

ВІДГУК
офіційного опонента

на дисертаційну роботу Нужного Валерія Вікторовича
на тему «Робота і витривалість баштових сталевих споруд суцільного перерізу з
уточненням впливу вихрового збудження», подану на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні
конструкції, будівлі та споруди

1. Обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи та зв'язок із науковими програмами, планами й темами

Переважає більшість висотних та протяжних споруд є чутливими до вітрових впливів. Саме ці впливи зумовлюють вибір форми перерізу як окремих елементів, так і споруд загалом. Флатер, бафтінг та галопінг є небезпечними резонансними явищами, що викликані вітром. Розрахунки будівельних конструкцій за першою та другою групами граничних станів на дію вітру регламентуються національними будівельними нормами України та країн ЄС. Проте деякі з явищ залишилися поза увагою й потребують додаткового вивчення. Так, особливістю фронтального вітрового навантаження є взаємодія з елементами конструкції, що призводить до утворення вихорів. Зриваючись з поверхні елементів конструкцій, вони викликають коливання в площині, перпендикулярній напрямку дії вітрового потоку. Зміни напружено-деформованого стану елементів конструкцій, спричинені вихровим збудженням, безумовно, потребують урахування в розрахунках на втому. Вважаю, що розробка нових методів щодо оцінки впливу вихрового збудження на напружено-деформований стан і втому конструкції і є важливим і актуальним завданням будівельних конструкцій.

Дисертаційна робота виконана в Київському національному університеті будівництва і архітектури (КНУБА) і відповідає напрямку наукових досліджень кафедри металевих і дерев'яних конструкцій КНУБА. Дослідження здійснені в

межах держбюджетної тематики «Розвиток теорії вибору раціональних ресурсозберігаючих конструкцій сталевих рам з використанням ефективних двотаврових профілів енергоекономічних будівель» (номер держреєстрації: 0121U111715 від 20.06.2021, керівник: д.т.н., проф. Білик С. І.), що виконується на підставі наказу КНУБА № 243 від 03.06.2021.

2. Склад і структура дисертаційної роботи

Дисертація, підготовлена Нужним В. В., складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (111 назв) та додатка. Загальний обсяг роботи становить 145 сторінок та містить 36 таблиць і 41 рисунок.

3. Аналіз основного змісту роботи, її наукової новизни, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету й методи досліджень, наведено загальну характеристику роботи.

У першому розділі автором виконано аналіз літературних джерел із досліджуваної тематики. Розглянуто особливості формування вихрового збудження для баштових споруд з різними геометричними формами поперечного перерізу. Також охарактеризовано основні наукові підходи до вивчення вихрового збудження, зокрема методи, розроблені в СРСР і країнах Заходу, які покладено в основу сучасних розрахункових моделей. Особливу увагу приділено аналізу підходів до урахування динамічної складової вітрового навантаження в будівельних нормативних документах: Єврокод 1, ДБН В.1.2-2:2006 та СНіП. На основі виконаного аналізу визначено ефективність застосування окремих підходів та обмеження на їхню реалізацію.

У другому розділі наведено результати числового моделювання методом скінченних елементів конструкцій баштового типу із використанням програмного комплексу SCAD. Виконано моделювання коливань у вітровому потоці: пілонів постійної форми перерізу з висотою від 11,355 м до 25,575 м; споруд змінної форми перерізу – пілона висотою 28,5 м і флагштока висотою 48,5 м, встановленого в Києві в 1964 році. Вказано конструктивні характеристики кожної споруди, наведено результати модального аналізу. Дослідження дозволили оцінити динамічну поведінку споруд та їхню чутливість до вітрових впливів, зокрема до явища вихрового збудження.

У третьому розділі удосконалено методику оцінки динамічних характеристик баштових споруд з урахуванням власних частот, форм коливань

та критичних швидкостей вітру. Виконано чисельні дослідження для умов м. Києва, результати яких свідчать про те, що вихрове збудження в усіх спорудах, що вивчалися, виникає вже за слабких або помірних вітрів зі швидкістю від 3,5 м/с до 6 м/с. Наголошено, що саме такі вітри мають найбільшу тривалість впродовж життєвого циклу споруди. На основі аналізу доступних архівних даних щодо швидкості вітру автором вперше виконано розрахунок кількості циклів коливань, викликаних вихровим збудженням. Запропоновано формулу для оцінки орієнтовної кількості коливальних циклів залежно від динамічних характеристик споруди. Наголошується на необхідності урахування витривалості матеріалу та обмеження напружень у ході проєктування баштових споруд.

У четвертому розділі виконано числове моделювання впливу фронтального вітру та вихрового збудження на сталеві баштові споруди за допомогою програмного комплексу SCAD згідно з положеннями Єврокоду. Запропоновано методику порівняння впливів, яка полягає у визначенні частки зусиль від вихрового збудження у відсотках до зусиль від фронтального вітру. Аналіз показав, що для баштових споруд замкненого перерізу величина вихрового збудження становить до 48 % від фронтального навантаження й тому потребує перевірки на витривалість.

Встановлено важливу закономірність: в умовах досягнення критичної швидкості вітру, незалежно від її перевищення, вихрове збудження проявляється з постійною амплітудою коливань. Наведено відмінності в результатах розрахунків за вітчизняними нормами та Єврокодом, які пов'язані з різними підходами до врахування вітрового тиску. Також розглянуто вплив геометрії перерізу на розподіл напружень і особливості дії вітрових зусиль у різних площинах.

Результати підтверджують необхідність розрахунку конструкцій на вихрове збудження, а також важливість урахування втомного ресурсу в ході проєктування опорних вузлів баштових споруд. Вказано на недосконалість формул у чинних ДБН щодо оцінки сумісної дії фронтального вітру та вихрового збудження, що потребує нормативного уточнення.

У п'ятому розділі дисертації розглянуто удосконалені методики розрахунку сталевих баштових споруд на витривалість з урахуванням дії вихрового збудження та фронтального вітру. Встановлено, що напруження від вихрового збудження є знакозмінними ($\rho = -1$), тоді як напруження від фронтального вітру має імпульсний характер ($\rho = 0$). Запропоновано дві методики оцінювання витривалості матеріалу конструкцій: перша базується на використанні даних

метеоспостережень, а друга – на спрощеному, консервативному підході з урахуванням максимальних циклічних навантажень. Запропоновано новий підхід до оцінювання витривалості різних зон перерізу конструкції, де крайові точки аналізуються за коефіцієнтом $\rho = 0$, а центральні – за $\rho = -1$. Розраховано межі витривалості для основних елементів і вузлів згідно з ДБН В.2.6-198:2014 для різних класів сталей. Виконано порівняння результатів з нормативами Єврокоду (EN 1993-1-9).

Як наукову новизну потрібно відзначити виявлені закономірності циклічних коливань споруд під впливом вихрового збудження для оцінки витривалості конструкцій, а також запропоновані на їхній основі нові методики урахування вихрового збудження в розрахунках на втому матеріалу елементів баштових споруд, що мають замкнений поперечний переріз. Здобувачем визначено закономірності виникнення вихрового резонансного збудження в сталевих баштових спорудах з постійним та змінним замкненим перерізом.

Обґрунтованість та достовірність результатів забезпечено завдяки ґрунтовному аналізу стану проблеми; строгості використання основних положень будівельної механіки; коректності формування моделей баштових споруд.

Практичне значення одержаних результатів та рекомендації до їх застосування. Тема дисертаційної роботи Нужного В. В. є практично значущою, що підтверджується великим поширенням баштових споруд замкнутого поперечного перерізу в будівництві. Автором запропоновано нові методики розрахунку на втому матеріалу елементів баштових споруд. За допомогою цих методик було здійснено розрахунки напружень межі витривалості для різних груп конструкцій, а також визначено кількість циклів витривалості для знакозмінних коливань, залежно від рівня напружень. Розроблено рекомендації щодо вдосконалення методологічного підходу розрахунку одночасної дії фронтального вітру та вихрового збудження.

4. Повнота викладення результатів в опублікованих працях

Основні результати, наукові положення, висновки та рекомендації достатньо повно відображено в 7 працях: 1 стаття – у виданні, що цитується в наукометричній базі Scopus; 1 стаття – у фаховому виданні категорії «А», яке цитується у реферативній базі Web of Science; 3 статті – у фахових виданнях України категорії Б і 2 тези конференцій. Варто зауважити, що наукові праці Нужного В. В. відповідають вимогам Порядку присудження наукових ступенів, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України для кандидатських

дисертацій.

5. Ідентичність змісту анотацій та основних положень дисертації

Зміст анотацій українською та англійською мовами повною мірою відображає зміст дисертації та достатньо висвітлює її основні результати та висновки.

6. Дотримання академічної доброчесності

У дисертаційній роботі відсутні ознаки порушення академічної доброчесності. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

7. Дискусійні положення та зауваження до дисертації

У процесі аналізу змісту й структури дисертації та автореферату виникли такі зауваження змістовного та редакційного характеру:

1. На жаль, у тексті автореферату та змісті дисертації немає відображення запропонованої здобувачем моделі, яка згадується в п. 4 наукової новизни та п. 7 загальних висновків. Проте в розділах 4 і 5 запропоновано нові методики щодо розрахунків матеріалу елементів баштових споруд на втому.

2. У формулюванні практичної цінності дисертаційного дослідження здобувачем не запропоновано шляхи подальшого використання отриманих результатів, а наведені відомості щодо практичного впровадження не підтверджені відповідними документами.

3. Для верифікації отриманих здобувачем результатів та залежностей необхідно виконати їхнє зіставлення з даними інших авторів або результатами натурних спостережень.

4. Стиль викладу матеріалів досліджень та формулювання висновків не є лаконічним і послідовним, що ускладнює, а іноді й унеможлиблює, сприйняття інформації. Так, на с. 118 написано: «В таких перерізах пікові напруження для зусиль від силового фактору відносно однієї площини припадають на нейтральну зону для зусиль відносно іншої перпендикулярної площини». Можливо, цим реченням автор хотів підкреслити властивість досліджуваної системи – ортогональність?

5. Відомо, що форма перерізу конструкцій, а також матеріал їх покриття суттєво впливають на механізми формування вихрового збудження. Проте в наведених дослідженнях не описано алгоритми розрахунку конструкцій з обтічними та погано обтічними перерізами.

6. Здобувач не завжди дотримується загальноприйнятої термінології. Наприклад, на с. 6 автореферату наведено: «...для різних типів споруд при їх специфічних геометричних параметрах...». Необхідно уточнення, що саме малося на увазі: геометрична форма перерізу, геометричні розміри перерізу чи геометричні характеристики.

7. На с. 18 автореферату наведено твердження: «Так результати різних перерізів баштових споруд показали, що впливи додаткових напружень від вихрового збудження можуть як компенсуватися в нейтральній зоні перерізу, так і бути суттєвими», але не вказано, що саме і яким чином впливає на рівень напружень, спричинених вихровим збудженням.

8. У розрахунках аеродинамічної сили для всіх без винятку типів перерізів число Струхаля, що характеризує саме геометричну форму перерізу, було прийнято 0,1. Наголосимо, що в нормативній літературі для циліндричного перерізу це значення дорівнює 0,18.

9. Наявні друкарські помилки, наприклад: с. 6 «...металевих конструкцій на вітрові навантаження на..», с.72 та с. 78 – «ступіні», с. 73 – «логарифмічний декремент затухань (замість правильного " логарифмічний декремент коливань")».

10. Не відомо походження наведеного на рис. 1.2.1 (с. 16 дисертації) часового процесу.

11. Хоча на с. 68 стверджується: «Уточнюємо ітераційно ефективну довжину...», проте самих параметрів ітераційного процесу, таких як початкові дані, крок ітерацій, умови закінчення ітераційного процесу, не наведено.

12. Викликає питання, чому епюра нормальних напружень для несиметричного трикутного перерізу флагштока, наведена на с. 94 дисертації, має симетричний вигляд.

Висновок

Дисертаційна робота Нужного Валерія Вікторовича на тему «Робота і витривалість баштових сталевих споруд суцільного перерізу з уточненням впливу вихрового збудження» є кваліфікаційним завершеним науковим дослідженням. Тема та зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.23.01– будівельні конструкції, будівлі та споруди. За актуальністю, науковою новизною, практичною і теоретичною значущістю отриманих результатів робота відповідає вимогам, встановленим Департаментом атестації кадрів вищої

кваліфікації МОН України для кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01- Будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент
завідувачка кафедри цивільної інженерії,
технологій будівництва і захисту довкілля
Дніпровського державного аграрно-економічного
університету МОН України,
доктор технічних наук, професор

Вікторія ВОЛКОВА

Підпис д.т.н., професора Волкової В.С. «засвідчую»



Проектор з наукової та
інноваційної діяльності

Юрій ТКАЛЧ