

## Методи посилення композитними матеріалами залізобетонних конструкцій

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Розглянуто результати експериментальних досліджень та методи розрахунку підсилень згинальних елементів по нормальних та похилих перерізах за допомогою зовнішнього армування композитною арматурою. Проаналізована методика та технологія виконання будівельних робіт з підсилення композитними матеріалами.*

**Ключові слова:** система посилення композитними матеріалами, підсилення залізобетонних конструкцій, вуглепластикові матеріали.

### *Abstract*

*The research and methods of calculating the reinforcement of bending elements in normal and inclined sections with the help of external reinforcement with composite reinforcement are considered. The method and technology of construction works with reinforcement with composite materials are analyzed.*

**Keywords:** reinforcement system with composite materials, reinforcement of reinforced concrete structures, carbon materials.

### **Вступ**

Будинки і споруди побудовані із залізобетону, після 30-40 років експлуатації мають високий ступінь фізичного зносу і вимагають ремонту. Пошкодження зазвичай пов'язані з корозією, помилками виконання робіт, додатковими навантаженнями непередбачуваними проектом і неправильною експлуатацією.

В даний час велика кількість залізобетонних конструкцій потребують ремонту і посилення. Дана ситуація без реалізації ремонтно-відновлювальних заходів буде прогресувати в подальшому, тому система посилення композитними матеріалами актуальна і затребувана в світі та на ринку України.

Поширене переконання про дорожнечу використання вуглепластика не відображає сьогоденну ситуацію. Система композитних матеріалів на основі вуглецю дійсно дорожче ніж метал. Але при розрахунку сукупності витрат (відсутні витрати на підйомну техніку, зварювальне обладнання, зайву робочу силу, антикорозійний захист і звичайно часовий чинник) вуглепластикові матеріали виявляються дешевше ніж металоконструкції.

Застосування вуглепластикових матеріалів компанії Sika має великий ряд переваг в порівнянні з традиційними методами:

- швидкий час нанесення і набору міцності;
- постійна корозійна стійкість;
- найвища втомна міцність;
- відсутність обмежень за розмірами;
- можливість нанесення декоративних покриттів;
- мінімальна товщина покриттів не впливає на експлуатаційні характеристики приміщень.

Також, більш доцільно влаштування підсилень з композитних матеріалів виникає в ситуації при переплануванні або зміні характеру експлуатаційних задач вже існуючих або нових будинків.

## Актуальність теми

Розглядаючи наведені характеристики матеріалів можна зробити висновки, що композитні матеріали мають значно вищу варіативність в реалізації способу підсилення. Традиційні матеріали (бетонні, залізобетонні та металеві типи підсилень) хоч і є більш досліджені та дають вищі результати підсилення, мають обмеженіші схеми виконання.

Маючи більші параметри міцності та деформативності композитні матеріали використовуються лише на 20-35% своєї міцності, що дає поштовх до подальшого дослідження цих матеріалів. Зважаючи на незначну вивченість композитних матеріалів, в порівнянні з широко застосовуваними традиційними матеріалами підсилення, можна констатувати, що з подальшим дослідженням їх застосування ефективність підсилення буде збільшуватись.

В Україні питанням підсилення залізобетонних конструкцій займались в :

\* Національному університеті “Львівська політехніка” П. Вегера., А. Мурина,

\* Національному університеті водного господарства та природокористування м. Рівне.

Ю. Ю Зятюк, С. В. Мельник, Є. М. Бабич.

\* ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ. А. М. Бамбура, І. Р. Сазонова, Ю. М. Собко.

\* «Лабораторії ефективних будівельних конструкцій Вінницького національного технічного університету» О. В. Войцехівський, Д. М. Байда.

Підсилення композитними матеріалами направлено на підсилення нормальних і похилих перерізів.

Підсилення практично реалізується за допомогою композитних вуглецевих стрічок SikaCarboDurS512 та вуглецевих полотен SikaWrap

Державна нормативна документація по цьому питанню відсутня, тому проводять експериментальні дослідження для розробки алгоритмів та методики проектувань.

## Результати дослідження

Були зібрані і опрацьовані публікації [1-12] з описом і характерними результатами експериментальних досліджень, після чого висвітлені наступні моменти:

\* Балки, які були підсилені стрічками і полотнами, зруйнувалися при навантаженні відповідно в 1.5 (півтора) рази більшому, ніж значення контрольного експлуатаційного навантаження цих балок без підсилення

\* В балках, підсиленних обіймами з полотна, система підсилення працювала сумісно з бетоном на всіх рівнях завантаження.

\* В балках, підсиленних стрічками, при навантаженні близькому до руйнівного відбувалося поступове відшарування системи підсилення стрічками разом з частиною бетону в нижній розтягнутій зоні зразків.

Більшість авторів досліджень схилиються до доцільності використання методу підсилення стрічкою SikaCarboDurS512 та анкеруванням її полотном SikaWrap.

## Висновки

1. В результаті виконання роботи підтверджено доцільність та ефективність виконання підсилень згинаємих залізобетонних елементів композитними матеріалами при відсутності на даний момент часу Державних нормативних положень;

2. Виконано аналіз існуючих рекомендаційних методик розрахунків, а також уточнюючих її положень та встановлено:

- при розрахунках підсилення нормальних перерізів найкращу збіжність з результатами експериментальних досліджень (до 10 %) надає зарубіжна методика *fib* при кількості вуглецевої арматури до 0,1%, при більших відсотках армування ця розбіжність значно зростає;

- при розрахунках підсилення композитними матеріалами похилих перерізів найкраще співпадання (до  $\pm 4\%$ ) надає методика розрахунків, яка розроблена в ТОВ «Інтераква» та НІИЖБ (м. Москва);
  - прогини рекомендуються розраховувати за методикою ДСТУ Б В.2.6-156. що дає розбіжність до 10% що є достатньо для інженерних розрахунків;
3. Для забезпечення сумісності роботи існуючого залізобетонного елемента (для якого влаштовується підсилення) та елементів підсилення необхідно обмежити величини відносних деформацій, а саме:
- величина відносних деформацій на видовження в композитній арматурі, що використовується для підсилення нормальних перерізів повинна не перевищувати значення 0,005;
  - а для похилих перерізів не більше 0,004;
4. Найоптимальнішим з позицій спрощення технології влаштування підсилення по похилих перерізах є підсилення матеріалом Sika Wrap при розташуванні підсилюючого матеріалу під кутом  $45^\circ$  до поздовжньої осі елементу;
5. Адаптовано технологічну карту влаштування підсилення композитними матеріалами плитних згинаємих залізобетонних елементів, де було запропоновано варіант підсилення без балочної монолітної плити покриття в при опорній ділянці з наявністю в ній дефектів у вигляді тріщин та ділянки в зоні найбільшого прольоту між опорами для забезпечення її подальшої надійної експлуатації:
- встановлено перелік та послідовність операцій;
  - перелік необхідних матеріалів та обладнання;
  - вимоги до якості виконання робіт;
  - часові терміни виконання.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Підсилення залізобетонних конструкцій композитними матеріалами фірми SIKА А. М Бамбура І. Р.Сазонова , Ю. М.Собко ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ НУ «Львівська політехніка», м. Львів ст. 8-12.
2. А. Мурин, асистент, Р. Добрянський, В. Сорохтей, , С. Цепков, Т. Приставський Національний університет “Львівська політехніка” Деформації прогину залізобетонних балок, підсиленних зовнішньою композитною арматурою.
3. С. В. Мельник, асистент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне) ст. 507-512 Дослідження впливу підсилення вуглепластиковими матеріалами на несучу здатність похилих перерізів залізобетонних згинальних елементів при дії одноразових та малоциклових навантажень.
4. А. Я. Мурин Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра мостів та будівельної механіки ст. 155-158 Міцність нормальних перерізів залізобетонних балок, підсиленних зовнішньою композитною арматурою.
5. П. І. Вегера, к.т.н. доцент Р. Є.Хміль, д.т.н. професор З. Я. Бліхарський, Національний університет «Львівська політехніка» ст. 88-93 Аналіз ефективних способів підсилення похилих перерізів в згинаних залізобетонних елементах.
6. Є. М. Бабич, д.т.н., проф., С. В. Мельник, асистент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне).  
Розрахунок несучої здатності похилих перерізів залізобетонних згинальних елементів, підсиленних вуглепластиковими матеріалами, з врахуванням впливу малоциклового навантаження
7. Ю. Ю. Зятюк, (Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне).ст 466-475 Операційність технології виконання робіт при підсиленні залізобетонних зразків (матеріалами фірми«SIKA»).

8. Я. Бліхарський, Р. Хміль Національний університет “Львівська політехніка” Ефективність додаткового армування позацентрово стиснутих залізобетонних колон, підсилених за дії експлуатаційного рівня навантаження.

9. Ю. Ю Зятюк. , Національний університет водного господарства та природокористуванням. м. Рівне. ст 216-222 Результати експериментальних досліджень залізобетонних балок підсилених в стиснутій і розтягнутій зонах.

10. С. В.Мельник Національний університет водного господарства і природокористування, м. Рівне ст. 111-116 Розрахунок несучої здатності похилих перерізів підсилених залізобетонних балок.

11. І. В. Мельник, Р. З. Добрянський, Н. Б. Давидовський, В. О. Крет Національний університет “Львівська політехніка” ст. 124-130 Експериментальні дослідження деформативності залізобетонних балок, підсилених під навантаженням композитною системою SIKА CARBODUR.

12. Андрій Мурин, Роман Канафоцький, Петро Ковальчик кафедра "Мости та будівельна механіка", Національний університет "Львівська політехніка", Україна, м. Львів, ст. 85-87 Сучасні технології підсилення залізобетонних конструкцій композитною арматурою.

**Самойленко Іван Миколайович** – магістрант, група Б-16мі, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vandrut95@gmail.com.

Науковий керівник: **Андрухов Валерій Михайлович** — канд. техн. наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Ivan M. Samoilenko** – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vandrut95@gmail.com.

Supervisor: **Valeriy M. Andruchov** – Ph. D. (Eng.), Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.