

ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації
БИКІВА НАЗАРІЯ ЗІНОВІЙОВИЧА здобувача ступеня доктора філософії з
галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 131 прикладна механіка
“Підвищення деформівних властивостей елементів конструкцій за циклічних
навантажень шляхом застосування сплавів з пам'яттю форми”**

**Науковий керівник: д.т.н. проф, завідувач кафедри будівельної механіки ЯСНІЙ
ВОЛОДИМИР ПЕТРОВИЧ**

1. Ким і коли затверджена тема дисертації.

Тема дисертації на здобуття ступеня доктора філософії «Підвищення деформівних властивостей елементів конструкцій за циклічних навантажень шляхом застосування сплавів з пам'яттю форми» затверджено «17» листопада 2020р. на засіданні вченої ради Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 11, (уточнено «21» листопада 2023р. на засіданні вченої ради Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 9).

2. Актуальність теми дисертації та її зв'язок з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення стійкості та безпеки елементів конструкцій під дією циклічних навантажень, що є важливим завданням у багатьох галузях, зокрема в будівельній інженерії. Використання сплавів з пам'яттю форми у залізобетонних елементах конструкцій відкриває та покращує деформівні властивості та здатність до самовідновлення після розвантаження. Такі властивості сплавів з пам'яттю форми є надзвичайно корисними в умовах динамічних навантажень, які можуть виникати внаслідок сейсмічної активності, зовнішніх вібрацій або ударних хвиль вибуху. Робота виконана у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя у рамках бюджетних тем згідно з тематичними планами наукових досліджень, де автор був виконавцем: «Розроблення методів прогнозування функціональних властивостей сплавів з пам'яттю форми в системах захисту конструкцій від динамічного навантаження» (№ держреєстрації 0121U109857, 2021-2023 р.); «Моделювання функціональних і конструкційних властивостей сплавів з пам'яттю форми методами машинного навчання» (№ держреєстрації 0122U001858, 2022-2024 р.).

3. Формулювання наукового завдання, нове розв'язання якого отримано в дисертації. У даній дисертаційній роботі сформульовано та вирішено наукове завдання з підвищення деформівності та стійкості залізобетонних конструкцій за допомогою сплавів з пам'яттю форми (СПФ) під дією циклічних навантажень. Було розроблено конструкцію залізобетонної балки із вбудованими СПФ-вставками та виготовлено зразки залізобетонних балок зі вставками нітинолу, забезпечених з'єднанням з арматурою за допомогою металевих муфт і двокомпонентного епоксидного клею. Натурні експериментальні дослідження, продемонстрували, що балки зі СПФ-вставками мають вищу деформівність і стійкість до руйнування порівняно зі звичайними балками. Розроблено методику чисельного моделювання поведінки залізобетонних балок зі СПФ за дії циклічних навантажень з використанням програмного комплексу ANSYS Workbench 2024 R1, що дозволило визначити ключові точки деформації та напруження у зразках. Верифікація результатів

комп'ютерного моделювання з натурними експериментальними даними продемонструвала адекватність моделі нітинолу для прогнозування поведінки елементів конструкцій за малоциклових навантажень. Виявлено закономірності впливу асиметрії циклу навантаження на функціональні властивості та механічну втому псевдопружного СПФ.

4. Наукові положення, розроблені особисто дисертантом та їх новизна, особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів. Особисто здобувачем розроблено методичний підхід для виявлення впливу сплавів з пам'яттю форми на деформівність та міцність залізобетонних конструкцій під дією циклічних навантажень, на циліндричних зразках досліджено механічні властивості, температури та напруження фазових перетворень та встановлено вплив асиметрії циклу навантаження на функціональні та конструкційні властивості псевдопружного СПФ. Було створено та випробувано модельні зразки залізобетонних балок зі вставками з нітинолу, що забезпечило детальне вивчення механізмів взаємодії між бетоном і СПФ-елементами. На основі натурних експериментів сформовано інформаційні масиви даних щодо межі міцності та деформівності залізобетонних балок, показники яких є вищими у порівнянні з традиційними залізобетонними балками. Розроблено методику чисельного моделювання напружено-деформованого стану з використанням програмного комплексу ANSYS Workbench 2024 R1, що дозволило виявити основні закономірності деформування та руйнування СПФ за дії циклічного навантаження. Проведена верифікація результатів комп'ютерного моделювання з натурними експериментальними даними підтвердила адекватність розробленої моделі. Здобувачем особисто виконано натурні дослідження зразків матеріалів і фізичних моделей залізобетонних балок зі СПФ, комп'ютерно моделюючи експерименти фізичних моделей, що відповідають натурним параметрам балок. Виконано опрацювання отриманої чисельної бази.

5. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, підтверджується використанням базових положень чинної нормативної документації щодо залізобетонних конструкцій, технологій виготовлення та розрахунків. Механічні випробування бетонних призм, циліндричних зразків сплаву з пам'яттю форми, конструкційного з'єднання СПФ з робочою арматурою та фізичних моделей залізобетонних балок зі сплавами з пам'яттю форми здійснено на сервогідролінійній випробувальній машині СТМ-100, що забезпечило високу точність вимірювань. Для комп'ютерного моделювання використано програмний комплекс ANSYS Workbench 2024 R1, який дозволяє виявити поведінку конструкції як у лінійному, так і в нелінійному діапазоні деформування і широко застосовується для дослідження аналогічних конструкцій іншими авторами. Верифікація результатів комп'ютерного моделювання з натурними експериментальними даними показало рівень похибки у межах 3...6%, що свідчить про правильно вибрані методичні підходи до комп'ютерного моделювання. Результати роботи представлено у 5 наукових публікаціях та заслухано на 2 наукових конференціях, що підтверджує їх наукову значущість та визнання в науковій спільноті.

6. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру. У даній дисертаційній роботі запропоновано

методичний підхід, який включає використання експериментально отриманих даних для властивостей матеріалів, що забезпечило високу вірогідність комп'ютерного моделювання. Розроблена методика комплексних досліджень міцності і деформівності залізобетонних балок зі СПФ, яка поєднує фізичне і комп'ютерне моделювання, враховує механізми взаємодії між бетоном і СПФ-елементами, що значно підвищує точність прогнозування поведінки конструкцій під дією циклічних навантажень.

7. Використання результатів роботи

Результати роботи використані ТОВ «Інженерно-будівельна компанія архітектор» (акт впровадження від 10 листопада 2023р.) для оцінки ефективності регулювання залишкових напружень у залізобетонних конструкціях з метою підвищення їх стійкості. Результати роботи можуть бути використані в багатьох галузях, зокрема будівельній, де під час експлуатації виникають значні деформації. Результати дисертаційної роботи рекомендуються для практичного використання оцінки ефективності регулювання залишкових напружень у залізобетонних конструкціях, з метою підвищення їх деформівності.

8. Повнота викладення матеріалів дисертації та особистий внесок здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих із співавторами та захищених за темою дисертації

- Вуків Н. З., Ясний П. В., Іасний В. Р. Modeling of mechanical behavior of reinforced concrete beam reinforced by the shape memory alloy insertion using finite elements method. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2020. Вип. 3, № 13. С. 24–34
- Вуків Н., Іасний В., Ясний П., Junga R. Thermomechanical analysis of nitinol memory alloy behavior. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2021. Вип. 102, № 2. С. 161–167.
- Вуків Н., Ясний П., Лапуста Ю., Іасний В. Finite element analysis of reinforced-concrete beam with shape memory alloy under the bending. Procedia Structural Integrity. 2022. Вип. 36. С. 386–393.
- Буків Н. З., Ясний В. П. Застосування сплавів із пам'яттю форми у будівельних конструкціях. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2022. № 17. С. 3–14.
- Іасний В., Вуків Н., Ясний О., Будз В. Methodology and some results of studying the influence of frequency on functional properties of pseudoelastic SMA. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2022. Вип. 107, № 3. С. 45–50.

9. Відомості про апробацію результатів дисертації.

- Буків Н.З. Застосування сплавів з пам'яттю форми для підвищення стійкості конструкцій при динамічних навантаженнях. ІХ міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 25-26 листопада 2020 року, Тернопіль, 2020. С.26.
- Буків Н., Ясний В., Лапуста Ю., Будз В. Вплив частоти навантаження на функціональні властивості псевдопружного СПФ. Міжнародна науково-технічна конференція присвячена 70-річчю від дня народження член-кореспондента НАН

України, проф. Яснія Петра Володимировича «Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій», 10-11 листопада 2022 року, Тернопіль, 2022. С. 190-191

10. Відповідність дисертації вимогам, що передбачені пунктом 6.

Дисертація відповідає вимогам, передбаченим пунктом 6 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44

11. Список публікацій за темою дисертації:

- Биків Н.З. Застосування сплавів з пам'яттю форми для підвищення стійкості конструкцій при динамічних навантаженнях. ІХ міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 25-26 листопада 2020 року, Тернопіль, 2020. С.26.
- Bykiv N. Z., Yasnii P. V., Iasnii V. P. Modeling of mechanical behavior of reinforced concrete beam reinforced by the shape memory alloy insertion using finite elements method. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2020. Вип. 3, № 13. С. 24–34
- Bykiv N., Iasnii V., Yasniy P., Junga R. Thermomechanical analysis of nitinol memory alloy behavior. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2021. Вип. 102, № 2. С. 161–167.
- Bykiv N., Iasnii V., Yasniy P., Junga R. Thermomechanical analysis of nitinol memory alloy behavior. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2021. Вип. 102, № 2. С. 161–167.
- Bykiv N., Yasniy P., Lapusta Y., Iasnii V. Finite element analysis of reinforced-concrete beam with shape memory alloy under the bending. Procedia Structural Integrity. 2022. Вип. 36. С. 386–393.
- Биків Н. З., Ясній В. П. Застосування сплавів із пам'яттю форми у будівельних конструкціях. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2022. № 17. С. 3–14.
- Биків Н., Ясній В., Лапуста Ю., Будз В. Вплив частоти навантаження на функціональні властивості псевдопружного СПФ. Міжнародна науково-технічна конференція присвячена 70-річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, проф. Яснія Петра Володимировича «Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій», 10-11 листопада 2022 року, Тернопіль, 2022. С. 190-191

12. Заслухавши та обговоривши доповідь БИКІВА НАЗАРІЯ ЗІНОВІЙОВИЧА, а також за результатами попередньої експертизи представленої дисертації на засіданні кафедри будівельної механіки, прийнято висновок щодо дисертації «Підвищення деформівних властивостей елементів конструкцій за циклічних навантажень шляхом застосування сплавів з пам'яттю форми»:

1. Дисертація БИКІВА НАЗАРІЯ ЗІНОВІЙОВИЧА «Підвищення деформівних властивостей елементів конструкцій за циклічних навантажень шляхом застосування сплавів з пам'яттю форми» є завершеною науковою працею, у якій виконано конкретне наукове завдання яке полягає в науковому обґрунтуванні та вирішенні науково-технічної задачі, а саме підвищенні деформівних властивостей елементів конструкцій під дією

циклічних навантажень, що має важливе значення для прикладної механіки та суміжних галузей.

2. У 5 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 4 статті у наукових фахових виданнях України; 1 стаття у наукових періодичних виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus.

3. Дисертація БИКІВА НАЗАРІЯ ЗІНОВІЙОВИЧА на тему: «Підвищення деформівних властивостей елементів конструкцій за циклічних навантажень шляхом застосування сплавів з пам'яттю форми» має наукову новизну, теоретичне та практичне значення і повністю відповідає вимогам п. 6 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Голова засідання:

Професор кафедри інжинірингу
машинобудівних технологій, д.т.н., проф.

ВАСИЛЬКІВ В.В.

Голова разової спеціалізованої вченої ради.
Проректор з наукової роботи, д.т.н., проф.

МАРУЩАК П.О.

Рецензент:

Професор кафедри інжинірингу
машинобудівних технологій, д.т.н., проф.

ПІДГУРСЬКИЙ М.І.

Рецензент:

Завідувач кафедри інжинірингу
машинобудівних технологій, к.т.н., доц.

ОКІПНИЙ І.Б.



Handwritten signatures in blue ink corresponding to the names listed on the right: Vasyliv V.V., Marusyak P.O., Pidgurskyi M.I., and Okipnyi I.B.