

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Фесуна Ігора Костянтиновича

на тему: **«Скінченно-елементне моделювання процесу прогресуючого обвалення будівель і споруд в просторово-нелінійній постановці»**,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія

Послідовний аналіз дисертації Фесуна Ігора Костянтиновича **«Скінченно-елементне моделювання процесу прогресуючого обвалення будівель і споруд в просторово-нелінійній постановці»** та наукових статей опублікованих у спеціалізованих журналах дає підставу сформулювати висновки щодо основних наукових положень, наукової новизни та достовірності, актуальності, ступеня обґрунтованості результатів роботи, а також практичного значення, та надати загальну оцінку дослідження

Актуальність теми дисертації

Актуальність дисертаційної роботи визначається необхідністю підвищення надійності та безпеки будівельних конструкцій в умовах зростання кількості надзвичайних та екстремальних впливів. Особливої важливості набуває проблема забезпечення стійкості будівель і споруд до прогресуючого обвалення, коли локальне пошкодження окремого несучого елемента може спричинити розвиток ланцюгового процесу руйнування всієї конструктивної системи.

Існуючі підходи до розрахунку опору прогресуючому обваленню, зокрема нормативні методики, часто базуються на спрощених припущеннях і не завжди враховують реальний характер виникнення аварійної ситуації, послідовність розвитку пошкоджень та нелінійну поведінку конструкцій. Це може призводити до розбіжності між результатами чисельного прогнозування та фактичним станом споруд після аварійних впливів.

У зв'язку з цим розроблення вдосконалених методів чисельного моделювання прогресуючого обвалення із застосуванням методу скінченних елементів, урахуванням фізичної та геометричної нелінійності, а також реального сценарію аварійного впливу є актуальним науковим завданням. Запропонований у дисертації підхід спрямований на підвищення достовірності оцінки поведінки конструкцій та може бути використаний при проєктуванні, технічному обстеженні й удосконаленні нормативної бази.

Таким чином, тема дисертаційного дослідження є актуальною, має важливе наукове та практичне значення й відповідає сучасним потребам будівельної механіки щодо забезпечення безпеки та надійності будівель і споруд.

Формулювання наукових завдань, нове вирішення яких одержано в дисертації

У дисертаційній роботі отримано нове вирішення наукового завдання, яке полягає у вдосконаленні методів чисельного моделювання та оцінювання опору будівель і споруд прогресуючому обваленню шляхом урахування реального характеру аварійного впливу, нелінійної роботи конструкцій та фактичного стану пошкоджених елементів.

Отримані результати мають наукову новизну, оскільки спрямовані на розвиток методів розрахункового прогнозування поведінки будівельних систем при аварійних впливах та підвищення достовірності оцінки їхньої стійкості до прогресуючого обвалення.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій.

Достовірність та обґрунтованість запропонованих положень визначається врахуванням основних факторів, що впливають на розвиток прогресуючого обвалення: характеру аварійного впливу, послідовності виникнення пошкоджень, роботи конструктивної системи в нелінійній постановці та взаємодії окремих елементів. Запропонований підхід дозволяє формувати розрахункові схеми, які більш повно відповідають реальним сценаріям аварійних ситуацій.

Достовірність результатів підтверджується також проведенням верифікації розроблених моделей.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. **Удосконалено методику чисельного моделювання прогресуючого обвалення будівель і споруд** на основі методу скінченних елементів, яка, на відміну від традиційних підходів, враховує не лише наслідок аварійного впливу (видалення окремого елемента), а й причину виникнення пошкодження та особливості розвитку аварійного процесу.
2. **Удосконалено підхід до динамічного розрахунку опору прогресуючому обваленню**, що базується на прямому інтегруванні рівнянь руху в часі та передбачає послідовне врахування етапів розвитку пошкодження конструктивної системи.
3. **Отримав подальший розвиток підхід до моделювання аварійних ситуацій**, у якому враховується фактичний стан прилеглих конструкцій після локального руйнування. Це дозволило встановити, що спрощена схема «раптового

видалення одного елемента» не завжди забезпечує достовірне прогнозування поведінки будівлі при реальних аварійних впливах.

4. **Удосконалено методи оцінювання напружено-деформованого стану конструкцій при прогресуючому обваленні** шляхом урахування фізичної та геометричної нелінійності, що дозволяє точніше визначати характер деформування та перерозподіл зусиль у конструктивній системі.

5. **Отримано нові результати щодо впливу реального сценарію аварійного пошкодження на оцінку несучої здатності конструкцій.** На прикладі реального аварійного впливу показано, що врахування руйнування суміжних елементів і зміни навантажувальної схеми може суттєво змінювати результати розрахунку порівняно з нормативними спрощеними моделями.

Практичне значення одержаних результатів.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи полягає у можливості використання розроблених методів і підходів для підвищення достовірності оцінювання технічного стану та забезпечення стійкості будівель і споруд до прогресуючого обвалення в умовах аварійних впливів.

Повнота викладення основних наукових положень в опублікованих роботах.

Основні наукові положення, результати та висновки дисертаційної роботи достатньою мірою висвітлені в опублікованих працях здобувача. Зміст опублікованих робіт відповідає тематиці дисертаційного дослідження та відображає основні етапи виконання роботи, зокрема аналіз існуючих підходів до забезпечення стійкості будівель і споруд до прогресуючого обвалення, розроблення та удосконалення методів чисельного моделювання, а також питання верифікації отриманих результатів.

За темою дисертації опубліковано **2 наукові статті у виданнях категорії «А»**, що індексуються у реферативній базі Web of Science, **5 статей у фахових виданнях категорії «Б»**, а також **8 публікацій у матеріалах наукових конференцій та симпозіумів.**

Оцінка основного змісту дисертаційної роботи.

Структура дисертації відповідає поставленій меті та логіці проведення дослідження. Робота включає вступ, чотири розділи основної частини, загальні висновки та список використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 176 сторінок, з яких 146 сторінок припадає на основну частину.

У *першому* розділі виконано аналіз сучасного стану проблеми забезпечення стійкості будівель і споруд до прогресуючого обвалення, розглянуто світовий досвід,

причини виникнення таких явищ, особливості розвитку руйнування та існуючі нормативні підходи до оцінювання опору конструкцій аварійним впливам. Проведений аналіз дозволив визначити недоліки існуючих методик, зокрема недостатнє врахування реального сценарію виникнення пошкодження та розвитку аварійного процесу.

У *другому* розділі розглянуто методологічні основи чисельного моделювання прогресуючого обвалення із застосуванням методу скінченних елементів, врахуванням фізичної та геометричної нелінійності, а також особливостей динамічної поведінки конструкцій.

У *наступних* розділах представлено результати розроблення та апробації вдосконаленої методики розрахунку, яка передбачає врахування не лише видалення окремого несучого елемента, а й фактичної причини аварійного впливу та стану прилеглих конструкцій. Запропонований підхід дозволяє підвищити відповідність розрахункової моделі реальному процесу пошкодження будівлі.

Важливою складовою роботи є проведення верифікації отриманих результатів. Порівняння розрахункових моделей із результатами експериментальних досліджень та аналізом реальної аварійної ситуації підтвердило необхідність урахування фактичного механізму руйнування замість спрощеного підходу з раптовим видаленням одного елемента.

Загалом зміст дисертаційної роботи характеризується логічністю викладення матеріалу, достатнім рівнем наукового опрацювання проблеми, застосуванням сучасних методів дослідження та отриманням результатів, які мають як теоретичне, так і практичне значення для галузі будівельної механіки.

Зауваження за текстом дисертації.

1. У дисертаційній роботі недостатньо чітко визначено межі застосування запропонованого підходу для різних типів конструктивних систем, матеріалів та рівнів відповідальності будівельних об'єктів.

2. Потребує додаткового розгляду питання вибору параметрів аварійного впливу та критеріїв, за якими визначається початковий стан пошкодженої конструкції. алгоритм визначення ступеня таких пошкоджень, визначення пошкоджень суміжних конструкцій та критерії їх включення до розрахункової моделі.

3. Другий розділ містить значний обсяг теоретичного матеріалу та огляд сучасних підходів до чисельного моделювання. Однак окремі підрозділи мають переважно описовий характер і могли б бути доповнені більш глибоким критичним аналізом існуючих методик із чітким визначенням їхніх переваг, недоліків та місця запропонованого автором підходу серед відомих рішень.

4. Недостатньо обґрунтовано наведено критерії вибору конкретних моделей матеріалів (зокрема моделі Джонсона—Кука та інших залежностей), а також межі їх застосування для різних класів залізобетонних і сталевих конструкцій.

5. У дисертації недостатньо висвітлено питання впливу параметрів скінченно-елементної моделі на точність отриманих результатів (параметри дискретизації, типи елементів, параметри контактної взаємодії, граничні умови), оскільки саме ці фактори істотно впливають на точність чисельного моделювання.

6. У дисертації недостатньо детально розглянуто питання вибору параметрів демпфування, які можуть суттєво впливати на результати розрахунку при моделюванні короткочасних аварійних процесів. Доцільно було б більш детально розглянути альтернативні моделі демпфування та навести порівняння результатів їх застосування.

7. Доцільним є додаткове стилістичне редагування окремих розділів для покращення послідовності та доступності викладення. Рекомендація більше уважно ставитися до термінів, а саме терміну «оптимізація».

Наведені зауваження не знижують загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та носять дискусійний характер

Загальний висновок.

Дисертаційна робота «Скінченно-елементне моделювання процесу прогресуючого обвалення будівель і споруд в просторово-нелінійній постановці» відповідає вимогам «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 січня 2022 р. № 44, а її автор — Фесун Ігор Костянтинович — заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Офіційний опонент:

професор кафедри будівництва та цивільної інженерії

Національного університету «Київський авіаційний інститут»,

доктор технічних наук, професор



Марія БАРАБАШ

Власний підпис М.С. Барабаш засвідчую.

Вчений секретар

Національного університету «Київський авіаційний інститут»,

