

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя
д.т.н., професору
Марушаку Павлу Орестовичу

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Биківа Назарія Зіновійовича

**«Підвищення деформівних властивостей елементів конструкцій за
циклічних навантажень шляхом застосування сплавів з пам'яттю форми»**

подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії

з галузі знань 13 «Механічна інженерія»

та спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Актуальність теми

Сучасні інженерні конструкції стикаються з постійним підвищенням вимог до їх надійності та довговічності, особливо тих, які піддаються циклічним навантаженням, таким як мости, висотні будівлі та інші інфраструктурні об'єкти. Традиційні матеріали, що використовуються у будівництві, мають певні обмеження щодо здатності до самовідновлення та адаптації до змінних навантажень, що може призводити до зниження їх експлуатаційних характеристик та довговічності.

Дисертаційна робота Биківа Назарія Зіновійовича розкриває важливу проблему, а саме підвищення деформівних властивостей елементів конструкцій за циклічних навантажень шляхом застосування сплавів з пам'яттю форми (СПФ). У цьому полягає актуальність дослідження як у науковому, так і в практичному плані.

Отже, дослідження цієї проблеми має теоретичне та практичне значення для будівництва та інженерії. Використання СПФ дозволяє значно підвищити

безпеку та надійність будівельних конструкцій, що є ключовим завданням для інженерів і дослідників. Важливість даної теми полягає як у теоретичних дослідженнях, так і в практичній реалізації новітніх матеріалів у будівництві, що може значно підвищити ефективність та довговічність інженерних споруд.

У рамках дослідження були проведені експериментальні дослідження, а також розроблені методики моделювання впливу СПФ на деформаційні властивості конструкцій. Отримані результати були перевірені та підтверджені численними натурними експериментами, що підтверджує ефективність запропонованих підходів.

Таким чином, застосування сплавів з пам'яттю форми у будівельних конструкціях не лише сприяє підвищенню їх деформівних властивостей, але й вносить вагомий вклад у розвиток прикладної механіки, забезпечуючи нові підходи до проектування та експлуатації сучасних інженерних споруд.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи базуються на всебічно проведених експериментальних та теоретичних дослідженнях. Використано різноманітні методи, включаючи експериментальні випробування та чисельне моделювання із застосуванням сучасних програмних комплексів, що забезпечило високу достовірність отриманих результатів. Проаналізовано вплив різних факторів на деформівні властивості конструкцій, зокрема параметри навантаження, властивості матеріалів та конструкційні особливості. Всі наукові положення, висновки та рекомендації ретельно сформульовані, взаємопов'язані та підтверджені відповідними даними.

Достовірність наукових результатів, представлених у дисертаційній роботі Назарія Биківа, підтверджується всебічним експериментальним та чисельним дослідженням. Для вивчення впливу циклічних навантажень на деформівні властивості залізобетонних конструкцій, армованих сплавами з пам'яттю форми, було використано сучасні методи, зокрема комп'ютерне моделювання у програмному комплексі ANSYS Workbench 2024 R1.

Забезпечено високу точність експериментальних даних завдяки використанню сервогідравлічної випробувальної машини СТМ-100 із автоматизованим управлінням від ПК та калориметра NETZSCH DSC 214 Polyma. Верифікація результатів комп'ютерного моделювання з експериментальними даними показала, що значення похибки не перевищує 6%.

Наукові результати були опубліковані у 5-ти наукових виданнях, включаючи журнали, що індексуються у базі даних Scopus, та обговорені на 2-ох наукових конференціях. Впровадження результатів на підприємстві ТОВ «ІБК АРХІТЕКТОР» свідчить про їх актуальність та практичне значення. Рецензування та схвалення роботи науковою спільнотою підтверджує високу якість та наукову значимість отриманих результатів.

Наукова новизна роботи полягає у науковому обґрунтуванні та вирішенні важливого завдання підвищення деформівності конструкцій за циклічних навантажень шляхом застосування сплавів з пам'яттю форми у залізобетонних балках. Наукова новизна отриманих результатів включає:

- розроблено оригінальну методика підвищення деформівності конструкцій шляхом використання у залізобетонних балках псевдопружних прутків із сплаву з пам'яттю форми;
- досліджено псевдопружні властивості нікель-титанового сплаву $Ni_{55.75}Ti_{44.15}$ (нітинолу) які дозволяють відновлювати форму після значних деформацій. Встановлено основні фізико-механічні властивості, такі як температури та напруження фазових перетворень, модулі пружності даного сплаву;
- встановлено вплив асиметрії циклічного навантаження на функціональні властивості та механічну втому, залишкові деформації, розмах деформацій та дисиповану енергію нітинолу. Виявлено вплив асиметрії циклу навантаження на мікроструктуру СПФ, зокрема щодо зміни кількості зародків втомних тріщин та рельєф зламів;
- досліджено способи з'єднання гладких стержнів нітинолу зі стержнями робочої арматури 600С. Обґрунтовано та забезпечено міцність

з'єднання робочої арматури з СПФ із застосуванням муфт та двокомпонентного епоксидного клею;

– розроблено фізичні моделі залізобетонних балок, розмірами 140x80x1250 мм із та без нітинолових вставок, досліджено властивості обох типів балок під дією циклічних навантажень на сервогідравлічній машині СТМ-100. Проведено випробування під циклічним навантаженням, що дозволило детально вивчити механізми взаємодії між бетоном і СПФ-елементами. Результати експериментального дослідження демонструють підвищення деформівних властивостей конструкції з використанням СПФ;

– методом скінченних елементів встановлено розподіл напружень та деформацій у залізобетонних балках із та без використання нітинолу. Моделювання підтвердило підвищення деформівності конструкцій з нітинолом та виявило вплив застосування псевдопружних стержнів на розподіл полів напружень та деформацій у залізобетонних балках.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя під керівництвом наукового керівника, доктора технічних наук, професора Яснія Володимира Петровича.

З огляду на викладене, наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи Биківа Назарія Зіновійовича є добре обґрунтованими, взаємопов'язаними та підтвердженими відповідними даними, що не викликає сумнівів у їх достовірності та цінності. Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Биківа Назарія повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 131 – Прикладна механіка.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий інноваційний напрям

"Підвищення деформівності конструкцій під циклічними навантаженнями шляхом застосування сплавів з пам'яттю форми у залізобетонних балках".

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Биківа Назарія є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота Назарія Биківа виконана державною мовою. Викладення матеріалу є логічним та змістовним, відповідає науково-публіцистичному стилю, та характеризується адекватним використанням термінології, що притаманна нормативно-технічній лексиці. Наукові положення, представлені у роботі, логічно структуровані та обґрунтовані. У тексті дисертації використовуються загальноприйняті скорочення, які супроводжуються відповідним поясненням при першому згадуванні.

Короткий аналіз основного змісту дисертації

Дисертаційна робота містить вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел та додаток, загальним обсягом 161 сторінка.

У вступі надається обґрунтування актуальності, мети та завдань дослідження, визначені методи дослідження, наукова новизна, практичне значення та особистий внесок автора. Також наведено зв'язок роботи з науково-дослідною темою та представлено дані про апробацію і публікації результатів.

Перший розділ присвячено кристалічній будові сплавів з пам'яттю форми та огляду літературних джерел щодо їх застосування для підвищення деформівності конструкцій під динамічними навантаженнями. Докладно розглянуто унікальні властивості цих сплавів.

Другий розділ описує методики дослідження механічних і функціональних властивостей сплавів з пам'яттю форми, відповідно до

стандарту ASTM F2516-14. Представлено експериментальні методи визначення механічної втоми, температур фазових перетворень за допомогою диференціальної сканувальної калориметрії та функціональних властивостей псевдопружних сплавів. Також описано методику моделювання механічної поведінки і демпфувальних властивостей нітинолу у програмному комплексі ANSYS.

Третій розділ містить результати визначення фізико-механічних та функціональних властивостей сплавів з пам'яттю форми. Досліджено вплив асиметрії навантаження на механічну поведінку і властивості псевдопружного NiTi-стержня Ø4 мм. Представлені результати впливу зміни коефіцієнту асиметрії на фрактографію руйнування матеріалу.

У четвертому розділі розроблено та випробувано методику з'єднання гладких стержнів нітинолу із робочою арматурою 600С за допомогою сталевих муфт та двокомпонентного епоксидного клею. Описано виготовлення залізобетонної балки із використанням NiTi-вставки та без неї. Представлено результати експериментальних досліджень щодо підвищення деформівних властивостей залізобетонних балок з СПФ-вставками під малоцикловим навантаженням. Експериментальні дані демонструють підвищення деформівних властивостей конструкцій із СПФ у 2,8 рази.

П'ятий розділ присвячено методиці комп'ютерного моделювання та верифікації даних механічної поведінки NiTi-вставок у конструкціях. Представлено результати моделювання, що підтверджують експериментальні дані щодо підвищення деформівних властивостей залізобетонних конструкцій з СПФ. Розроблено тривимірні моделі залізобетонних балок зі СПФ-вставкою та без неї. Проведено верифікацію результатів моделювання з натурними випробуваннями, підтверджуючи підвищення деформівних властивостей конструкцій під циклічними навантаженнями.

У висновках підведено підсумки дослідження, сформульовано основні результати щодо підвищення деформівних властивостей конструкцій шляхом застосування СПФ під циклічними навантаженнями. Результати дослідження підтверджують актуальність роботи та її наукову новизну.

У додатку подано акт впровадження результатів дисертації Назарія Биківа на підприємстві ТОВ «ІБК АРХІТЕКТОР».

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 5 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 1 стаття у періодичному науковому виданні, що проіндексоване у базі даних Scopus; 2 тези виступів на наукових конференціях.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Зауваження до дисертаційної роботи

Позитивно оцінюючи представлену дисертаційну роботу, як вагомий внесок у вирішення актуального наукового завдання, вважаю за необхідне висловити декілька зауважень, які можуть посприяти Биківу Н.З. у подальших дослідженнях та практичних утіленнях їх результатів, а саме:

1. В дисертаційній роботі згадується дротина, дріт, стержень, стрижень, а яка між ними різниця не вказано, можливо це одне й те саме.
2. Дисертант вказує, що вимірювання діаметра дослідного зразка здійснювали штангенциркулем. Не наведено точність даного приладу.
3. Хімічний склад і механічні властивості нітинолу в розділ 2 доцільно представити у вигляді таблиць.
4. На ст. 67, 97 зустрічається скорочення ДСК, однак не представлено його розшифрування.
5. Для більшого розуміння рис. 3.11 - 3.13 бажано було б вісь X побудувати починаючи з 100 або 1000.
6. На ст. 106 незрозуміло про яке саме муфтове з'єднання йде мова?

7. Для кращого сприйняття результатів моделювання впливу СПФ в залізобетонній балці доцільно було б розподіл напружень після певного циклу навантаження представити на одному рисунку для ЗББ і для ЗББ-СПФ?

8. В дисертаційній роботі зустрічається ряд нетипових термінів і описок, а саме: ст. 32 «...помірні значення та високі значення...», ст. 32 «...рівномірнішому...», ст. 35 «...управляє...», ст. 35 «...яка фільтрує сейсмічну енергію...», ст. 36 в тексті замість рис. 1.1 має бути 1.9, ст.44 – немає початку речення, ст. 71 «...петлю характеристики сплаву...», ст. 103 «...кутового електрозварювання...», ст. 119 «...експериментальними спостереженнями...», ст. 120 «...добре узгоджуються з моделлю», ст. 140 «...момент колапсу...», ст. 145 «...найкращими партнерами для поєднання з нітинолом...», ст. 151 не зрозуміло що за літературне джерело 19, англомовні публікації оформлені не по вимогах

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.


Загальний висновок

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Биківа Назарія Зіновійовича на тему «Підвищення деформівних властивостей елементів конструкцій за циклічних навантажень шляхом застосування сплавів з пам'яттю форми» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних і практичних результатів має істотне значення для галузі знань 13 «Механічна інженерія». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 р. та чинним вимогам МОН України.

Здобувач Биків Назарій Зіновійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка», галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Рецензент:

кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри інжинірингу
машинобудівних технологій
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

 Ігор ОКІПНИЙ

Підпис Ігоря ОКІПНОГО засвідчую

Т.В.О. Ковалюк
Відділу кадрів
 *(Т. Ковалюк)*