

УДК 624.04.043

ПОШУК РАЦІОНАЛЬНИХ МЕТОДІВ ПОСИЛЕННЯ ЗОНИ РОЗТЯГУ ЗГІНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННІ БУДІВЕЛЬ

І. А. ЯКОВЕНКО, д.т.н., професор;
І. М. МЕЛЬНИЧУК, аспірант; **О. А. АНДРОСЮК**, студент-магістр
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: i2103@ukr.net; van4ik088@gmail.com; alfoxtel@gmail.com

Реконструкція будівель та інженерних споруд є невід'ємною складовою сучасного будівництва та потребує розробки не лише раціональних способів відновлення та посилення несучих конструкцій, але і розробки аналітичних залежностей [1–3 та ін.], які б у хоча б задовільній формі враховували дійсну роботу матеріалів.

Існуючі пошкодження залізобетонних конструкцій [1], необхідність їхнього відновлення [3], забезпечення надійної подальшої технічної експлуатації – нагальні проблеми сьогодення [4]. Саме тому, використовуючи досвід існуючих способів посилення залізобетонних конструкцій [5, 6 та ін.], розглядаються варіанти посилення згинальних ЗБК.

Існує безліч варіантів посилення залізобетонних конструкцій, які працюють на згин [1–6 та ін.]. Це й посилення за допомогою різноманітних затягувань, це і нарощування перерізів, і влаштування обойм тощо.

Нарощування згинальних ЗБК знизу, при незначному збільшенні їхньої несучої здатності (рис. 1), передбачає оголення робочої арматури балки з кроком 1,0 м, зварювання за допомогою коротишів поздовжньої арматури посилення. Після посилення здійснюється нарощування перерізу.

Якщо виникла необхідність у значному збільшенні несучої здатності балки, можна використати нарощування перерізу, але тільки замість коротишів використовують арматурні відгини й значно збільшують нарощування (рис. 2,

3). Відомий варіант посилення балки, що передбачає встановлення зовнішньої листової арматури на полімерному розчині (рис. 2, 3).

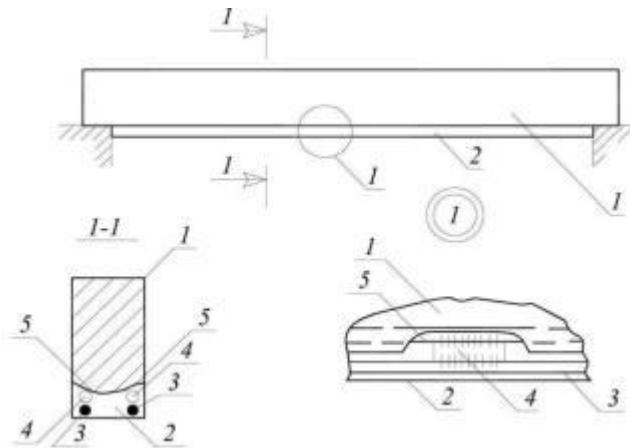


Рис. 1. Нарощування балок у розтягнутій зоні при незначній величині їхньої несучої здатності: 1 – балка, що посилюється; 2 – залізобетонне нарощування; 3 – поздовжня арматура посилення; 4 – арматурні коротиші; 5 – оголена арматура балки (ділянки із кроком через 1.0м)

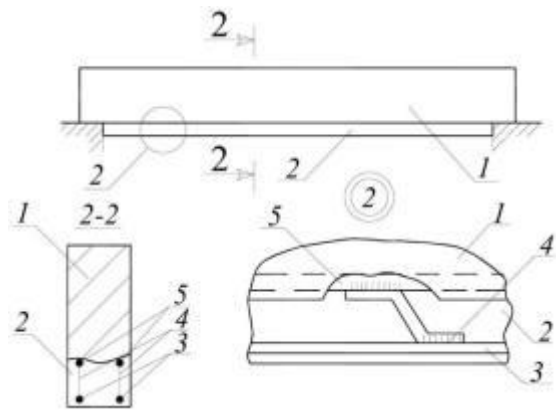


Рис. 2. Нарощування перерізу балок у розтягнутій зоні при значному збільшенні їхньої несучої здатності: 1 – балка, яка посилюється; 2 – залізобетонне нарощування; 3 – поздовжня арматура посилення; 4 – арматурні відгини; 5 – оголена арматура балки (ділянки із кроком через 1.0 м)

Для цього знизу до балки кріплять сталевий лист, довжина якого встановлюється відповідно до епюри згинальних моментів. Кріплять лист сталевими анкерними болтами, для яких висвердлені отвори в балці. Між балкою й сталевим листом наносять адгезійну обмазку із захисно-конструктивним полімеррозчином.

Можна посилити ЗБК встановленням металевих кутиків (рис. 3). При реалізації такого способу до оголеної арматури балки за допомогою коротишів і металевих пластин приварюють прокатні кутики.

Якщо ЗБК одержала значні пошкодження в період експлуатації, тоді влаштовують залізобетонну обойму (рис. 4). При такому посиленні в плитах перекриття, які опираються на підсилену балку, роблять отвори для укладання бетону, встановлюють арматуру та бетонують обойму й отвори в плиті.

Можна встановити додаткову арматуру на полімерному розчині (рис. 4). Для цього фрезою роблять пази в балці, яка потребує посилення. У пази вкладають додаткову арматуру, після чого їх заповнюють захисно-конструктивним полімерним розчином.

Можливий варіант встановлення зовнішніх залізобетонних елементів на полімерному розчині. Для реалізації такого посилення до існуючої балки анкерами, встановленими на полімеррозчині, кріплять залізобетонний елемент посилення. Такі способи посилення є найбільш поширеними у країнах ЄС.

При посиленні балок широко використовують різноманітні затяжки. Це можуть бути затяжки у вигляді попередньо напружених шпренгелів з арматурної або прокатної сталі, для натягнення яких використовують стягуючі

хомути (рис. 5), натяжні гвинти. Це може бути затяжка з попередньо напруженої сталі, яка приварюється за допомогою коротишів до існуючої оголеної арматури балки, а натягіння регулюється спеціальним пристроєм.

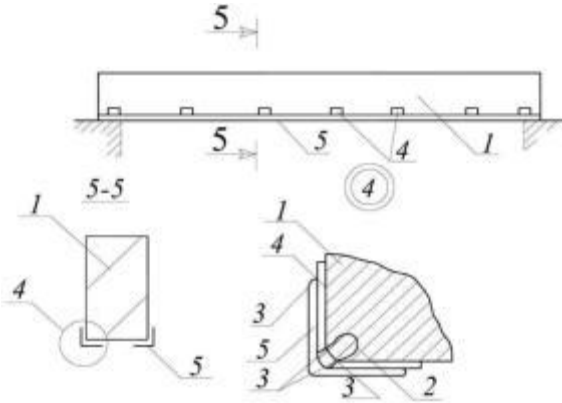


Рис. 3. Влаштування металевих кутиків:
 1 – балка, яка посилюється;
 2 – існуюча арматура балки;
 3 – арматурні коротиші;
 4 – металеві пластини;
 5 – прокатний кутик;
 6 – зварювання

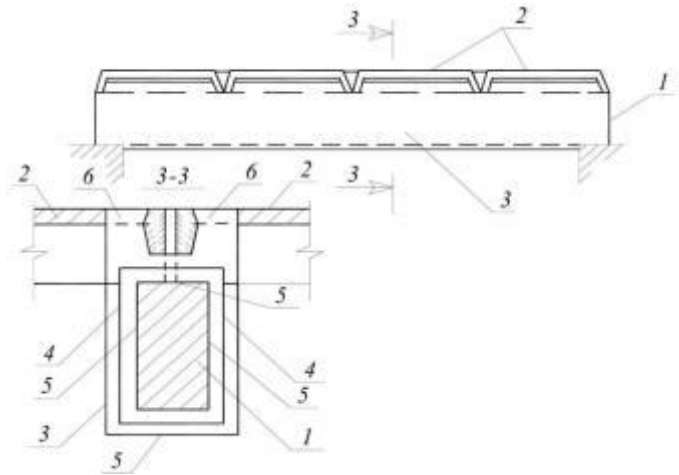


Рис. 4. Влаштування залізобетонної обойми:
 1 – балка, яка посилюється; 2 – залізобетонні плити;
 3 – залізобетонна обойма; 4 – арматура обойми;
 5 – поверхні балки, які підготовлені до бетонування (зачищення, насічка, промивання);
 6 – отвори, пробиті у полицях плит для укладання бетону (відновити при бетонуванні обойми)

Існують варіанти посилення встановленням похилих хомути, які з'єднуються гнучкою замкнутою арматурою або встановленням додаткових поздовжніх і поперечних стержнів, які з'єднуються між собою плитами.

Якщо ЗБК має дефекти в стиснутій зоні, використовують шпренгельні затяжки та встановлюють додатковий елемент, який буде працювати на стиск.

Якщо дозволяє простір, можна посилити балку підведенням стійки або стійки з відтяжками.

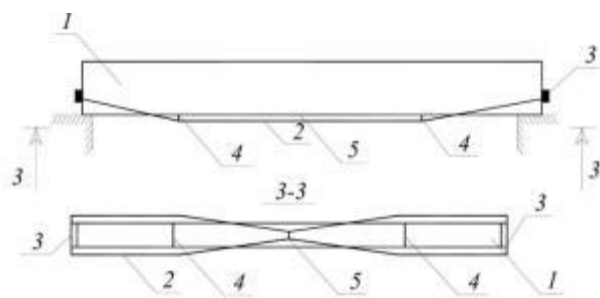


Рис. 5. Влаштування шпренгельних затяжок:
 1 – балка, що посилюється; 2 – попередньо напружений шпренгель із арматурної або прокатної сталі; 3 – опорний пристрій;
 4 – розпірки; 5 – затягуючий хомут

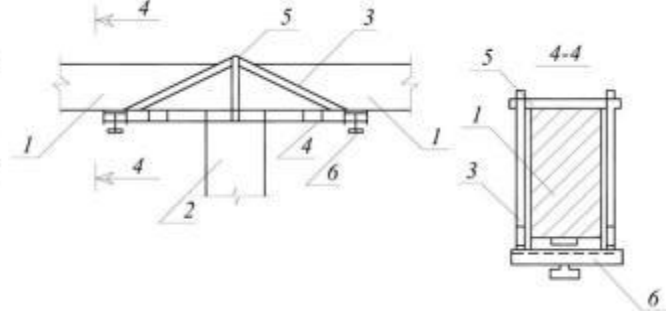


Рис. 6. Підведення кронштейнів, які розвантажують конструкцію:
 1 – балки, які посилюються; 2 – колони;
 3 – кронштейн, який розвантажує; 4 – поперечні зв'язки по нижньому поясу;
 5 – підпір кронштейна; 6 – підпірний пристрій з натяжним болтом

При значному прогині, балки підсилюють шляхом створення зворотного згину з фіксацією клинчастими елементами.

Існує можливість посилення балок за рахунок включення в спільну роботу плит перекриття. Встановлюють у висвердлені отвори між торцями плит і в балці анкери з арматурного періодичного профілю. Після чого заповнюють шотвори полімерним або цементним розчином. Існує варіант включення в спільну роботу плит перекриття за рахунок встановлення нахилених в'язей.

Можна посилити ЗБК підведенням розвантажуючих кронштейнів (рис. 6), розвантажуючих підкосів, розвантажуючих порталних рам або створенням шарнірно стержневих ланцюгів, створенням нерозрізної системи.

Варіантом посилення може бути наклеювання металевго листа з встановленням елементів кріплення. Для реалізації такого посилення до нижньої грані балки приклеюють металевий лист. Встановлюють верхній і нижні анкери, що напружують (з певним кроком) і гнучкі напружені тяжі та, регулюючи натяг анкерів, створюють обтиснення балки.

Досить новий вид посилення – нанесення полімерного покриття, що містить скляні джгути. Для цього на балку наносять шар полімерного покриття, що містить скляні джгути ровинга, і розміщується в опорних зонах балки за напрямком дії головних розтягуючих напружень. Скляні джгути ровинга – вихідний продукт для одержання склопластикової арматури й складається з набору скляних тонковолокнистих ниток. Компонентами полімерного покриття є насичена поліефірна смола (37,0 %), нафтонат кобальту (3,0 %), гіпераз (1,5 %), наповнювач, який містить Si_2 .

Можна підсилювати наклеюванням на розтягнутій зоні конструкції, що працює на згин, склотканини й металевго сітки. При реалізації цього методу на балку наносять перший шар полімерного покриття, включаючи склотканину, і потім наносять другий шар полімерного розчину, включаючи металеву сітку, що має розширення до опор. Як полімерне покриття використовується епоксидно-фуранова композиція з мінеральними наповнювачами з тонкомеленого кварцового піску [6].

Отже, вибір ефективного та раціонального способу посилення розтягнутої зони залізобетонних конструкцій, які зазнають дію згинального моменту залежить від існуючого та плануемого навантаження на конструкції, можливостей технічної реалізації, економічного обґрунтування вартості та наявності будівельних матеріалів.

Список використаних джерел

1. Blikharskyu Y, Vashkevych R, Kopyika N, Bobalo T, Blikharskyu Z (2021) Calculation residual strength of reinforced concrete beams with damages, which occurred during loading. In: International Scientific Conference Energy Efficiency in Transport (EET 2020) on IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., vol. 1021, no 012012. IOP Publ., Kharkiv, Ukraine.

2. Azizov T, Kochkarev D, Galinska T, Melnyk O (2022) Calculation of Composite Bending Elements. In: Onyshchenko V, Mammadova G, Sivitska S,

Gasimov A. (eds.) Proceedings of the 3rd International Conference on Building Innovations. ICBI 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, vol. 181, pp. 25–33. Springer, Cham.

3. Kos Z, Klymenko Y, Crnoja A, Grynyova I (2022) Calculation model for estimation of residual bearing capacity of damaged reinforced concrete slender columns. Applied Sciences (Switzerland) 12(15), 7430.

4. Яковенко І.А., Мельничук І.М. Проблематика визначення параметрів деформування залізобетонних конструкцій, посилені у розтягнутій зоні. Зб. тез доп. X Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) та 125 річниці НУБіП України (24–25 лютого 2023 р., м. Київ). К. : НУБіП України, 2023. С. 485–488.

5. Яковенко І.А., Бакулін Є.А. Реконструкція будівель та споруд аеропортів : мет. рек. до виконання РГР для студ. спец. 6.06010101. К. : НАУ, 2013. 50 с.

6. Голишев О.Б., Кривошеєв П.І., Козелецький П.М. та ін. Розрахунок і технічні рішення виробничих будівель та просадкових основ; під ред. О.Б. Голишева. К. : Логос, 2008. 304 с.

7. Yakovenko I., Bakulin Y. & Bakulina V. (2020). Classification methods of civil buildings reconstruction. *Theoretical and scientific foundations of engineering* : coll. mon. Boston : Primedia eLaunch, 2020, pp. 70–96. <https://doi.org/10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II>

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
118-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***20-21 лютого 2025 року
м. Київ***

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL
SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE OF MECHANICS AND AUTOMATICS OF
AGROINDUSTRIAL PRODUCTION OF THE NATIONAL
ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE
STATE BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



PROCEEDINGS

*XII International Scientific and Technical Conference dedicated
to the 118th anniversary of the birth of
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Vice President of the UAAS
KRAMAROV
Volodymyr Savovych
(1906-1987)*

«KRAMAROV'S READINGS»

*February 20-21, 2025
Kyiv*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. 662 с.

Proceeding of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 20–21, 2025, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2025. 662 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

- Ткачук В. А.** – ректор НУБіП України, голова організаційного комітету;
Тонха О. Л. – проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Ружило З. В. – декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Мельник В. І. – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України, секретар організаційного комітету;
- Члени організаційного комітету:**
Автухов А. К. – завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
Адамчук В. В. – директор «ІМА АПВ НААН», академік НААН;
Альмейда А. – професор Політехнічного університету Браганси (Португальська Республіка);
Аулін В. В. – професор кафедри експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;
Арак М. – директор Тартуського технічного коледжу м. Тарту (Естонська Республіка);
Банний О. О. – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
Бєлоєв Х. – радник ректора Університету «Ангел Кънчев» в м. Русе, академік Болгарської АН (Республіка Болгарія);
Борак К. В. – заступник директора ЖАТФК;
Братішко В. В. – декан МТФ НУБіП України;
Будяй О. В. – директор ТОВ «Манн+Хуммель Фільтрейшн Текнолоджі Україна»;
Булгаков В. М. – завідувач кафедри механіки НУБіП України, академік НААН;
Василенко М. О. – завідувач відділу «ІМА АПВ НААН»;
Васильковський О. М. – завідувач кафедри сільсько-господарського машинобудування ЦНТУ;
Войтюк Д. Г. – професор кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка НУБіП України, член-кореспондент НААН;
Герук С. М. – завідувач кафедри агроінженерії ЖАТФК;
Джеонг Ілля – Голова представництва в Україні «HYUNDAI XITESOLUTION» (Республіка Корея);
Домейка Р. – декан відділення Агроінженірингу, Університету Вітаутаса Великого (Литовська Республіка);
Захарчук О. В. – завідувач відділу ННЦ «ІАЕ», член-кореспондент НААН;
Іванишин В. В. – ректор ЗВО «Подільський ДУ», академік НААН;
Ковалишин С. Й. – декан факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій ЛНУП;
Коренко М. – професор Інституту проєктування та інженерних технологій Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка);

- Кувачов В. П.** – декан МТФ ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Кульгавий В. Ф.** – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів»;
- Кюрчев С. В.** – ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Литовченко О. В.** – директор ВСП «Ніжинський ФК НУБіП України»;
- Ловейкін В. С.** – завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України;
- Лопатько К. Г.** – завідувач кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства НУБіП України;
- Лукач В. С.** – директор ВП «Ніжинський агротехнічний інститут» НУБіП України;
- Мельник В. І.** – провідний науковий співробітник відділу науково-технічної інформації НДЧ НУБіП України;
- Мельник В. І.** – професор кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві ДБУ;
- Надикто В. Т.** – професор ТДАТУ імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН;
- Науменко О. А.** – професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
- Новак Я.** – професор Університету природничих наук у Любліні (Республіка Польща);
- Новицький А. В.** – завідувач кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Ольт Ю.** – професор Інженерного інституту Естонського університету наук про життя (Естонська Республіка);
- Паскуці С.** – професор Департаменту агроекологічних і територіальних наук (DISAAT) університету Альдо Моро в м. Барі (Італійська Республіка);
- Пилипака С. Ф.** – завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну НУБіП України;
- Полянський П. М.** – завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ;
- Пона Лукреція** – науковий дослідник Національного інституту досліджень і розробок машин і установок для сільського господарства та харчової промисловості (Румунія);
- Продеус О. В.** – керівник відділу збуту Манн+Хуммель GmbH;
- Роговський І. Л.** – завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України;
- Ромасевич Ю. О.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
- Ревенко Ю. І.** – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Русінс А.** – директор Улброкського наукового центру Латвійського університету природничих наук і технологій (Латвійська Республіка);
- Саченко В. І.** – Голова Ради Асоціації «Укрмашибуд»;
- Савченко В. М.** – доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ПНУ;
- Сайчук О. В.** – директор ХДФПК імені В. І. Вернадського;
- Сиволапов О. В.** – директор ТОВ «Індустрія техногруп»;

Тін Ю Чен - голова китайського офісу філії університету в Лінї (Китайська Народна Республіка);

Фіндура П. – проректор Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка).

Шарибура А. О. – завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича ЛНУП;

Яковенко І. А. – завідувач кафедри будівництва НУБіП України.