

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Клочко Ліни Андріївни**

«Прогнозування імовірних механізмів руйнування будівель»,

поданої до захисту на здобуття наукового ступеня **доктора філософії**

з галузі знань 19 «Будівництво та архітектура»

спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Керівник д.т.н. проф. Пічугін С.Ф.

Дисертаційна робота має обсяг 323 сторінок і складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Окрім основного тексту робота містить 75 рисунків та 26 таблиць. Список використаних джерел містить 161 найменувань.

Аналіз формальної складової

Актуальність:

Робота пов'язана з необхідністю розвитку напрямку у проектуванні, пов'язаному із дослідженням стійкості каркасу будівлі або споруди до прогресуючого руйнування, із метою зменшення ризику виникнення відмов на усіх етапах роботи несучих конструкцій каркасу будівельного об'єкту.

Зв'язок з науковими програмами:

Робота виконувалася у Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» в рамках держбюджетної дослідної теми «Конструктивна і теплова надійність несучих і огорожувальних комплексних конструкцій», керівник – д.т.н., професор Пічугін С.Ф. (державний реєстраційний номер 0115U002417) та «Енергоефективні конструктивні рішення елементів будівель», керівник – д.т.н., професор Семко О.В. (державний реєстраційний номер 0121U109497).

Ступінь обґрунтованості, достовірності наукових положень, висновків, рекомендацій.

Наведено обґрунтованість і достовірність основних наукових положень дисертації. Одержані результати і висновки підтверджуються використанням теоретичних методів дослідження.

Мета і завдання:

Наведено мету та 6 головних завдань її досягнення. Які включають в себе:

Створення алгоритму моделювання механізму ймовірного виникнення аварії на будівельному об'єкті різного типу призначення з метою забезпечення його надійності та безвідмовності.

Наукова новизна:

Наведено 5 конкретизованих пунктів, які висвітлені в публікаціях.

Вперше досліджено аварії будівель і споруд в сьогоденні із опрацюванням статистичного матеріалу. Отримано статистичні дані щодо аварій у будівництві за 2000-2022 рр.; Створено класифікацію аварій будівель та споруд за імовірністю їх виникнення; визначено відсоткове співвідношення аварій у будівництві за типом будівлі, за причинами аварій та за стадією роботи конструкції; створено алгоритм моделювання виникнення можливої аварії будівлі на етапі проектування, який може бути використаний інженерами-проектувальниками із метою забезпечення надійності та безвідмовності будівельного об'єкта; реалізовано даний алгоритм на прикладі промислової будівлі, що показало його перспективність та можливість використання як інструменту забезпечення надійності та безаварійності будівель та споруд.

Практичне значення:

В роботі наведено підтвердження упровадження в практику проектування і навчальний процес результатів дослідження. Є довідки про впровадження.

Особистий внесок здобувача:

Наведено 6 пунктів, які відображені в публікаціях. Вони включають в себе:

- Проведено опрацювання та статистичний аналіз аварій будівель та споруд за 2000-2022 рр. із вивченням типу аварії, стадії роботи конструкції на час руйнування та причин виникнення аварій.
- Створено класифікацію аварій будівель та споруд за імовірністю їх виникнення.
- Визначено відсоткове співвідношення аварій у будівництві за створеною класифікацією.
- Проведено аналіз методик розрахунку економічних та неекономічних наслідків, із використанням у створеному алгоритмі моделювання можливого виникнення аварії на будівельному об'єкті.
- Розроблено алгоритм проведення моделювання та аналізу виникнення можливої аварії на будівельному об'єкті, що проектується.
- Проведене моделювання можливої аварії на запроектованій промисловій будівлі ЗБК каркасу.

Апробація результатів:

30 конференцій, у т.ч. 16 міжнародних.

Публікації:

За результатами роботи над дисертацією опубліковані 33 наукові публікації, із них серед яких 3 статті включено до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, 3 у науковому фаховому виданні України, 3 за кордоном.

Висновки у кінці розділів:

Присутні.

Загальні висновки:

7 конкретизованих висновків.

1. Відповідно поставленим задачам дослідження було створено статистику аварій будівель та споруд за 2000-2022 рр. за типом аварії, моментом роботи конструкції на час руйнування та причинами їх виникнення.

2. Запропоновано класифікацію аварії за імовірністю їх виникнення (вірогідна, неможлива або випадкова), яка дає змогу розмежувати можливість події.
3. Проаналізовані та застосовані методи розрахунку економічних та неекономічних наслідків, розроблено алгоритм процесу розрахунків економічних та неекономічних наслідків, який реалізовано в комп'ютерній програмі.
4. Проведено аналіз аварії будівель та споруд, на підставі зібраної статистики та візуалізовано результати за допомогою мап та діаграм. Найвищий відсоток виникнення аварій:
 - 54% аварій припадає на етап будівництва та введення в експлуатацію;
 - 55% для житлових багатоповерхових будівель;
 - 50% недотримання норм при будівництві
5. На базі проведеного аналізу можна стверджувати що проведення моделювання можливого виникнення аварії на будівельному об'єкті необхідна у першу чергу для житлових багатоповерхових будівель та будівель громадського призначення та в основних етапах моделювання повинні бути розроблені сценарії руйнування каркасу за причинами можливих помилок будівельників R1 (враховуючи підкласи R1.1-R1.4) на етапах будівництва та експлуатації.
6. На основі зібраного та опрацьованого статистичного матеріалу створено алгоритм проведення моделювання можливого виникнення аварії будівлі або споруди на етапі проектування, із метою усунення можливості утворення прогресуючого руйнування будівельного об'єкта, який включає тип аварії, вид моделювання та мета перевірки, рівень значущості виконання алгоритму за типом будівлі, який забезпечує здатність конструкції витримувати понаднормові навантаження і не призводити до ланцюга поетапного виходу із ладу несучих елементів

каркасу, що в свою чергу може призвести до обвалення будівлі або споруди.

7. Реалізовано створений алгоритм моделювання можливого виникнення аварії на будівельному об'єкті, для якого було виконано 9 сценаріїв руйнування конструкцій із різних причин, для рішення задачі було створено розрахункову схему будівлі що проектується та розроблено її об'ємну модель.

Практичне використання алгоритму показало його перспективність та можливість використання як інструменту забезпечення надійності та безаварійності будівель та споруд.

Аналіз дисертаційної роботи по суті

У **першому розділі** проведено аналіз стану питання по темі дисертації На підставі наведених висновків в даній дисертаційній роботі була сформульована мета роботи: створення, на основі статистичного аналізу руйнувань будівель і споруд, алгоритму моделювання механізму ймовірного виникнення аварії на будівельному об'єкті різного типу призначення для можливості його використання інженерами на етапі проектування для підвищення надійності будівель і споруд.

Для досягнення поставленої мети необхідно отримати наступні дані про:

- відсоткове співвідношення аварій у будівництві на сьогоднішній із врахуванням типу будівлі, типу каркаса, територіальної особливості забудови, типом аварії що виникла, її причинами, наслідками та етапом роботи конструкції на якому виникла відмова;
- роботу каркасу промислової багатоповерхової будівлі у результаті моделювання різних типів аварій;
- методики створення алгоритму моделювання механізму руйнування будівлі або споруди різного типу.

Також поставлені наступні задачі дослідження.

У **другому розділі** для розв'язання поставленої задачі дослідження, зібрані та проаналізовані статистичні дані аварій будівель та споруд за 2000-2021 рр. в обсязі 283 аварії. Представлена статистична інформація аварій будівель та споруд у вигляді загальної таблиці, де вказуються дата виникнення інциденту, країна та місто, короткий опис руйнування, та, за наявності інформації, причини виникнення аварії. Інформація щодо аварій зібрана для різних типів будівель та споруд. На основі зібраної інформації проведена класифікація аварій за типом будівлі, за причиною аварії та за стадією роботи конструкції. Зібрано інформацію щодо аварій будівель та споруд на етапі будівництва та введення в експлуатацію, в обсязі 106 інцидентів. Приклади аварій здебільшого призвели до значних економічних втрат та десятків загиблих та поранених. Представлено перелік аварій будівель та споруд потребуючих ремонтних робіт, обсягом 42 аварії та 26 руйнувань внаслідок порушення норм ведення реконструкції. Також до статистики аварій були включені аварії без встановлених причин, так як у ході проведення збору інформації іноді виникали труднощі із доступністю інформації щодо інцидентів та аварій в будівельній сфері. Досліджено аварії будівель та споруд спричинених природніми факторами, але лише у випадках поодиноких руйнувань, коли можливо встановити причину руйнування будівлі із детальним описом сценарію аварії.

Для подальшої статистичної обробки даних та дослідження аварій було зібрано інформацію щодо аварій під час експлуатації будівель та споруд, обсягом 109 випадків, із детальним описом сценарію руйнування та встановленими його причинами.

Приділено увагу спорудам підвищеного рівня небезпеки класу наслідків ССЗ (резервуари), приведена статистична таблиця, досліджено досвід попередників в питанні моделювання ризиків даних типів об'єктів.

Створена систематизована класифікація аварій будівель та споруд дає підстави для вирішення наступного завдання дисертаційної роботи – обробки результатів та створення відсоткових діаграм щодо виникнення аварії на

будівельному об'єкті.

Зібраний матеріал є основою до проведення статистичного дослідження аварій будівель та споруд за 2000-2022 рр, що ставить на меті визначення основних причин руйнувань будівельних конструкцій, дослідження частоти виникнення прогресуючого руйнування у результаті відмови будівельних конструкцій та особливостей факторів впливу на виникнення аварії. Дослідження даного матеріалу є основою розроблення алгоритму моделювання можливого виникнення аварії будівлі або споруди, для забезпечення надійності об'єкта що проектується.

Третій розділ присвячено проведенню аналіз аварій будівель та споруд. Результати аналізу представлені у вигляді графіків та відсоткових діаграм. Аналіз показав що найвищий відсоток виникнення аварій припадає на етап будівництва та введення в експлуатацію (54%) для житлових багатоповерхових будівель (55%), що спричинено здебільшого недотриманням норм при будівництві (50%) (порушенням правил техніки безпеки, помилками проектувальників, веденням незаконного будівництва та використання неякісних матеріалів). Отримана інформація щодо найбільш повторюваних типів аварій та їх причин є основою створення алгоритму моделювання можливого виникнення аварії на будівельному об'єкті. Аналіз будівель та споруд дав змогу виділити найбільш розповсюджені руйнування будівель та споруд. До них належать недотримання норм під час будівництва 39% (а саме помилки будівельників 46%, незаконне будівництво 17%, використання невідповідного матеріалу або його економія 23% та недотримання техніки безпеки проведення будівельно-монтажних робіт 14%), помилки проектувальників 7%, некоректна експлуатація 28%, некоректна реконструкція та/або демонтаж 11% та аварії внаслідок високо віку об'єкта (недотримання терміну експлуатації, несвоєчасне проведення експертизи та реконструкції) 13%. Із отриманих результатів видно, що моделювання та дослідження прогресуючого руйнування повинні супроводжуватися моделюванням

локального руйнування, що в свою чергу також повинно мати чітку методологію. Також, варто зауважити в необхідності проведення багатокomпонентного моделювання, із врахуванням всіх можливих негативних факторів. Розроблений алгоритм базується на факторах, які найчастіше виникали протягом 2000-2022 рр і призводили до значних руйнувань, економічних та неекономічних наслідків.

У **четвертому розділі** роботи були сформульовані основні положення алгоритму проведення моделювання. Визначені основні етапи проведення алгоритму моделювання можливого виникнення аварії будівлі, які включають в себе: визначення типу будівлі, визначення послідовності моделювання можливого виникнення аварії на будівельному об'єкті, аналіз та висновки по деформованій моделі каркасу. На підставі основних положень розрахунків економічних та неекономічних наслідків аварій в будівництві, був розроблений алгоритм процесу розрахунків економічних та неекономічних наслідків. Визначена залежність алгоритму моделювання можливої аварії від аналізу аварій будівель та споруд. Визначено порядок виконання алгоритму для рівнів значущості 1, 2, 3 в залежності від типу будівлі та її класу відповідальності.

Відповідно до поставлених задач дисертаційної роботи, було розроблено алгоритм моделювання сценарію аварії на будівельному об'єкті, що проектується. Надані рекомендації використання алгоритму, із метою попередження прогресуючого руйнування у результаті виникнення лавиноподібних руйнувань, які включають в себе проведення обліку локальних руйнувань, використання пластично-деформованих матеріалів та конструкцій у проектуванні, підвищення рівня статичної невизначеності системи, забезпечення стійкості до бічних навантажень для горизонтальних елементів та забезпечення мінімальним ступенем безперервності та горизонтальним та вертикальним з'єднанням між собою для всіх конструктивних елементів.

В роботі визначено розрахункові положення, при розрахункових помилках (конструкції покриття), розрахункових помилках (несуча конструкції

каркасу), використанні невідповідного матеріалу, порушенні норм будівництва, відхиленні від проекту.

Даний алгоритм є доцільним до виконання на етапі проектування. Мета такого алгоритму у забезпеченні здатності конструкції витримувати понаднормові навантаження і не призводити до ланцюга поетапного виходу із ладу несучих елементів каркасу, що в свою чергу може призвести до обвалення будівлі або споруди.

У **п'ятому розділі** у ході реалізації створеного алгоритму моделювання можливого виникнення аварії на будівельному об'єкті, а саме, промислової будівлі, було виконано 9 сценаріїв руйнування конструкцій із різних причин.

Три сценарія аварій змодельовано для другого рівня значущості для промислової будівлі. Проведений розрахунок на економічні та неекономічні наслідки, що у свою чергу дало змогу встановити рівень відповідальності будівлі та можливі збитки у результаті можливого виникнення руйнування.

Зауваження, побажання та рекомендації до дисертаційної роботи.

1. У розділі 5 при розрахунковому аналізі моделі руйнування за представленими сценаріями аварій де досить чітко зрозуміло критерії підбору граничних навантажень, не відображено вплив навантажень із часовим фактором.
2. У дисертації не досить чітко приведений взаємозв'язок виникнення аварії від її вірогідності. Розрахунковий аналіз передбачений тільки параметром DCR.
3. Чи досліджувалося питання руйнування будівель в залежності від їхнього періоду експлуатації?
4. У роботі не досить зрозуміло чи вводився додатковий поправочний коефіцієнт у розрахунках моделі?

Основні висновки:

В цілому, дисертаційна робота автора «Прогнозування імовірних механізмів руйнування будівель» є завершеною науково-дослідницькою працею та відповідає вимогам Наказу МОН України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44), а дисертант Ключко Ліна Андріївна, заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Рецензент, кандидат технічних наук

доцент кафедри будівництва

та цивільної інженерії

Національний університет

«Полтавська політехніка

імені Юрія Кондратюка»

Тетяна Анатоліївна **ГАЛІНСЬКА**

«Підпис Засвідчую»:

Проректор з науково-педагогічної та

навчальної роботи

Національного університету

«Полтавська політехніка імені

Юрія Кондратюка»



Богдан Олегович **КОРОБКО**