

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Шугайло Олександра Петровича
**«Робота сталевих опорних конструкцій обладнання та трубопроводів
атомних станцій при сейсмічних навантаженнях»,**
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 19 – Архітектура та будівництво
за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Детальне вивчення дисертації Шугайло Олександра Петровича на тему «Робота сталевих опорних конструкцій обладнання та трубопроводів атомних станцій при сейсмічних навантаженнях» та його наукових публікацій, дозволяє визначити результати щодо загальної оцінки роботи, оцінки їх наукового рівня, зокрема актуальності, обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, наукової новизни, практичного значення.

Актуальність обраної теми

Особливі умови експлуатації сталевих конструкцій (наприклад, підданих сейсмічним, інтенсивним температурним впливам тощо) вимагають використання спеціальних підходів до оцінки їх міцності. Такі підходи повинні враховувати особливості роботи цих конструкцій. Небезпекою особливих умов експлуатації сталевих конструкцій є те, що не врахування або не дооцінка їх впливу на конструктивну безпеку об'єкта може привести до миттєвої не придатності до використання конструкції. Важко переоцінити можливі соціальні та екологічні втрати в разі відмови (не виконання своїх функцій в повному обсязі) відповідальних конструкцій атомних електростанцій (АЕС) для яких актуальним є питання врахування не лише всіх статичних навантажень, а й динамічних впливів, викликаних потенційним землетрусом. Існуючі нормативні документи та методики врахування динамічного впливу не достатньо охоплюють вказану проблематику.

Дисертаційне дослідження Шугайло О.П. «Робота сталевих опорних конструкцій обладнання та трубопроводів атомних станцій при сейсмічних навантаженнях» порушує описану проблему та фокусує увагу наукового співтовариства на сталевих опорних конструкціях обладнання і трубопроводів (СОКОіТ) енергоблоків АЕС України. Важливою особливістю наукового інтересу здобувача є дослідження одночасної дії на сталеві конструкції таких двох епізодичних впливів як землетрус та температурні навантаження під час максимальної проєктної аварії на енергоблоці АЕС.

Отже, актуальність теми дисертаційного дослідження Шугайло Олександра Петровича обумовлена наявною потребою України в розробці та науковому обґрунтуванні нових підходів до оцінки сейсмічної міцності СОКОіТ, які будуть враховувати особливі умови їх експлуатації, а також ступень відповідальності щодо забезпечення безпеки АЕС під час та після сейсмічних впливів. Розробка та обґрунтування таких підходів дозволить покращити та розвинути методи оцінки безпеки об'єктів атомної енергетики України.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації забезпечується логічною відповідністю методів дослідження стосовно сформульованої мети та конкретних завдань, використанням аналізу та синтезу, загальноприйнятих теорій коливань механічних систем та теорій суцільних середовищ.

Достовірність основних положень дисертації підтверджується:

- 1) обґрунтованим визначенням передумов і припущень та вибором методів досліджень параметрів роботи СОКОіТ в умовах сейсмічного навантаження із використанням системного підходу;
- 2) використанням класичних рівнянь, що описують напружено-деформований стан конструкцій;
- 3) точністю та достовірністю вихідних даних;

- 4) достатнім обсягом чисельних експериментальних досліджень;
- 5) збіжністю даних, отриманих теоретичних та експериментальних досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів

До найбільш важливих досягнень дисертаційної роботи, що мають вагому наукову новизну, слід віднести наступні:

- визначення динамічних характеристик СОКОіТ енергоблоків АЕС в залежності від особливостей конструктивної форми, граничних кінематичних умов, та умов експлуатації;
- мабуть вперше, на етапі чисельного моделювання роботи сталеві опорної конструкції, враховано вплив приєднаного обладнання на її динамічні характеристики;
- досліджено особливості впливу зміни динамічних характеристик СОКОіТ на їх конструктивну безпеку;
- визначено закономірності зміни напружено-деформованого стану об'єктів дослідження в залежності від типових конструктивних форм та граничних кінематичних умов під час одночасної дії двох епізодичних впливів;
- на основі різноманітних чисельних експериментів науково обґрунтовані підходи щодо вибору раціональних СОКОіТ для забезпечення їх надійності під час сейсмічних навантажень.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що розроблена здобувачем методика може бути використана науковими, науково-дослідними та іншими організаціями під час виконання обґрунтувань сейсмічної міцності СОКОіТ енергоблоків АЕС. Розроблена методика може бути визнана дієвим інструментом раціонального проектування СОКОіТ з погляду кращого сприйняття динамічних навантажень, викликаних сейсмічними впливами.

Повнота викладу матеріалів в опублікованих працях .

Дисертаційне дослідження підтверджується апробацією отриманих результатів у 12 наукових працях, опублікованих протягом 2019-2022 рр. Серед опублікованих робіт: 1 стаття у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 6 – які цитуються у реферативній базі «Scopus» та одночасно включено до переліку наукових фахових видань України категорії «А»; одна робота представлена у вигляді двох розділів, підготовлених здобувачем у колективній монографії, 3 тези наукових доповідей в збірниках матеріалів міжнародних конференцій та одна теза доповіді на міжнародному науково-педагогічному стажуванні за кордоном.

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

На рецензію представлена дисертація, що складається з переліку скорочень та позначень, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та п'яти додатків. Загальний обсяг роботи становить 194 сторінки, в тому числі 124 сторінки – основна частина, 39 рисунків, 48 таблиць, 16 сторінок – використаних джерел з 124 найменувань, 15 сторінок – додатків, з яких 2 сторінки – довідки про впровадження.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету і основні завдання дослідження, встановлено об'єкт та предмет дослідження, приведені використані методи, визначено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. Гармонійно поєднана технічна суть дисертаційної роботи із актуальними філософськими питаннями, на вирішення яких спрямована наукова праця. Вказані відомості щодо особистого внеску здобувача, апробації, опублікованих результатів. Визначені структура та обсяг роботи.

У **першому** розділі «Огляд існуючих підходів до оцінки міцності сталевих конструкцій» окреслені підходи до забезпечення сейсмостійкості конструкцій

АЕС та розкриті їх основні відмінності від підходів, що використовуються для конструкцій загальнопромислових об'єктів.

На підставі аналізу літературних джерел досліджена еволюція теорій та методів оцінки сейсмостійкості конструкцій. При цьому, слушно та органічно розкриті недосконаlostі існуючих прикладних інженерних методів оцінки сейсмостійкості елементів діючих АЕС.

Проведені огляд і оцінка сучасних національних та європейських підходів до розрахунків конструкцій на міцність, в том числі сейсмічну. Здобувачем представлено критичний огляд положень державних будівельних норм (ДБН) та Єврокодів в частині їх застосовності під час оцінки сейсмічної міцності СОКОіТ енергоблоків АЕС України. Зроблені обґрунтовані висновки стосовно того, що пряме використання положень та підходів ДБН не може вважатися достатньо прийнятним по відношенню СОКОіТ енергоблоків АЕС.

Другий розділ «Розроблення фізико-математичної моделі сталевих опорних конструкцій обладнання та трубопроводів атомних електростанцій» присвячено опису об'єкту моделювання та особливих умов його експлуатації. Здобувачем проаналізовані геологічні умови розташування енергоблоків АЕС України, а також результати сучасних додаткових сейсмологічних досліджень їх промислових майданчиків. Грунтуючись на результатах аналізу обґрунтовано вибір промислових майданчиків АЕС України, розгляд та врахування яких забезпечує достовірність та репрезентативність досліджень роботи СОКОіТ за сейсмічних навантажень. Представлені розраховані та побудовані здобувачем огинаючі діапазони значень сейсмічних прискорень, які будуть передаватися на об'єкт моделювання під час землетрусу.

Наведено опис математичної моделі напружено-деформованого стану СОКОіТ, зазначені використані гіпотези щодо структури та властивостей матеріалів, а також щодо характеру деформацій.

Представлено розроблені та обґрунтовані скінчено-елементні моделі СОКОіТ типових конструктивних форм з використанням розрахункового комплексу ANSYS.

Розділ є достатньо інформативним, в ньому здобувачем детально та всебічно висвітлено об'єкт моделювання та особливі умови його експлуатації в різних режимах роботи енергоблоку АЕС.

У **третьому** розділі «Дослідження власних коливань і напружено-деформованого стану сталевих опорних конструкцій обладнання та трубопроводів атомних електростанцій» здобувачем проведені дослідження динамічних характеристик (в якості яких прийняті форми та значення частот власних коливань) СОКОіТ типових конструктивних форм. За результатами досліджень здобувачем визначені закономірності: динамічних характеристик СОКОіТ в залежності від типової конструктивної форми, умов закріплення на конструктивній основі, а також особливих умов експлуатації; впливу приєданого обладнання на динамічні характеристики сталеві опорної конструкції.

Результати досліджень напружено-деформованого стану СОКОіТ продемонстрували наявність розкиду сейсмічних напружень в конструкціях різних типових конструктивних форм, що обумовлено, зокрема різними спектрами значень частот власних коливань конструкцій та, відповідно, розкидом значень сейсмічних прискорень.

Важливим результатом досліджень є визначення того, що особливі умови експлуатації СОКОіТ впливають на їх конструктивну безпеку внаслідок наявності у поверхових спектрах відгуку ділянок стрибкоподібного підвищення значень сейсмічних прискорень при незначній зміні (в межах 1 Гц) значень частот власних коливань конструкцій.

Четвертий розділ «Вдосконалення підходів до оцінки міцності сталевих опорних конструкцій обладнання та трубопроводів атомних електростанцій при сейсмічних навантаженнях» розкриває практичну імплементацію визначених здобувачем основних закономірностей динамічних характеристик та напружено-деформованого стану СОКОіТ в методи оцінки їх безпеки. Результатом цієї імплементації є розвиток та наукове обґрунтування основних положень методу граничних станів по відношенню до СОКОіТ енергоблоків

АЕС України за сейсмічних навантажень, а також під час одночасної дії двох епізодичних впливів. Для СОКОіТ енергоблоків АЕС України науково обґрунтовано нові критерії сейсмічної міцності, а також отримані числові значення коефіцієнтів умов роботи та відповідальності за ядерну та радіаційну безпеку.

У **загальних висновках** роботи узагальнено результати досліджень з обґрунтування та наукового вирішення проблеми покращення і розвитку методів оцінки безпеки об'єктів атомної енергетики України шляхом уточнення та вдосконалення підходів до оцінки сейсмічної міцності СОКОіТ енергоблоків АЕС. Визначена цінність результатів наукової праці з погляду філософії науки.

Теоретичне значення дисертаційного дослідження полягає у встановленні закономірностей динамічних характеристик та напружено-деформованого стану СОКОіТ, що дозволило здобувачу створити передумови для розвитку та наукового обґрунтування основних положень методу граничних станів стосовно сейсмічної міцності СОКОіТ енергоблоків АЕС України. Можна погодитися із визначеними здобувачем перевагами розроблених ним вдосконалень в порівнянні із положеннями методу граничних станів, які регламентовані ДБН. Реалізація запропонованих здобувачем вдосконалень дозволяє врахувати особливі умови експлуатації СОКОіТ енергоблоків АЕС України та ступень їх відповідальності щодо забезпечення безпеки АЕС під час та після сейсмічних впливів.

Результати дисертаційної роботи створюють підґрунтя для подальшого розвитку нормативно-правової бази України з ядерної та радіаційної безпеки в частині оцінки сейсмостійкості елементів АЕС.

Загалом слід відзначити структурованість роботи, послідовність та логічне викладання інформації всіх розділів, які є гармонійно наповненими. Загальні висновки наукової праці є обґрунтованими та відповідають встановленим науковим завданням дослідження. Можна констатувати, що мета дисертаційного дослідження досягнута в повному обсязі.

Дисертаційна робота написана державною мовою. Слід також зазначити, що робота виконана з дотриманням правил академічної доброчесності.

Структура, зміст та обсяг дисертації відповідає встановленим вимогам і являє собою завершену та структуровану наукову працю.

В процесі детального ознайомлення з текстом дисертації виникли наступні зауваження.

1. В огляді літератури розглянута робота Н. Мононобе, пов'язана з теорією вимушених коливань. Однак в переліку використаних джерел дана праця відсутня.
2. В тексті дисертації часто зустрічається формулювання «межа плинності». З точки зору усталеності термінології краще було використати термін «межа текучості».
3. В таблиці 2.11 наведені результати дослідження збіжності результатів розрахунку за параметром розміру скінченного елемента (СЕ) моделі. На основі дослідження обрана сітка з розміром СЕ 0,1 м, хоча відмінність результатів у порівнянні із величиною СЕ 0,15 м не перевищує 0,009%. Отже, сітка з меншою кількістю СЕ не призводить до зниження достовірності розрахунків, але сприяє зменшенню обсягів операційної пам'яті та часу розрахунків.
4. По тексту дисертації не зовсім зрозуміло, чи досліджував автор можливість врахування переміщень опор конструкцій, зумовлених поведінкою конструктивних основ енергоблоків АЕС під час проходження сейсмічної хвилі.

Висловлені зауваження не зменшують важливості наукових результатів і можуть бути враховані автором в подальших дослідженнях.

В цілому дисертаційна робота виконана з дотриманням правил академічної доброчесності.

Відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії ...»

Дисертація Шугайла Олександра Петровича на тему «Робота сталевих опорних конструкцій обладнання та трубопроводів атомних станцій при сейсмічних навантаженнях» відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», зокрема пп. 5,6,7,8,9. Дисертаційна робота є завершеною, самостійною науковою працею, а отримані результати свідчать про важливий внесок в розвиток напрямку досліджень сейсмічної міцності сталевих конструкцій.

Загальний висновок

Підсумовуючи усе вищезазначене, можна стверджувати про високий рівень виконання здобувачем поставленого наукового завдання та глибоке оволодіння методологією наукової діяльності.

Наукова значущість отриманих теоретичних та експериментальних досліджень дозволяє визначити представлену роботу як таку, що вирішує важливу наукову проблему покращення та розвитку методів оцінки безпеки об'єктів атомної енергетики України шляхом уточнення та вдосконалення підходів до оцінки міцності СОКОіТ енергоблоків АЕС за сейсмічних навантажень.

Вважаю, що дисертація «Робота сталевих опорних конструкцій обладнання та трубопроводів атомних станцій при сейсмічних навантаженнях», подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, є завершеною науковою працею, яка відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії ...», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, та напрямку наукового дослідження освітньо -наукової програми КНУБА з вищезазначеної спеціальності, а її автор, Шугайло Олександр Петрович,

заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 –
Будівництво та цивільна інженерія.

Рецензент,
доктор технічних наук,
професор кафедри будівельної механіки
Київського національного університету
будівництва і архітектури



М.О. Вабіщевич

Підпис М.О.Вабіщева засвідчую
Вчений секретар Вченої ради КНУБА
к.т.н, доцент



М.О. Клименко