

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
ЯКОВЕНКА МИХАЙЛА СЕРГІЙОВИЧА
**«Технології комбінування геодезичних та інклінометричних методів
моніторингу деформацій будівель і споруд»,**
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 193 - Геодезія та землеустрій

Детальне вивчення дисертації ЯКОВЕНКА Михайла Сергійовича «ТЕХНОЛОГІЇ КОМБІНУВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ТА ІНКЛІНОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ ДЕФОРМАЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД», а також його наукових публікацій, дозволяє сформулювати результати щодо актуальності, наукового рівня, обґрунтованості наукових положень, наукової новизни, висновків і рекомендацій, практичного значення і загальної оцінки роботи.

Актуальність обраної теми здобувача

Актуальність теми дисертаційного дослідження обґрунтована тим, що сучасні умови розвитку будівництва та експлуатації будівель і споруд вимагають впровадження високоточних і надійних систем для моніторингу напружено-деформованого стану. Інтенсивна урбанізація, ущільнення забудови, спорудження глибоких котлованів у складних інженерно-геологічних умовах, прояви зсувних процесів, а також значні пошкодження будівельної інфраструктури внаслідок військових дій на території України істотно підвищують ризики деформацій існуючих будівель та споруд і аварійних ситуацій.

Це формує гостру потребу у вдосконаленні методики моніторингу технічного стану об'єктів та у створенні інструментів раннього попередження розвитку небезпечних деформацій.

У зв'язку з цим тема дисертаційного дослідження ЯКОВЕНКА Михайла Сергійовича є безперечно актуальною та своєчасною.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційного дослідження

У дисертаційній роботі проаналізовано сучасні підходи до деформаційного моніторингу, фактори деформування будівель і споруд, розглянуто вітчизняний та зарубіжний досвід організації систем моніторингу, нормативну базу в Україні та концепцію цифрового двійника.

Теоретично обґрунтовано інтегрований підхід до спостережень у системі «огородження котловану – ґрунтовий масив – оточуюча забудова». Проаналізувавши попередні дослідження автор визначив, що окремі геодезичні чи геотехнічні методи не забезпечують повноцінного контролю системи «огородження котловану – ґрунтовий масив – оточуюча забудова», а тому необхідним є розроблення технології комбінування методів моніторингу з

інтеграцією даних у єдине деформаційне поле.

Належний рівень обґрунтованості запропонованих здобувачем наукових положень забезпечено за рахунок системного та коректного використання комплексу загальнонаукових і спеціальних методів, що дозволило повною мірою досягти поставленої мети.

Достовірність основних положень

Достовірність основних положень, викладених у роботі, підтверджується таким:

- висновками, отриманими автором у процесі аналізу теоретичних праць і практичних напрацювань за обраною тематикою;
- коректним застосуванням загальнонаукових і спеціальних методів дослідження;
- апробацією результатів дослідження та їх впровадженням у виробничі процеси.

Отже, наведені аргументи свідчать про те, що основні положення дисертації є достовірними й науково обґрунтованими. Також слід зазначити, що вони відповідають меті й завданням дослідження. Про високий рівень наукової підготовки здобувача свідчить ґрунтовність опрацювання зазначених положень.

Водночас окремі положення роботи потребують більш детального обґрунтування, що, однак, не знижує загальної позитивної оцінки дисертаційного дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів

Вагомість наукової новизни підтверджують наступні одержані результати: уперше розроблено науково обґрунтовану технологію інтегрованого застосування геодезичних та інклінометричних методів для моніторингу деформацій будівель і споруд у складних інженерно-геологічних умовах, що забезпечує підвищення точності та інформативності контролю; практично підтверджено ефективність адаптованої технології на прикладах об'єктів із пошкодженнями, що засвідчило її придатність для оперативного аналізу та прийняття інженерних рішень; удосконалено технологічні схеми комплексного моніторингу, які були покладені в основу розроблення нормативних документів, що регламентують моніторинг технічного стану будівель і споруд.

Практичне значення виконаних досліджень

Результати дисертаційного дослідження ЯКОВЕНКА Михайла Сергійовича можуть бути використані для моніторингу деформацій будівель і споруд у складних інженерно-геологічних умовах в рамках науково-технічного супроводу об'єктів будівництва, що забезпечує підвищення точності та оперативності контролю їх просторового стану в реальних умовах експлуатації. Для оцінки та моніторингу технічного стану пошкоджених будівель і споруд від воєнних дій.

Запропоновані рішення здобувача практично реалізовано використанням отриманих даних для побудови цифрових геометричних двійників, що розширює можливості подальшого аналізу, моделювання деформацій та підтримки прийняття інженерних рішень щодо відновлення або посилення конструкцій.

До суттєвих практичних досягнень роботи належать нормативні документи України, де і реалізовані напрацювання дисертаційних досліджень: СОУ ДП НДІБК В.1.3-02495431-020:2025 «Особливості геодезичних досліджень при обстеженні пошкоджених будівель і споруд»; ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд.

Повнота викладу матеріалів в опублікованих працях

За темою дисертаційного дослідження здобувачем опубліковано 30 наукових праць, зокрема: 12 статей у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 3 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus (Q3 та Q4); 5 доповідей на конференціях, проіндексованих у наукометричній базі Scopus; 10 публікацій у збірниках матеріалів наукових конференцій, які засвідчують апробацію результатів дослідження та додатково відображають наукові результати дисертації.

Кількість публікацій за темою є достатньою. Їхній зміст відповідає заявленим завданням, об'єкту і предмету дослідження. Якість і кількість публікацій повністю відповідає вимогам п.8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».

Оцінка змісту, стилю та мови дисертації, її завершеності, оформлення

Представлена до розгляду дисертаційна робота складається з таких частин: анотації, вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (189 найменувань) і двох додатків. Загальний обсяг роботи становить 245 сторінок, з яких 203 сторінки – основний текст; робота містить 88 рисунків і 33 таблиці; перелік використаних джерел викладено на 18 сторінках; два додатки – на 9 сторінках. У додатках наведено інформацію про впровадження результатів дисертаційного дослідження.

У **вступі** автором обґрунтовано актуальність теми. Визначено мету дослідження, що відповідає обраній темі та розкривається через поставлені завдання. Предмет дослідження узгоджується з назвою роботи та об'єктом дослідження. Визначено наукову новизну дослідження і практичне значення. Відображено апробацію отриманих результатів.

У першому розділі «**Аналіз сучасних підходів до моніторингу деформацій і оцінки технічного стану будівель та споруд**» проаналізовано сучасні підходи до геодезичного моніторингу деформацій, фактори деформування будівель і

споруд, розглянуто вітчизняний та зарубіжний досвід організації систем моніторингу, нормативну базу в Україні та концепцію цифрового двійника. Показано, що окремі геодезичні або геотехнічні методи не забезпечують повноцінного контролю системи «огородження котловану – ґрунтовий масив – оточуюча забудова», тому необхідним є розробка технології комбінування методів моніторингу з інтеграцією даних у єдине деформаційне поле. Сформульовано наукову та практичну постановку завдань, обґрунтовано мету й завдання дослідження.

У другому розділі **«Методичні основи комбінування геодезичних та інклінометричних методів моніторингу для створення цифрового двійника»** здобувач теоретично обґрунтував інтегрований підхід до спостережень у системі «огородження котловану – ґрунтовий масив – оточуюча забудова».

Здобувачем розроблено технологічну схему комбінування геодезичних та інклінометричних методів моніторингу деформацій будівель і споруд.

У третьому розділі **«Експериментальні дослідження комбінування геодезичних та інклінометричних методів моніторингу для створення цифрового двійника»** наведено результати експериментальних досліджень. На експериментальному полігоні в м. Києві (2014–2019 рр.) виконано комбінований моніторинг деформацій у зоні впливу від розробки глибокого котловану на схилі Кловського яру. Встановлено, що фактичні деформації огороження (горизонтальні до 65 мм та осідання фундаментів до 39 мм) перевищили розрахункові значення, але завдяки систематичному моніторингу та коригуванню проектних рішень вдалося запобігти аварійним ситуаціям для будівель оточуючої забудови. Зафіксовано поетапний характер розвитку деформацій: спочатку – огороження котловану, далі – зсувні процеси в ґрунтовому масиві (інклінометричні свердловини), потім – осідання фундаментів і розкриття тріщин у будівлях.

Розділ 3 демонструє еволюцію технологій від довоєнного відпрацювання технологій комбінування методів моніторингу в складних інженерно-геологічних умовах до їх адаптації для вирішення критичних задач воєнного часу. Отримані результати підтверджують універсальність і гнучкість запропонованої технології та її потенціал для міжнародного використання в системах управління ризиками в умовах техногенних і воєнних катастроф.

Узагальнюючи оцінку представленої роботи, доцільно визначити основні здобутки:

- уперше розроблено науково обґрунтовану технологію інтегрованого застосування геодезичних та інклінометричних методів для моніторингу деформацій будівель і споруд у складних інженерно-геологічних умовах, що забезпечує підвищення точності та інформативності контролю;
- подальшого розвитку набула методика практичного застосування розробленої технології для різних типів будівель і споруд, що дозволило

розширити сферу її використання в складних інженерно-геологічних умовах;

- практично підтверджено ефективність адаптованої технології на прикладах об'єктів із пошкодженнями, що засвідчило її придатність для оперативного аналізу та прийняття інженерних рішень;
- удосконалено технологічні схеми комплексного моніторингу, які були покладені в основу розроблення нормативних документів, що регламентують моніторинг технічного стану будівель і споруд.

Є певні зауваження й пропозиції до змісту роботи:

1. Серед публікації у Scopus є дві статті, що містять фотограмметричні методи дослідження пошкоджених будівель і споруд, а в основі дисертації відсутні згадки про методи фотограмметрії, яка роль фотограмметричних методів у дисертаційному дослідженні?

2. У другому розділі дисертації запропоновано технологічну схему комбінування геодезичних та інклінометричних методів моніторингу. Разом з тим доцільно було б більш детально розглянути питання алгоритмізації інтеграції різнорідних моніторингових даних у єдине інформаційне середовище.

3. У роботі значна увага приділена формуванню геометричного цифрового двійника будівлі. Було б доцільно ширше розглянути можливості інтеграції розробленої технології з сучасними BIM-платформами та геоінформаційними системами для забезпечення автоматизованого аналізу деформацій.

4. У третьому розділі наведено результати експериментальних досліджень на полігоні в районі Кловського яру в м. Києві. Разом з тим доцільно було б більш детально представити статистичну оцінку узгодженості результатів геодезичних та інклінометричних вимірювань.

5. У дисертації розглянуто адаптацію запропонованої технології до умов воєнного часу для оцінки технічного стану пошкоджених будівель. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення запропонованої методики шляхом використання дистанційних методів спостережень (БПЛА-фотограмметрія, InSAR тощо).

6. У подальших дослідженнях доцільно розглянути можливість створення автоматизованих систем моніторингу з використанням датчиків та IoT-технологій для безперервного контролю деформацій.

7. У тексті дисертаційної роботи містяться поодинокі орфографічні, стилістичні та пунктуаційні помилки, а також поодинокі випадки вживання русизмів.

Зазначені зауваження й пропозиції не зменшують наукову цінність роботи та не є перешкодою для її захисту. Дисертацію виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії»

Незважаючи на окремі дискусійні питання, дисертація **ЯКОВЕНКА Михайла Сергійовича** «Технології комбінування геодезичних та інклінометричних методів моніторингу деформацій будівель і споруд» повністю відповідає вимогам пунктів 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». Дисертаційне дослідження є його особистою роботою, а теоретичні й практичні результати дослідження вказують на суттєвий особистий внесок автора в українську науку.

Загальний висновок

Дисертація **ЯКОВЕНКА Михайла Сергійовича** «Технології комбінування геодезичних та інклінометричних методів моніторингу деформацій будівель і споруд» є завершеною науковою працею, яка містить суттєву наукову новизну та практичну цінність. Ця робота може вважатись вагомим внеском у розвиток будівельної галузі у питаннях науково-технічного супроводу та підчас відновлення пошкоджених будівель і споруд.

Роботу представлено на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 193 - Геодезія та землеустрій; вона повністю відповідає «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 напрямку освітньо-наукової програми Київського національного університету будівництва і архітектури із зазначеної спеціальності, а її автор – **ЯКОВЕНКО Михайло Сергійович** заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 193 - Геодезія та землеустрій.

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри геоінформатики
ННІ "Інститут геології"
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка



Тетяна МАЛІК