

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

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Биківа Назарія Зіновійовича

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

подану до захисту на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(галузь знань 13 «Механічна інженерія»)

Відгук подано за результатами ознайомлення та аналізу тексту дисертаційної роботи, опублікованих наукових праць, документів, які свідчать про впровадження результатів досліджень Биківа Назарія Зіновійовича.

Актуальність теми

Підвищення деформівних властивостей елементів конструкцій за циклічних навантажень є надзвичайно важливим завданням у багатьох галузях наук, у тому числі й сучасному будівництві. Використання сплавів з пам'яттю форми (СПФ) у залізобетонних конструкціях відкриває нові можливості для забезпечення довговічності та надійності споруд, особливо в умовах високої сейсмічної активності та інших динамічних впливів. Запропоновані методики дозволяють значно підвищити ефективність і надійність будівельних конструкцій, що робить це дослідження актуальним та перспективним.

Впровадження сплавів з пам'яттю форми в будівельні конструкції дозволяє знизити ризик раптової руйнації елементів конструкції та забезпечує високу стійкість до циклічних навантажень. Це особливо важливо для регіонів з високою сейсмічною активністю, де зниження ризиків руйнування будівель має

критичне значення для безпеки. Використання СПФ у елементах конструкцій дозволяє досягти більш рівномірного перерозподілу напружень, що підвищує загальну надійність та довговічність будівельних споруд.

Впровадження СПФ у різних галузях, зокрема у будівельній, сприяє розвитку інноваційних підходів до проектування та експлуатації конструкцій, що є додатковим позитивним фактором, який підвищує актуальність теми дисертаційного дослідження.

Таким чином, дисертаційна робота Биківа Назарія Зіновійовича спрямована на вирішення актуальної проблеми прикладної механіки, забезпечуючи підвищення надійності та довговічності елементів конструкцій, у тому числі – будівельних елементах, шляхом використання сплавів з пам'яттю форми.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи ґрунтуються на ретельно проведених експериментальних та теоретичних дослідженнях. Використано широкий спектр досліджень, включаючи експериментальні випробування та чисельне моделювання із застосуванням сучасних програмних комплексів, що забезпечило високу обґрунтованість отриманих результатів. Проаналізовано вплив різних факторів на деформівні властивості конструкцій, включаючи параметри навантаження, властивості матеріалів та конструкційні особливості. Всі наукові положення, висновки та рекомендації логічно сформовані, взаємопов'язані та підтверджені відповідними даними.

Достовірність результатів досліджень

Достовірність отриманих результатів підтверджується проведенням численних натурних експериментів та чисельного моделювання з використанням програмного комплексу ANSYS Workbench 2024 R1. Використання сучасного обладнання, такого як сервогідролічна випробувальна машина СТМ-100 із автоматизованим управлінням від ПК та калориметр NETZSCH DSC 214 Polyma,

забезпечусь необхідну точність експериментальних даних. Верифікація результатів комп'ютерного моделювання з експериментальними даними показує, що значення похибки не перевищує 6%.

Публікації результатів дослідження у 5-ти наукових виданнях та їх обговорення на 2-ох наукових конференціях, впровадження результатів на підприємстві ТОВ «ІБК АРХІТЕКТОР» свідчить про актуальність роботи та її практичне значення. Рецензування та схвалення роботи науковою спільнотою свідчить про високу якість та наукову значимість отриманих результатів. З урахуванням вище викладеного, результати та наукова цінність дисертаційної роботи Биківа Назарія Зіновійовича не викликають сумніву.

Структура і обсяг дисертації

Дисертаційна робота складається із анотації, поданої двома мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Загальний обсяг дисертації складає 161 сторінку, основна частина – 146 сторінок, в їх числі 105 рисунків та 14 таблиць. Список використаних джерел складає 112 найменувань.

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

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

Наукова новизна отриманих результатів включає:

Розроблено оригінальну методику підвищення деформівності конструкцій шляхом використання у залізобетонних балках псевдопружних прутків із сплаву з пам'яттю форми.

Виявлено основні закономірності впливу асиметрії циклу навантаження на функціональні властивості та механічну втому псевдопружного СПФ та встановлено фрактографічні особливості їх руйнування.

Обґрунтовано та забезпечено міцність з'єднання робочої арматури з СПФ із застосуванням муфт та двокомпонентного епоксидного клею.

Розроблено оригінальні модельні зразки залізобетонних балок з вставками нітинолу і проведено їх випробування під циклічним навантаженням, що дозволило детально вивчити механізми взаємодії між бетоном і СПФ-елементами.

Із чисельного моделювання методом скінченних елементів, отримано точні дані про поля розподілу напружень та деформацій у залізобетонних балках із та без використання нітинолу. Виявлено вплив підвищення деформівних властивостей балки на перерозподіл полів напружень та деформацій.

Короткий аналіз основного змісту дисертації

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження, зазначено зв'язок роботи з науково-дослідною темою, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт та предмет дослідження, наведено перелік застосованих методів дослідження. Визначено наукову новизну, практичне значення результатів та особистий внесок автора. Представлено інформацію про публікації та апробацію результатів дослідження.

У першому розділі описано кристалічну будову сплавів з пам'яттю форми та їх унікальні властивості. Наведено огляд літературних джерел щодо використання СПФ в конструкціях для підвищення деформівності під динамічними навантаженнями.

У другому розділі представлені методики дослідження механічних властивостей СПФ, відповідно до стандарту ASTM F2516-14. Описано методику визначення температур фазових перетворень з використанням диференціальної сканувальної калориметрії. Описано методику експериментального визначення втомної довговічності та функціональних властивостей СПФ на випробувальній машині. Описано методику моделювання демпфуючих властивостей нітинолу та відтворення петлі гістерезису у програмному комплексі ANSYS.

У третьому розділі подано результати експериментальних досліджень впливу циклічного навантаження на механічну поведінку і функціональні

властивості севдо NiTi сплаву Ø4 м з урахуванням асиметрії циклу навантажень. Встановлено фрактографічні особливості деформування та руйнування матеріалу.

У четвертому розділі запропоновано та випробувано методику з'єднання гладких стержнів нітинолу із робочою арматурою 600С шляхом застосування сталевих муфт та двокомпонентного епоксидного клею. Представлено та випробувано виготовлені залізобетонні балки з використанням СПФ-вставки та без неї під дією циклічного навантаження. Результати експериментального дослідження демонструють підвищення деформівних властивостей конструкції з використанням СПФ у 2,8 рази.

У п'ятому розділі розроблено модельний зразок нітинолу та проведено верифікацію його поведінки із результатами експериментальних досліджень, описаних у розділі 3. Загальна форма петель гістерезису та ключові точки деформації добре узгоджено, що свідчить про адекватність моделі нітинолу для прогнозування поведінки елементів конструкцій за малоциклових навантажень. Розроблено тривимірні моделі залізобетонних балок зі СПФ-вставкою та без неї. Проведено верифікацію отриманих результатів моделювання із результатами натурних випробувань. Моделювання підтверджує підвищення деформівних властивостей конструкцій за циклічних навантажень.

У висновках наведені результати дослідження, котрі підтверджують актуальність роботи та її наукову новизну.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Наукове завдання дисертаційного дослідження вважаю виконаним, а рівень володіння здобувачем методологією наукової діяльності – достатньо високим.

Відомості про дотримання академічної доброчесності

У дисертації та наукових публікаціях Биківа Н.З. порушень академічної доброчесності не виявлено.

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.

1. У оглядовому розділі дисертації представлено дослідження залізобетонної балки, проте у самій роботі відсутні порівняння чи співставлення отриманих результатів із результатами інших дослідників.

2. У другому розділі, на сторінці 59 вказано, що для визначення механічних властивостей сплавів швидкості переміщення штока мають максимальну межу у 0,00208 мм/с – для першого циклу навантаження, та 0,0208 мм/с – для другого циклу. Проте на рисунку 3.4 подаються також результати за швидкості навантаження штока 0,0045 мм/с. Пояснення застосування даної швидкості у дисертації відсутнє.

3. У дисертації використано терміни «асиметрія циклічного навантаження», «асиметрія циклу навантаження», «коефіцієнт асиметрії напружень» та «коефіцієнт навантаження» і позначення « R » або « R_{σ} ». У наукових працях варто використовувати одне позначення, що відповідає конкретному терміну.

4. При дослідженні впливу «асиметрії циклу навантаження» на функціональні властивості псевдопружного NiTi сплаву, відсутні обґрунтування вибору максимальних значень напруження у 450 МПа, 500 МПа та 550 МПа.

5. До лабораторних експериментів та чисельного моделювання слід провести дослідження за реальних умов експлуатації, щоб краще зрозуміти поведінку залізобетонної конструкції із СПФ-вставкою. Це дозволило б підвищити прикладну цінність дослідження та забезпечити більш достовірні результати.

6. У п'ятому розділі представлено комп'ютерну модель залізобетонної балки із нітинолом, проте відсутнє перенесення муфтового з'єднання, що запропоноване у четвертому розділі. Виникає запитання, яким чином реалізовано з'єднання стержня нітинолу із робочою арматурою та контактне щеплення бетону із гладкою поверхнею СПФ-вставки.

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

Загальний висновок

Дисертаційна робота Биківа Назарія Зіновійовича на тему «Підвищення деформівних властивостей елементів конструкцій за циклічних навантажень шляхом застосування сплавів з пам'яттю форми» є закінченою науковою працею. Вирішено актуальне наукове завдання, що полягає у розробці нових підходів до підвищення деформівності елементів конструкцій. Сформульована мета дослідження досягнута в повній мірі. Дисертація виконана на високому науковому рівні. Вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам «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, а її автор, Биків Н.З., заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка», галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Офіційний опонент,
доктор фізико-математичних наук, професор
завідувач кафедри теоретичної та
комп'ютерної механіки
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара



Володимир ЛОБОДА

Підпис В.В. Лободи засвідчую:

В.о. проректора з науково-педагогічної роботи
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара



Ваталія ГУК