

ВІДГУК

**офіційного опонента кандидата технічних наук, професора Довженко О.О.
про дисертаційну роботу Дуніна Володимира Андрійовича**

«Вплив промислових вибухів на довговічність конструкцій будівель в умовах м. Кривий ріг»,

що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди у спеціалізовану вчену раду К 26.833.01 при Державному підприємстві «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»

Представлена дисертація викладена на 205 сторінках, у т.ч. на 138 сторінках основного тексту, має 2 додатки, список використаних джерел включає 135 найменувань, а її автореферат викладений на 26 сторінках

В цілому, побудова дисертації, її об'єм та наповнення відповідає вимогам ДАК МОН України до кандидатських дисертацій.

Актуальність теми дисертації. Достовірне оцінювання та прогнозування технічного стану будівельних конструкцій будівель (споруд) у процесі їх експлуатації дозволяє попередити виникнення аварій та пов'язаних з ними матеріальних збитків і людських втрат, а також раціонально використовувати кошти на виконання поточних і капітальних ремонтів. Наразі спостерігається світова тенденція до зростання сейсмічної небезпеки як у сейсмічно активних районах, так і в тих, які раніше до них не належали. Останнім часом все більше занепокоєння викликають, так звані, промислові землетруси, котрі виникають внаслідок проведення вибухових робіт на кар'єрах, які часто впритул наближаються до околиць промислових міст. При короткоуповільненому підриві великої кількості зарядів спостерігається збільшення як кількості коливань з близькими за частотою та величиною амплітудами, так і загальної їх тривалості, що може бути небезпечним для будівель (споруд), які знаходяться на межі санітарно-охоронних зон кар'єрів для видобутку залізної руди, через збільшення ймовірності виникнення їх резонансних коливань. Однак до теперішнього часу відсутні науково обґрунтовані теоретичні методи прогнозу сейсмічної небезпеки вибухів і методи захисту будівель (споруд) від їх шкідливого впливу. Діючі Єдині правила безпеки при вибухових роботах не можуть враховувати всієї різноманітності умов, в яких вони проводяться. Визначення щільності потоку сейсмічної енергії вимагає великого обсягу статистичного матеріалу, який накопичується на основі інструментальних вимірювань для конкретних умов. Наявних даних для прогнозування зазначеного параметра вибуху без проведення додаткових інструментальних вимірювань недостатньо. Виходячи з цього, тема дисертаційної роботи, що присвячена розв'язанню важливого завдання дослідження впливу промислових вибухів в залізорудних кар'єрах Кривого Рогу на

будівлі та споруди, розташовані на межі їх санітарно-охоронних зон, які знаходяться в безпосередній близькості або охоплюють житлові квартали міста, є актуальною та підкреслює важливість поставлених у роботі задач для забезпечення надійної та безпечної експлуатації будівель та споруд.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Робота виконана у державному підприємстві «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій». Отримані результати є складовою частиною досліджень, які проводилися в відділі автоматизації досліджень та сейсмостійкості будівель та споруд у 2000 – 2021 роках та увійшли до звітів тем, зареєстрованих в УкрІНТЕІ. окремі дослідження виконувалися в рамках науково-дослідних робіт з розробки Настанови (державного будівельного нормативного документу України) ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016, а також «Розроблення проекту ДБН на заміну ДБН В.1.1-12-2006 «Будівництво у сейсмічних районах України» (№ державної реєстрації 0112U003603).

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій. Роботу, котра рецензується, характеризує необхідний науково-методичний рівень. Поєднання експериментальних методів досліджень на сертифікованому й атестованому дослідному обладнанні з теоретичними, котрі базуються методах математичного та чисельного моделювання, є гарантією достовірності оцінювання впливу промислових вибухів в залізорудних кар'єрах Кривого Рогу на будівлі та споруди, розташовані на межі їх санітарно-охоронних зон.

Представлені наукові положення та результати дисертаційної роботи є достатньо обґрунтованими, висновки – достовірними. Науковий рівень результатів досліджень, виконаних Дудіним В.А, достатній для дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в тому, що: вперше отримані нові експериментальні дані про вплив промислових вибухів на технічний стан будівель та споруд, розташованих на межі санітарної зони кар'єрів м. Кривий Ріг методами інтегральної вібраційної діагностики; вперше розроблено методику оцінки життєвого ресурсу будівель та споруд, яка включає експериментальні дослідження динамічної реакції будівель (споруд) на вибухові впливи в поєднанні з візуальним оглядом, математичне моделювання досліджуваного об'єкта та об'єднання результатів досліджень з підсумковим аналізом.

Практична цінність роботи полягає в розробці комплексної методики оцінювання життєвого ресурсу будівель (споруд) з використанням сучасного покоління автоматизованих приладів неруйнівної діагностики. Здобувач брав участь в розробці ДБН В.1.2-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України» та ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 «Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд».

Повнота відображення основних положень дисертації в опублікованих роботах. За темою дисертації опубліковано 11 робіт, із яких 7 статей у фахових виданнях України, 2 роботи в журналі, що індексується у наукометричній базі даних Scopus (квартиль 2), 1 робота в матеріалах конференції, що проіндексовані в наукометричній базі даних Scopus. Опубліковані матеріали достатньо повно висвітлюють основні положення роботи.

Дослідження автора широко апробовані на науково-практичних конференціях різного рівня.

Ідентичність автореферату основним положенням дисертації.

Автореферат викладено державною мовою. Його написано на достатньому науково-методичному рівні, проілюстровано. Він містить необхідну інформацію для сприйняття результатів досліджень і повністю віддзеркалює їх сутність. Автореферат відповідає змісту дисертації.

Аналіз змісту дисертації.

У вступі (8 с.) обґруntовується актуальність теми, представлене науково-технічне завдання визначення впливу промислових вибухів в залізорудних кар'єрах Кривого Рогу на будівлі та споруди, котрі розташовані на межі їх санітарно-охранних зон в безпосередній близькості від житлових кварталів міста. Сформульовані мета, задачі, об'єкт, предмет, методи досліджень, їх наукова новизна та практична значимість, визначено особистий внесок здобувача й описана апробація результатів роботи.

Розділ 1 «Сучасний стан досліджень впливів промислових вибухів на НДС будівель та споруд» (48 с.) включає розгляд механізму формування сейсмічних коливань від промислових вибухів. Наголошено на тому, що основним методом вивчення сейсмічної дії вибуху наразі залишається лише аналіз результатів інструментальних спостережень, а прогноз сейсмічної небезпеки і вибір раціональної технології промислових вибухів досі базується на емпіричних залежностях основних показників коливань від умов виконання вибухів. Розглянуті типові пошкодження будівель і споруд від промислових вибухів: падінні димових труб, обвалення конструкцій перекриття будівлі, розшарування фундаментів, тріщини в несучих стінах, пошкодження штукатурки, осипання побілки, порушення засклення вікон внаслідок перекосу віконних рам у будівлях, які мають відносно рухливі несучі стіни й інші. Ретельно проаналізовано нормативні документи України та міжнародні стандарти щодо допустимих рівнів динамічних впливів на будівлі, споруди та високоточне обладнання. Розглянуто сучасні методи динамічного розрахунку основ і фундаментів будівель (споруд). Проаналізовано зміни в визначенні проектного терміну експлуатації та довговічності будівель (споруд), які відбулися останнім часом.

Проведений аналіз виявив значну складність вирішення задач оцінки впливу промислових вибухів на існуючу забудову, обумовлену незадокументованістю вихідної інформації про вибухи, розмаїттям конструктивних схем будівель та

споруд, складністю взаємодії верхньої частини будівель з основою, змінністю силових сполучень та їх впливів, нелінійними властивостями матеріалів будівельних конструкцій будівель і споруд, недостатньою вивченістю їх технічного стану, наявністю дефектів і пошкоджень, які не враховуються при математичному моделюванні напружене-деформованого стану багатьма пакетами прикладних програм, що сертифіковані в Україні.

Розглянуті здобувачем джерела інформації в цілому можна визнати достатніми.

Розділ 2 «Системна методологія експериментально-аналітичного врахування динамічних впливів» (18 с.) присвячений викладенню інформації про віброметричну апаратуру, котра використовується для визначення сейсмічних навантажень на прилеглий ґрунт: із дротовим та бездротовим (багатоканальна вимірювальна система «Сейсмомоніторинг» зв'язком для передачі сигналів на записуючій пристрій. Визначення реакції будівельних об'єктів на динамічні навантаження крім експериментальних включає також і теоретичні дослідження, котрі направлені на визначення внутрішніх зусиль у несучих конструкціях досліджуваної будівлі при дії сейсмічних навантажень як фактору циклічного впливу на досліджуваний об'єкт. Теоретичні розрахунки пропонується проводити із застосуванням розрахункового програмного комплексу «ЛІРА-САПР», опис якого наведено в розділі. Також запропоновано розрахунковий апарат для визначення параметрів сейсмічної реакції будівель, споруд та конструкцій при динамічних впливах від промислових вибухів.

У розділі 3 «Експериментальні дослідження об'єктів Кривого Рогу» (54 с.) висвітлено процес та результати натурних вимірювань рівнів вібраційного впливу при масових вибухах на кар'єрах ВАТ «Північний ГЗК», РУ ГЗК «Криворіжсталь» та ВАТ «ЦГЗК». В якості об'єктів дослідження були обрані одноповерхова житлова будівля із цегляними стінами, двоповерхова будівля школи зі стінами із піляного вапняку, будівлі Свято-Володимирського кафедрального собору та Церкви Різдва Пресвятої Богородиці із цегляними стінами, трьохповерховий будинок середньої школи з несучими поздовжніми цегляними стінами, чотириповерховий житловий будинок з перехресно стіновою конструктивною системою та несучими стінами із шлакобетонних блоків, п'ятиповерховий житловий будинок з перехресно стіновою конструктивною системою та цегляними несучими стінами, п'ятиповерховий та дев'ятиповерховий панельні житлові будинки. Основним критерієм вибору було розташування будівель поблизу меж санітарно-захисної зони кар'єрів. Також бралися до уваги технічний стан будівель і їх поверховість. В процесі обстеження будівель виявлені окремі вертикальні, горизонтальні та похилі тріщини в стінах, тріщини уздовж стиків стінових панелей, горизонтальні тріщини в перекриттях.

Методика інструментальних обстежень передбачала вимірювання віброприскорення та віброшвидкості ґрунту й будівельних конструкцій у

вертикальному і двох горизонтальних напрямках. Реєстрація вібросигналів виконувалася однокомпонентними датчиками ДН-3-М1 і СМ-3 та багатокомпонентними датчиками 4321 фірми "Brüel&Kjær" (Данія) з посиленням сигналів за допомогою вимірювачів вібрації і шуму марки ВШВ-003-М2 тавіброшумоміра "Brüel&Kjær" 2237. Запис вібросигналів виконувався в прямому режимі на восьмиканальний магнітофон PC208Ax фірми «SONY».

Для визначення амплітуд зареєстрованих прискорень конструкцій і ґрунту виконувалася обробка вібросигналів і їх спектральний аналіз за спеціалізованою програмою ПОС. Аналіз спектрів прискорень ґрунту при вибухах дозволив встановити, що домінуючі частоти знаходяться в діапазоні 1 – 48,0 Гц, що підтверджує можливість коливань конструкцій будівель (перекриття, стін) у режимі, близькому до резонансного. Крім того, з метою виключення осідання фундаментів будівель при вибухах, передбачено обмеження прискорення ґрунту значенням $15 \text{ см}/\text{s}^2$. Надані рекомендації щодо визначення величини небезпечної відносної відстані від осередку заряду.

У розділі 4 «Експериментально-аналітичні дослідження» (40 с.) наведено результати натурних вимірювань рівнів вібраційного впливу при масових вибухах на кар'єрах ВАТ «Південний ГЗК». Нові технології при ініціалізації вибуху дозволили знизити рівень сейсмічного впливу й ударно-повітряної хвилі на ґрунт і будівлі, розташовані в безпосередній близькості до місця проведення вибухових робіт в кар'єрі. Для підтвердження можливості збільшення маси вибухових речовин з метою підвищення видобутку залізної руди в кар'єрі було проведено уточнення параметрів сейсмічного впливу і повітряної ударної хвилі на будівлі і споруди при масових вибухах у кар'єрі «Південний ГЗК». Досліджувалися будівля середньої школи, Церкви Різдва Пресвятої Богородиці, Центру дитячої та юнацької творчості «Мрія», одноповерхових приватних житлових будинків з цегляними стінами.

Зареєстровані значення віброшвидкості ґрунту у шести обстежуваних будівлях відповідають інтенсивності сейсмічних впливів від 1 до 3 балів за шкалою MSK - 64. Виявлено можливість збільшення маси вибухових речовин при проведенні промислових масових вибухів в кар'єрі «Південний ГЗК» до 700 тон

Для прогнозування технічного стану Будинку дитячої та юнацької творчості «Мрія» була розроблена комп'ютерна модель будівлі за допомогою програмного комплексу «Ліра-9.6» на основі методу скінченних елементів, в якості зовнішнього сейсмічного впливу на будівлю були прийняті реальні акселерограми ґрунту радіального і тангенціального напрямів.

Для чисельних досліджень було створено дві розрахункові схеми будівлі: без пошкоджень і з пошкодженнями в несучих стінах, виявлених в процесі обстеження. Цифрові значення динамічних параметрів напружено-деформованого стану комп'ютерної моделі будівлі були головними критеріями

для перевірки її коректності. Отримані значення частот і періодів власних коливань за формами 1, 2, 7 для комп'ютерної моделі будівлі виявилися близькими до зареєстрованих експериментальних значень, що свідчить про її коректність. Поряд з оцінкою динамічних параметрів моделі будівлі була проведена оцінка її деформованого стану при сейсмічних впливах.

Розрахунки виконувалися в нелінійній постановці.

На основі системного об'єднання експериментальних даних і результатів математичного моделювання отримано прогноз погіршення технічного стану залізобетонних конструкцій будівлі Центру в умовах постійно діючих вибухових впливів від кар'єра ПівдГЗК. Розрахунки ризиків руйнування несучих елементів будівлі Центру для всіх вразливих зон дозволили спрогнозувати оцінку життєвого ресурсу, який зменшився в порівнянні з нормативним на ~ 30 років (у 2012 р.). Визначено темпи зниження життєвого ресурсу Центру.

У загальних висновках (2 сторінки) автор приводить загальні підсумки роботи.

Зауваження та побажання за роботою:

1) Значно завищений обсяг першого розділу (52 сторінки) за рахунок викладення загальних уявлень про сейсмічні хвилі, сейсмічний осередок вибуху, інформації про еволюцію призначення проектного терміну експлуатації та довговічності будинків і споруд, наявності великої кількості таблиць із інформацією (25 таблиць);

2) Відсутні висновки за першим та другим розділами (хоча наявні висновки за окремими підпунктами цих розділів).

3) В Україні для класифікації сейсмічної інтенсивності використовується 12-балльна шкала за ДСТУ Б В.1.1-28:2010. Данна сейсмічна шкала розроблена у зв'язку з необхідністю адаптації до Європейської макросейсмічної шкали EMS-98 для зближення національної нормативної бази будівельної галузі з європейською та відміною в Україні шкали MSK-64 (ГОСТ6249-52), на яку в роботі є посилання.

4) В четвертому розділі наявні елементи огляду (п. 4.2. Зниження життєвого ресурсу будівель при регулярних вибухових впливах).

5) Зауваження до оформлення роботи: підписи під рисунками не розшифровують номери позицій, винесені на них, наприклад рис. 1.2 (стор. 31), на рисунках зустрічаються надписи російською мовою, наприклад рис. 1.7 (стор. 44), рис. 1.9 (стор. 51), в третьому розділі номер формули позначений як (4.1) (стор.142).

6) Серед задач дослідження задекларовано узагальнення прямого динамічного методу розрахунку каркасних залізобетонних будівель в сукупності з теорією ризику при сейсмічних знакозмінних навантаженнях для оцінки їх ресурсу, однак будівля, для якої відбувається моделювання, представляє собою 3-поверховий цегляний будинок.

7) В загальних висновках відсутні будь-які числові параметри впливу промислових вибухів в залізорудних кар'єрах Кривого Рогу на будівлі (споруди), розташовані на межі їх санітарно-охоронних зон, та оцінки життєвого ресурсу цих будівель.

Загальна оцінка роботи

1. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, в який вирішено важливе науково-технічне завдання. Вона має актуальність, наукову новизну та практичне значення.

2. Робота має достатній ступінь апробації. Результати дисертаційної роботи доповідались на конференціях різного рівня, а також повно висвітлені у наукових виданнях.

3. Подані зауваження не знижують загальної її оцінки.

4. Автореферат повністю відповідає змісту дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Дудіна Володимира Андрійовича «Вплив промислових вибухів на довговічність конструкцій будівель в умовах м. Кривий Ріг» є закінченою науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати, котрі вирішують важливе науково-технічне завдання оцінювання впливу промислових вибухів в залізорудних кар'єрах Кривого Рогу на будівлі, розташовані на межі їх санітарно-охоронних.

Робота відповідає вимогам Департаменту атестації наукових кадрів МОН України, вимогам до кандидатських дисертацій та паспорту спеціальності 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди, а її автор Дудін Володимир Андрійович заслуговує на присудження наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент

кандидат технічних наук, професор,
професор кафедри будівельних конструкцій
Національного університету
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

О.О. Довженко

Проректор із наукової та мистецької роботи
к.е.н., доцент

С.П. Сівіцька

«14» вересня 2021 р.

