єктів, формалізація організаційної складової моніторингу та інтеграція технічних, інформаційних і

управлінських показників у єдину систему оцінювання та прогнозування. Отже, актуальність дослідження визначається нагальною потребою вдосконалення організації будівництва в умовах щільної міської забудови шляхом розроблення науково обґрунтованого організаційно-технологічного інструментарію, здатного забезпечити завчасне виявлення небезпечних змін, підвищити оперативність і обґрунтованість управлінських рішень та створити передумови для безпечного й стійкого функціонування комплексу будівельних мереж.

Отже, дисертаційне дослідження є науково обґрунтованим і своєчасним, а його результати мають вагомий науково-практичний потенціал щодо вдосконалення організаційно-технологічних процесів у будівництві, підвищення обґрунтованості управлінських рішень та забезпечення надійності й безпеки функціонування комплексу будівельних мереж.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дисертаційне дослідження виконано відповідно до наукових програм і планів КНУБА та Академії будівництва України й пов'язано з виконанням науково-дослідної роботи № 0124U005196 «Розробка науково-технічного інструментарію для планування діяльності будівельної організації». Наукові результати дослідження спрямовано на розвиток методів і моделей організаційно-технологічного моніторингу, удосконалення процедур контролю технічного стану взаємопов'язаних будівельних об'єктів та підвищення обґрунтованості управлінських рішень у будівництві. Запропонована нейромережева модель прогнозування стійкості функціонування комплексу будівельних мереж інтегрує просторові взаємозв'язки його елементів, показники якості моніторингових даних і характеристики управлінського реагування.

Зміст дисертаційної роботи узгоджений із вимогами законодавчих актів України, зокрема Закону «Про регулювання містобудівної діяльності» (чинна редакція від 24.02.2023 р.) щодо організаційних принципів планування та забудови територій, а також Закону «Про інвестиційну діяльність» (чинна редакція від 15.08.2022 р.) у частині регламентації девелоперських процесів у будівництві.

Дисертація повністю відповідає паспорту спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

3. Наукова новизна одержаних результатів.

У дисертації одержані такі наукові результати.

Вперше:

– запропоновано показник стійкості функціонування комплексу будівельних мереж, який, на відміну від підходів, орієнтованих на

оцінювання технічного стану окремих об’єктів, інтегрує технічну складову, сформовану на основі нормованих відносно граничних значень параметрів стану, інформаційну складову, представлену інтегральною оцінкою якості моніторингових даних, та управлінську складову, що характеризує оперативність ухвалення рішень, своєчасність реагування й результативність їх реалізації;

– сформовано архітектуру нейромережевої моделі прогнозування стійкості функціонування комплексу будівельних мереж, відмінною особливістю якої порівняно з моделями прогнозування деформацій окремих об’єктів є використання графа суміжності елементів комплексу, включення до вхідного вектора характеристик якості даних і управлінського реагування, а також визначення нижньої межі довірчого інтервалу прогнозу для її зіставлення з попереджувальним і граничним рівнями, установленими регламентом;

Удосконалено:

– методи оцінювання якості моніторингових даних шляхом уведення коефіцієнта старіння, що визначається з урахуванням тривалості інтервалу між циклами вимірювань, і застосування зваженого інтегрування сенсорних потоків на основі коефіцієнтів надійності, обернено пропорційних дисперсіям похибок відповідних каналів, що забезпечує можливість оцінювання похибки інтегрального показника з урахуванням метрологічних характеристик вимірювальних засобів;

– модель організаційно-технологічної структури системи інструментального моніторингу, яка, на відміну від існуючих моделей, передбачає виокремлення організаційного рівня, формалізацію розподілу функцій між учасниками моніторингового процесу, установлення попереджувальних і граничних рівнів контрольованих параметрів, а також визначення нормативних строків і кількісних показників своєчасності реагування;

Набули подальшого розвитку:

– понятійно-категоріальний апарат організаційно-технологічного моніторингу шляхом уточнення змісту понять «комплекс будівельних мереж», «стійкість його функціонування» та «організаційно-технологічний моніторинг стійкого функціонування комплексу»;

– методичний підхід до визначення періодичності циклів вимірювань, заснований на критерії статистичної значущості приросту контрольованого параметра та встановленні мінімально допустимого інтервалу між циклами з урахуванням швидкості розвитку деформацій і середньоквадратичної похибки вимірювань.

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації. Дисертація містить суттєво удосконалені наукові положення, які мають істотне значення для галузі знань 19 «Архітектура та будівництво».

Теоретична цінність результатів дисертаційного дослідження Кривди К.Є. полягає в розширенні теоретико-методичних засад спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» в частині організаційно-технологічного забезпечення моніторингу, оцінювання та прогнозування стійкості функціонування комплексу будівельних мереж. Дисертаційна робота реалізує розвиток системного підходу до вивчення взаємопов'язаних будівель, споруд та інженерних мереж у складних умовах щільної міської забудови. Теоретично обґрунтовано зміст понять комплексу будівельних мереж, стійкості його функціонування та організаційно-технологічного моніторингу, що створює підґрунтя для комплексного дослідження взаємовпливу елементів забудованої території. Розширено уявлення про структуру інструментально-цифровоо моніторингу шляхом поєднання технічної, інформаційн-цифрової та організаційно-управлінської складових у єдиній системі оцінювання. Розвинуто методологічні підходи до визначення якості моніторингових даних, урахування похибок вимірювань, старіння інформації та обґрунтування періодичності спостережень залежно від динаміки деформацій. Важливим теоретичним результатом є розроблення архітектури нейромережевої моделі CNN–LSTM–GNN, яка інтегрує просторові взаємозв'язки елементів комплексу, часові характеристики деформаційних процесів і показники якості даних. Її застосування розширює аналітичні можливості прогнозування технічного стану будівельних об'єктів і врахування невизначеності прогнозних оцінок під час обґрунтування рішень щодо безпеки. Подальшого розвитку набули методичні засади інтеграції результатів вимірювань із нормативними порогами та регламентованими процедурами реагування. Запропонована багаторівнева організаційно-технологічна структура системи моніторингу поглиблює теоретичні уявлення про взаємозв'язок вимірювальних, комунікаційних, аналітичних і управлінських процесів у будівництві. Розроблений інструментарій інтеграції сенсорних, просторових, часових та управлінських даних формує методологічне підґрунтя для переходу від фрагментарного контролю окремих об'єктів до комплексного прогнозного оцінювання стійкості взаємопов'язаних будівельних систем. У цілому результати дослідження збагачують теоретико-методичну й аналітичну базу спеціальності 192, розширюючи можливості наукового обґрунтування організації моніторингових процесів, прогнозування деформацій та підвищення експлуатаційної надійності й безпеки об'єктів будівництва в умовах

складного міського середовища.

Практичне значення одержаних результатів дисертаційної роботи полягає в розробленні методичних положень та організаційно-технологічного інструментарію моніторингу, оцінювання і прогнозування стійкості функціонування комплексу будівельних мереж у щільній міській забудові. Запропоновані методи оцінювання якості моніторингових даних, модель організації моніторингових процедур і нейромережева модель прогнозування створюють передумови для підвищення обґрунтованості технічних висновків та своєчасного виявлення небезпечних змін стану будівель і споруд. Практичну спрямованість дослідження посилює можливість урахування похибок вимірювань, актуальності даних, просторових взаємозв'язків між об'єктами та нормативних порогів деформацій. Розроблений інструментарій передбачає інтеграцію сенсорної інформації, просторових моделей і результатів аналітичного опрацювання в єдиному інформаційно-аналітичному середовищі. Запропонована архітектура програмно-апаратного комплексу Smart Stability Dashboard визначає основу для практичної реалізації функцій збирання, систематизації, аналізу та візуалізації моніторингових даних.

5. Використання результатів роботи. Використання нейромережевої архітектури CNN–LSTM–GNN розширює можливості прогнозування деформацій з урахуванням часової динаміки та взаємозалежності елементів комплексу. Важливе прикладне значення має формалізація розподілу відповідальності учасників моніторингу, установлення попереджувальних і граничних рівнів контрольованих параметрів та визначення строків реагування на виявлені відхилення. Це дає змогу узгоджувати результати інструментальних спостережень із процедурами технічного контролю й ухвалення управлінських рішень. Результати дослідження можуть бути використані організаціями, що здійснюють геодезичний та інструментальний моніторинг, замовниками будівництва й експлуатуючими організаціями під час планування циклів вимірювань і визначення необхідних коригувальних заходів. Запропоновані рішення також створюють методичне підґрунтя для інтеграції моніторингових даних із цифровими моделями будівельних об'єктів і територій. У сукупності практична цінність роботи полягає у формуванні цілісного інструментарію підтримки рішень, спрямованого на підвищення оперативності реагування, удосконалення контролю технічного стану та забезпечення надійності й експлуатаційної безпеки комплексу будівельних мереж у складних умовах міської забудови.

Результати дослідження мають *суттєві перспективи використання для підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю 192 «Будівництво та*

цивільна інженерія». Їх доцільно застосовувати в освітньому процесі під час викладання дисциплін, пов’язаних з організацією будівництва, технологіями цифрового моніторингу будівель і споруд, технічною діагностикою та інформаційним забезпеченням управління будівельними проєктами. Це сприятиме формуванню професійних компетентностей майбутніх фахівців щодо використання цифрових методів контролю технічного стану інженерно-будівельних систем, інтерпретації результатів моніторингових спостережень і застосування прогнозних моделей для обґрунтування технічних та організаційно-управлінських рішень в умовах щільної міської забудови.

6. Особиста участь автора в одержанні наукових та практичних результатів. Дисертаційна робота є самостійною науковою працею, у якій висвітлено власні ідеї та розробки автора, що дали змогу вирішити поставлені завдання. Робота містить теоретичні та практичні положення та висновки, сукупність яких кваліфікується як вагомий внесок у розвиток організації будівництва як складової наукового базису спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія». Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором особисто, що засвідчується 9 публікаціями, з яких 4 — одноосібні. У публікаціях, написаних у співавторстві, у списку власних джерел здобувачем чітко висвітлено власний внесок. При цитуванні інших авторів здійснено посилання на відповідні джерела.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі менеджменту в будівництві Київського національного університету будівництва і архітектури, наукові керівники Поколенко В.О. — доктор технічних наук, професор, професор кафедри менеджменту в будівництві та кандидата педагогічних наук, доцента Красильника Ю.С доцента кафедри професійної освіти Київського національного університету будівництва і архітектури

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, зроблено висновок, що дисертаційна робота Кривди К.Є. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Сукупний рівень коректних збігів у системі перевірки StrikePlagiarism склав 3%. У роботі належним чином відображено використані напрацювання інших дослідників із зазначенням відповідних джерел.

Дисертаційне дослідження виконане як цілісна, логічно структурована праця та повністю відповідає встановленим вимогам до оформлення дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 10 наукових праць у фахових виданнях категорії «Б», серед них:

- одноосібних — 4 (чотири);
- публікацій, де співавтором здобувача є одна особа, — немає;
- публікацій, де співавторів у здобувача більше, ніж одна особа, — 5. Кожна з цих публікацій враховується як одна публікація (згідно з підпунктом 1 пункту 8 у редакції Постанови КМ № 507 від 03.05.2024 р.).

Отже, здобувачеві у співавторстві зараховується 2,5 публікації у фахових виданнях категорії «Б». Разом йому зараховується 7,5 публікації у фахових виданнях зазначеної категорії.

8. Основні наукові праці, в яких опубліковані наукові результати дисертації.

Статті у наукових фахових виданнях України, які індексуються в міжнародних наукометричних базах:

1. Кривда К. Є., Стельмах О. В., Данілов С. Ю., Науменко Є. В. Системний аналіз концептуальних основ управління трудовими ресурсами в IT-середовищі з урахуванням трансформації парадигм під впливом динаміки цифрової економіки. Будівельне виробництво, 2025, (80), 77–85.

DOI: https://doi.org/10.36750/2524-2555.80.77-85 (Особистий внесок здобувача полягав у систематизації підходів до аналізу управлінських процесів у цифровому середовищі, визначенні взаємозв'язків між інформаційними чинниками та організацією управління, а також обґрунтуванні значення цифрових інструментів для адаптації управлінських систем до змін зовнішніх умов).

2. Кривда К. Є., Данілов С. Ю., Стельмах О. В., Науменко Є. В. Теоретичні основи мультиагентного моделювання у системах управління трудовими ресурсами з акцентом на міждисциплінарну інтеграцію та поведінкову складову. Містобудування та просторовий розвиток, 2025, (14), 110–121.

DOI: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.14.110-121 (Особистий внесок здобувача полягав в опрацюванні теоретичних засад мультиагентного моделювання, систематизації підходів до врахування поведінкових характеристик учасників і взаємодії елементів складних систем. Одержані напрацювання сприяли розвитку методологічних підходів до моделювання взаємозалежних процесів та обґрунтування управлінських рішень).

3. Кривда К. Є. Інтелектуальні технології та програмно-апаратні рішення в системі управління експлуатаційною безпекою будівель і споруд. Містобудування та територіальне планування, 2026, (92), 429–441.

DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815X.2026.92.429-441

4. Кривда К. Є. Формування наукових основ системного моніторингу в умовах просторово-функціональної трансформації урбанізованих територій. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2025, 56(2), 170–182.

DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(2).170-182

5. Кривда К. Є. Інформаційно-аналітичні інструменти та технологічні платформи оцінки в забезпеченні управлінських рішень щодо контролю процесів. Містобудування та територіальне планування, 2026, (91), 418–430.

DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2026.91.418-430

6. Кривда К. Є. Цифрові інструменти та техніко-методичні платформи моніторингу як засіб підтримки управлінських рішень у системі контролю щільної забудови. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2026, 57(1), 136–157.

DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2026.57(1).136-157

7. Кривда К. Є., Грабчак Д. В., Пелехатий Р. М., Коваленко В. В. Еволюція управлінських моделей девелопменту як форми організації інвестиційно-будівельної діяльності. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2024, 2(54), 129–141.

DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(2).129-141 (Особистий внесок здобувача полягав в аналізі еволюції управлінських моделей будівельного девелопменту, систематизації сучасних організаційних підходів та визначенні ролі цифровізації й інтеграції управлінських інструментів у реалізації інвестиційно-будівельних проєктів. Результати дослідження поглиблюють системне розуміння організації взаємопов’язаних процесів у будівельній діяльності).

8. Кривда К. Є., Чуприна Х. М., Герасимчук О. В., Макеєв Д. С. Методологічні та практичні основи трансформації операційної діяльності підприємств у сфері будівельного інжинірингу та управлінського консалтингу. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2025, 1(55), 100–115.

DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(1).100-115 (Особистий внесок здобувача полягав у дослідженні напрямів трансформації операційних процесів у сфері будівельного інжинірингу, систематизації підходів до їх удосконалення та визначенні можливостей застосування цифрових

технологій для підвищення узгодженості управлінських і виробничих процедур).

9. Кривда К. Є., Малихін М. О., Дубенський О. М., Кузьмін Т. Р. Теоретико-методологічні основи інтегрованого підходу до оптимізації критеріїв життєвого циклу проєкту будівельного девелопменту. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2025, 1(55), 183–200.

DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(1).183-200 (Особистий внесок здобувача полягав в опрацюванні підходів до комплексного оцінювання життєвого циклу будівельного девелоперського проєкту, визначенні значення багатокритеріального аналізу та врахування ризиків, а також дослідженні можливостей інтеграції цифрових інструментів у процеси планування й контролю).

10. Кривда К. Є., Красильник Ю. С. Інтелектуальні технології та програмно-апаратні рішення в системі управління експлуатаційною безпекою будівель і споруд. Містобудування та територіальне планування. 2026. № 92. С. 429–441. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2026.92.429-441 (*Особистий внесок здобувача:* обґрунтовано структуру системи управління експлуатаційною безпекою будівель і споруд на основі інтелектуальних технологій; систематизовано програмно-апаратні рішення для цифрового моніторингу технічного стану конструкцій та інженерних систем і визначено напрями їх інтеграції в систему прогнозування технічного стану в умовах щільної міської забудови.)

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Кривди К.Є. «Методи та моделі цифрового моніторингу і прогнозування технічного стану інженерно-будівельних систем в умовах щільної міської забудови», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. 5, 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КНУБА зі спеціальності 192 — Будівництво та цивільна інженерія.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу «*Методи та моделі цифрового моніторингу і прогнозування технічного стану інженерно-будівельних систем в умовах щільної міської забудови*», подану Кривдою К.Є. на здобуття ступеня

«доктора філософії» (PhD) за спеціальністю 192 — Будівництво та цивільна інженерія, — до захисту.

2. Головою спеціалізованої (разової) вченої ради призначити — ЧУПРИНУ Юрія Анатолійовича, доктора економічних наук, професора, професора кафедри менеджменту в будівництві Київського національного університету будівництва і архітектури.

Рецензентами призначити:

- ПРИХОДЬКА Дмитра Олександровича, кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри менеджменту в будівництві Київського національного університету будівництва і архітектури;
- ДУБІНІНА Дениса Владиславовича, кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри економіки будівництва Київського національного університету будівництва і архітектури.

Опонентами призначити:

- ДОНЕНКА Василя Івановича, доктора технічних наук, професора, професора кафедри будівництва, урбаністики та промислового планування Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля;

ДАНКЕВИЧ Наталію Олександрівну, кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри промислового та цивільного будівництва Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.П. Потебні Запорізького національного університету.

Рішення прийнято одноголосно («за» — 24 (двадцять чотири), «проти» — немає, «тих, хто утримався» — немає).

Головуючий на розширеному засіданні **Олексій ТУГАЙ**
кафедри ОУБ
докт. техн. наук, професор,
завідувач кафедри ОУБ КНУБА

Секретар розширеного засідання **Олена ЄМЕЛЬЯНОВА**
кафедри
канд. наук з держ. управл., доцент

«Підписи проф. Тугая О.А. та доцента Ємельянової О.М. засвідчую»
Вчений секретар КНУБА **Микола КЛИМЕНКО**
к.т.н., доцент