

УДК 624.012.4

Зазуляк Д., Остапчук Ю. – ст. гр. МБнм-61

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

## **ПОРІВНЯЛЬНЕ ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РУЙНУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК З КЛАСИЧНИМ АРМУВАННЯМ ТА ВСТАВКАМИ ЗІ СПЛАВУ З ПАМ'ЯТТЮ ФОРМИ**

Науковий керівник: доктор філософії, старший викладач Биків Н.З.

Zazuliak D., Ostapchuk Iu.

*Ternopil Ivan Puluj National Technical University*

## **COMPARATIVE NUMERICAL INVESTIGATION OF REINFORCED CONCRETE BEAMS FAILURE WITH CLASSICAL REINFORCEMENT AND SHAPE MEMORY ALLOY INSERTS**

Supervisor: PhD, Senior Lecturer Bykiv N.Z.

Ключові слова: залізобетон, метод скінченних елементів, сплав з пам'яттю форми, нітинол, руйнування.

Keywords: reinforced concrete, finite element method, shape memory alloy, nitinol, failure.

Сучасний стан будівельної галузі вимагає впровадження інтелектуальних матеріалів для підвищення живучості конструкцій. Застосування сплавів із пам'яттю форми (СПФ) у будівельних конструкціях дозволяє не лише сприймати навантаження, а й активно впливати на напружено-деформований стан (НДС) елементів [1]. Світовий досвід підтверджує ефективність використання СПФ-композитів для підсилення існуючих балок [2], а також послідовну активацію залізовмісних СПФ для створення попереднього напруження [3].

Метою роботи є порівняльний аналіз НДС класичної залізобетонної балки та балки зі вставкою з нітинолу на основі чисельного моделювання. Методологія дослідження базується на попередніх напрацюваннях щодо моделювання механічної поведінки залізобетону з СПФ-вставками методом скінченних елементів (МСЕ) [4, 5]. При налаштуванні властивостей матеріалу в ANSYS враховувалися результати вивчення функціональних властивостей псевдопружних СПФ, зокрема впливу частоти та циклічності на їхню діаграму деформування [6].

Для дослідження обрано балку перерізом 80x140 мм (проліт 1100 мм, бетон С20/25). Аналітичний розрахунок за ДБН В.2.6-98:2009 показав граничну силу 21,78 кН, що корелює з результатом МСЕ-моделювання (21,25 кН) з точністю до 97,5%. Це підтверджує адекватність обраних параметрів нелінійної моделі бетону та арматури.

Порівняння з інноваційним зразком (із нітинолом) виявило, що попри меншу жорсткість у порівнянні зі сталевим армуванням, СПФ забезпечує значне зростання пластичності. Класична балка зазнала руйнування при прогині 5,6 мм, тоді як балка з нітинолом утримувала навантаження до прогину 8,54 мм. Такий ефект суперпластичності, детально описаний у дослідженнях [5], є критично важливим для запобігання раптового обвалення конструкцій.

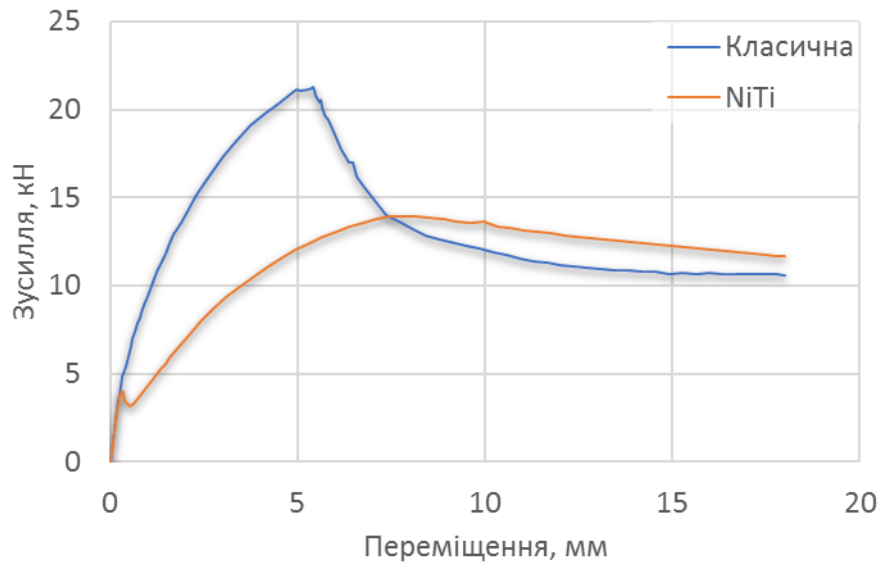


Рисунок 1. Порівняльний графік залежності сили від переміщення для класичної та інноваційної балок

Таким чином, результати підтверджують, що використання СПФ дозволяє створювати конструкції з прогнозованим та безпечним характером руйнування, що є надійною базою для подальшого проектування «розумних» будівельних систем.

#### Література

1. 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.
2. Qian H., Zhang Q., Zhang X., Deng E., Gao J. Experimental investigation on bending behavior of existing rc beam retrofitted with sma-ecb composites materials. *Materials*. 2022. Вип. 15, № 1.
3. Strieder E., Aigner C., Petautschnig G., Horn S., Marcon M., Schwenn M., Zeman O., Castillo P., Wan-Wendner R., Bergmeister K. Strengthening of Reinforced Concrete Beams with Externally Mounted Sequentially Activated Iron-Based Shape Memory Alloys. *Materials*. 2019. Вип. 12, № 3. С. 345.
4. Биків Н. З., Ясній П. В., Ясній В. П. 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. № 13. С. 24–34.
5. 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.
6. Iasnii V., Bykiv N., Yasniy O., Budz V. 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.