

В.І. ЄФІМЕНКО, д-р техн. наук, проф., В.М. ЧИРВА, канд. техн. наук, доц.,
А.А. САВЧЕНКО, О.П. СУХАН, ст. викладачі,
Т.Ю. ГРИШКОВЕЦЬ, І.О. ВОЗІЯН, магістри, М.О. НАУМОВА, студентка,
Криворізький національний університет

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ВІДНОВЛЕНИХ ПОЛІМЕРБЕТОННИМИ РЕМОНТНИМИ СУМІШАМИ

У роботі наведено результати експериментальних досліджень двоетапного випробовування залізобетонних балок доведених до руйнування на першому етапі дослідження, потім посилені FRP-матеріалами у розтягненій зоні ламелями MEGAPLATE THR-3000 і заанкерованих на припорних ділянках мононаправленими вуглецевими полотнами MEGAWRAP-200 з використанням двокомпонентного епоксидного клею EPOMAX-PL.

Зруйновані ділянки бетону у стисненій зоні розчищені і відновлені до початкової геометрії перерізу встановленням ремонтної пломби з полімербетонного розчину по контактному шару з двокомпонентної епоксидної смоли. Використаний полімер бетонний розчин, виконаний на основі епоксидних смол та з заповнювачем з доменного гранульованого шлаку. У дослідженні експериментально визначені фізико-механічні характеристики використаного полімербетонного розчину. На другому етапі дослідження балки були доведені до руйнування за стандартною методикою випробування. Характер руйнування досліджуваних балок схожий на роботу переармованих залізобетонних конструкцій. Під час експериментального дослідження визначено, що розглянутим методом можливо відновлювати несучу здатність та деформативність раніше посилені і зруйновані будівельних конструкцій. Експериментально доведено раціональну доцільність використання такого методу відновлення будівельних конструкцій з їх багаторазовим використанням у практиці будівництва.

Ключові слова: Полімербетон, FRP-матеріали, залізобетон, ламель, підсилення, несуча здатність.

Окремі конструкції будівель та споруд впродовж тривалої експлуатації пошкоджуються та руйнуються. Тому постає питання про їх заміну, відновлення та реконструкцію. Так як заміна на нові конструкції є досить вартісною, тому необхідно розробляти більш дешеві способи відновлення пошкоджених конструкцій. Також доцільним є використання методів багаторазового підсилення одних і тих же конструкцій зі збереженням або, навіть, поліпшенням їх міцнісних характеристик.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Тематика посилення залізобетонних конструкцій є дуже актуальним питанням. Розробкою цієї теми займалися багато авторів, роботи яких представлені у багатьох виданнях, дисертаційних роботах та патентах на корисні моделі. Цим питанням займалися Коваленко О.В., Вітковський Ю.А., Голишев А.Б. та багато інших. Окремі питання дотичні до розглянутого дослідження представлені у працях [2...15].

Постановка завдання. Довести раціональну доцільність використання залізобетонних конструкцій відновлених полімербетонним розчином, що попередньо були зруйновані та посилені FRP-матеріалами.

Основний матеріал і результати. Для експериментального дослідження були використані зразки залізобетонних балок з розмірами поперечного перерізу 100×200 мм.

Номинальна довжина всіх зразків складала 2000 мм. Фізико-механічні характеристики бетону були отримані при випробуванні кубів розміром 150×150×150 мм на стискання та розколювання і призм розміром 150×150×600 мм на стискання.

Середня міцність бетону складала $f_{c,cube}=31,3$ МПа, $f_{c,tn}=2,1$ МПа, $f_{ck,prism}=21,52$ МПа [1].

У кожній з балок встановлено по два арматурних стержня Ø10 класу А400 з межею текучості $f_y=398,7$ МПа та тимчасовим опором $f_{tk}=598$ МПа поздовжньої арматури у розтягненій зоні.

Поперечна арматура виготовлена у вигляді хомутів встановлених з кроком 50 мм на припорних ділянках до місця прикладення навантаження з арматурної сталі класу А400 Ø8 мм.

Дане армування повинне виключати можливість руйнування зразків по похилим перерізам на всіх етапах навантаження. Схема армування досліджуваних балок наведена на рис. 1.

Підсилення балок було виконано приклеюванням вуглецевополімерних ламелей MEGAPLATE THR-3000 з міцністю на розтяг $f_{FRP}=2800$ МПа та розмірами поперечного перерізу 1,2×100 мм.

Роботи виконувались за нижчеописаною технологією і наведені на рис. 2.

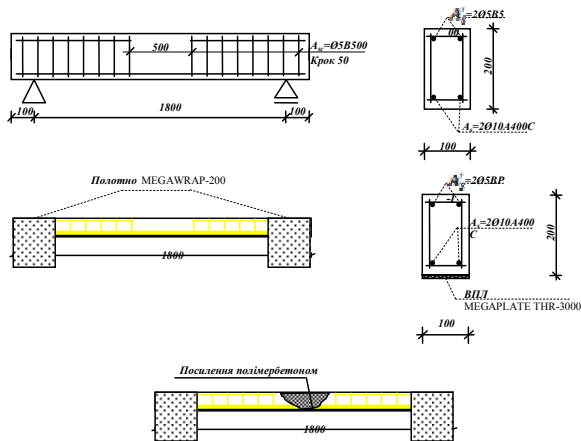


Рис. 1. Армування та розташування елементів підсилення

На підготовлену поверхню підсилюваних балок був нанесений шар двокомпонентної епоксидного клею ЕРОМАХ-PL і приклеєна ламель.

Додатково на приопорних ділянках було улаштовано анкерування за допомогою мононаправлених вуглецевих полотен MEGAWRAP-200 шириною 300 мм у вигляді П-подібної об'єми на всю висоту балки.

Орієнтація волокон у полотні – перпендикулярно до поздовжньої осі балки.

Усі використані для підсилення матеріали грецької фірми «ISOMAT»[2].



Рис. 2. Приклеювання елементів підсилення (1 етап)

Відновлення балок було виконане з видаленням зруйнованої частини бетону з подальшим заповненням утвореної порожнини полімербетонним розчином. До складу полімербетонного розчину входить епоксидний клей ЕД разом з затверджувачем та наповнювач. Як наповнювач було використано гранульований доменний шлак. Відношення епоксидного клею до наповнювача складо 1:2 [3].

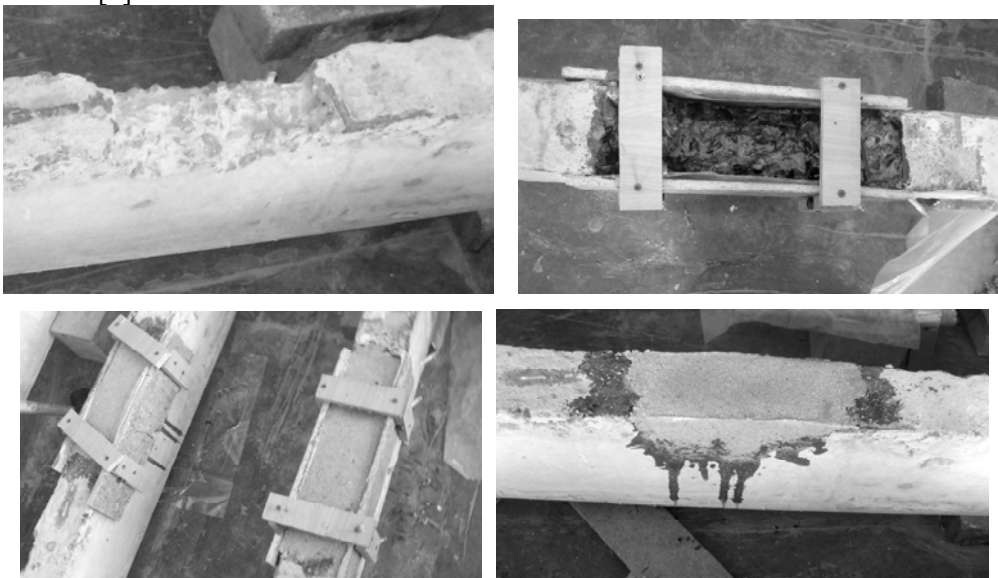


Рис. 3. Відновлення полімербетоном (2 етап)

Фізико-механічні характеристики полімербетону були отримані при випробуванні кубів розміром 100×100×100 мм на стискання та розколювання і призм розміром 100×100×400 мм на стискання (рис. 4).

Середня міцність полімербетону складала $f_{c,cube}=32,75$ МПа, $f_{c,tn}=2,1$ МПа, $f_{ck,prism}=24,5$ МПа.

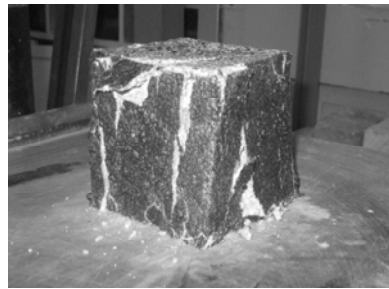


Рис. 4. Випробування кубів та призм

Випробування балок проводилось за схемою однопрогонової шарнірно-опертої балки з утворенням зони чистого згинання при значенні прольоту між опорами 1800 мм, наведена на рис. 5. Прогин в середині балки вимірювався за допомогою прогиноміру Максимова. Конструкція траверси і розташування прогиноміру на траверсі виконано таким чином щоб виключити вплив зміщення опор траверси.

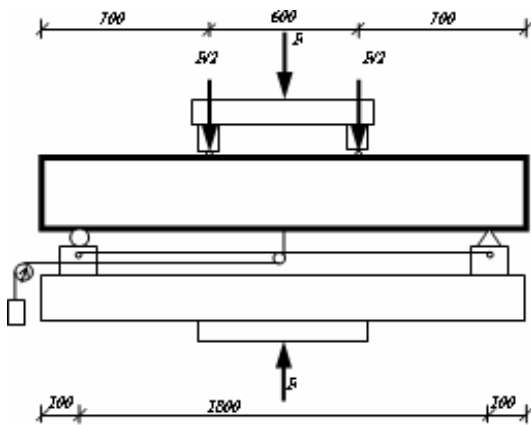


Рис. 5. Схема прикладання навантаження до балок

Завантаження елементів поперечним статичним навантаженням здійснювалося за допомогою гідравлічного пресу ступенями 5% від руйнівного з витримкою 10 хвилин на кожному ступені навантаження.

Руйнівне навантаження балок без підсилення складало для БКС-1 - 48кН та 51,9кН для БКС-2. Руйнування відбулося в зоні чистого згину при досягненні арматурою межі текучості та бетоном стиснутої зони граничних деформацій з подрібненням бетону стиснутої зони.

Підсилені балки завантажувались ступенями по 5 % від теоретичного руйнівного навантаження з витримкою між кожними кроками навантаження 10 хв.

Руйнівне навантаження балок з підсиленням складало 82,5 кН для БУП-1 та 102,5 кН для БУП-2. Характерні пошкодження досліджуваних балок наведено на рис. 6.

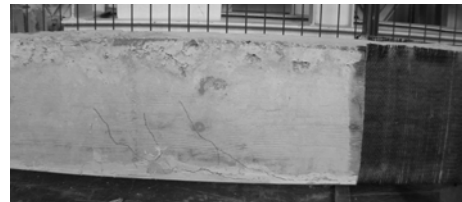
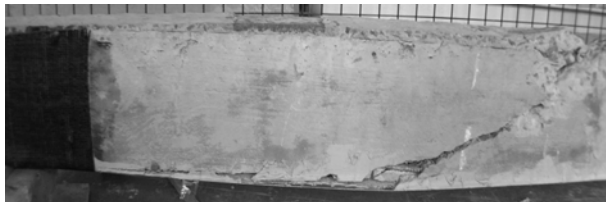


Рис. 6. Характерні пошкодження БУП-1 (вгорі) та БУП-2 (знизу)

Відновлені балки також завантажувались ступенями по 5% від теоретичного руйнівного навантаження з витримкою між кожними кроками навантаження 10 хв. Руйнівне навантаження відновлених балок з підсиленням складало 110 кН для Б-1 та 115 кН для Б-2. Пошкодження відновлених балок наведені на рис. 7.



Рис. 7. Характерні пошкодження Б-1(ліворуч) та Б-2(праворуч)

Порівняння руйнівних навантажень випробуваних балок наведено в табл. 1 та рис. 8.

Таблиця 1

Порівняння руйнівних навантажень випробуваних балок

	Залізобетонна балка, БКС	Залізобетонна посилена вуглецевополімерними ламелями MEGAPLATE THR-3000 балка, БУП	Залізобетонна посилена вуглецевополімерними ламелями MEGAPLATE THR-3000 та відновлена полімербетонним розчином балка, Б
Середнє значення руйнівного навантаження, кН	49,95	92,5	112,5

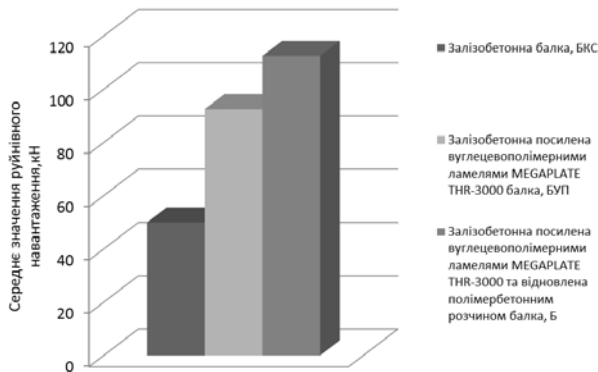


Рис. 8. Порівняння руйнівних навантажень випробуваних балок

При навантаженні 20-30 % від руйнівного починають розкриватися старі тріщини (0,15-0,3 мм).

При подальшому збільшенні навантаження до 60-70 % від руйнівного з'являються нові тріщини в розтягнутій зоні.

При навантаженні в 80-90 % від руйнівного відбувається відшарування окремих волокон в полотні підсилення, починає руйнуватися стиснена зона, а також зростають тріщини (0,6 мм).

Руйнування відбулося в стисненій зоні поряд з відновленою полімербетонною обіймою. На контактній зоні полімербетону з бетоном відриву не відбулося.

Подрібнення бетону стиснутої зони при досягненні ним граничних деформацій привело до втрати несучої здатності.

Характер руйнування можна пояснити тим, що підсилення призвело збільшення відсотка армування, напруження в арматурі та ламелі не досягли граничних значень, стиснена зона була замінена полімербетонним розчином (полімербетонна плomba), а бетон біля пломби досягнув граничних деформацій.

Висновки. Відновлення раніше зруйнованих та посиленних FRP-матеріалами залізобетонних елементів за допомогою полімербетонних розчинів дозволяє значно збільшити несучу спроможність при зменшенні трудомісткості та часу на виконання ремонтних робіт, зменшенні ваги самих елементів підсилення.

Цей метод є перспективним для подальшого багаторазового використання конструкцій без їх заміни на нові.

Список літератури

1. Чирва В.М., Савченко А.А., Сухан О.П., Гришковець Т.Ю. Експериментальні дослідження несучої здатності залізобетонних балок, посиленних FRP-матеріалами, та обґрунтування економічної доцільності їх використання у практиці будівництва і реконструкції // 36. наук. праць (галузеве машинобудування, будівництво). Вип.4(39). Т.1 – 2013. – ПолтНТУ. - С. 278-284.
2. <http://rosmaks-servis.ibud.ua/ua/polnaya-statya-companii/usilenie-stroitelnykh-konstruktsiy-64542>.
3. <http://msd.com.ua/polimerbetony/raschet-sostavov-polimerbetonov>.
4. Бабич Є.М., Мельник С.В. Розрахунок несучої здатності похилих перерізів залізобетонних згинальних елементів, підсиленних вуглепластиковими матеріалами з врахуванням впливу мало циклового навантаження // Збірник наукових праць (ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди). Вип. 25. – 2013. – НУВГП. Рівне. С.212-220.
5. Мельник С.В. Дослідження несучої здатності похилих перерізів залізобетонних балок, підсиленних наклеєним вуглепластиковими матеріалами // С.В. Мельник / 36. наук. пр. Полтавською національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. - Полтава, 2012. - Вип. 2(32), Том I. -С. 151.
6. Борисюк О.П. Підсилення згинальних залізобетонних конструкцій сучасними матеріалами/ О.П. Борисюк, Мельник // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: і Якових праць" - Рівне, 2010. - Вип. 20. - С. 459 – 465/

7. ДСТУ Б В.2.6-56: 2010 [Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування /] Мінрегіонбуд України, Київ, 2010. - 166 с.

8. **Чернявський В.Л.** Руководство, по усилению железобетонных конструкций композитными материалами / **В.Л. Чернявський, Ю.Г. Хаютин, Е.З. Аскельрод, В.А. Клевцов, Н.В. Фаткуллин.** - І 000 «ИнтерЛкв», 2006. 113 с. 9. **Шилин А.Л.** Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами / **А.А. Пшеничный, Д.В. Картузов** // М: Стройиздат, 2007.

10. **Хаютин Ю.Г.** Применение углепластиков для усиления строительных конструкций / **Ю.Г. Хаютин, В.Л. Чернявський, Е.З. Аскельрод** // Бетон и железобетон. - М., 2002. - № 6. - С. 17 - 20; - 2003. - №1. - С. 25 – 29.

11. **Валовой О. І.** Міцність контактних швів підсилених залізобетонних конструкцій / **О.І. Валовой, Д.В. Попруга** // Дороги і мости : 36. наук. пр. - К. : ДерадорНДІ, 2009. - Вип. 11. - С. 57-64.

12. **Микульський В. Г.** Склеивание бетона / **В. Г. Микульський, В. В. Козлов.** - М. : Стройиздат, 1975. - 236 с.;

13. **Кваша В.Г.** Розрахунок міцності похилих перерізів залізобетонних балок, підсилених наклеєними композиціями. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: 36. наук. праць. Рівне: Вид. НУВГП, 2011. - Випуск 22 - С. 801 – 807.

14. **Борисюк О.П.** Методика випробовування підсилених згинальних залізобетонних елементів при малоцикло-вих навантаженнях / **Борисюк О.П., Коночук О.П.** // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). Вип. 74: В 2-х книгах: Книга 2. Київ, ДП НДІБК, 2011. - С. 709-718;

15. **Гольшев А. Б.** Проектирование усиленной железобетонных конструкций производственных зданий й соору-жений / **А. Б. Гольшев, Й. Н. Ткаченко.** - К. : Логос, 2001. - 172 с.

Рукопис подано до редакції 28.03.14

УДК 658.012.23

В.В. НАЗИМКО, д-р техн. наук, проф., Донецький національний технічний університет,
А.В. МЕРЗЛІКІН, канд. техн. наук, доц., Донецький національний технічний університет,
Л.М. ЗАХАРОВА, канд. техн. наук, Донецький державний університет управління,
Є.М. АРЕФ'ЄВ, канд. техн. наук, доц., Донецький національний технічний університет

АНАЛІЗ ВІДПОВІДНОСТІ ПРОГРАМИ РОЗВИТКУ ГІРНИЧИХ РОБІТ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНОМУ СТИЛЮ УПРАВЛІННЯ

Проектні ризики вугільних шахт практично не досліджувались, хоча їх частка є найбільшою з приводу специфіки підземних умов роботи та високого ступеню геологічної невизначеності вугільного родовища. В таких умовах адекватна оцінка ризиків невиконання програм розвитку гірничих робіт вугільних шахт є критично важливою. Аналіз структури програм розвитку гірничих робіт сучасних високопродуктивних вугільних шахт свідчить про те, що вони мають майже всі складові основних фаз проекту протягом його життєвого циклу. В роботі проведено аналіз структури програм розвитку гірничих робіт вугільних шахт. Розглянуті всі стадії проектування основних і допоміжних робіт календарного плану вуглевидобутку. Встановлено, що на стадії проектування основних і допоміжних робіт календарного плану вуглевидобутку наочно проявляється проектно-орієнтований характер програми розвитку гірничих робіт, оскільки всі проекти без виключення складаються як проекти унікальних процесів та об'єктів, а узгодження проектів здійснюється індивідуально для кожного об'єкту. Доведено, що незважаючи на поточний характер вуглевидобутку, програма розвитку гірничих робіт на вугільній шахті має всі основні риси проекту.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Вугільна промисловість є гарантом енергетичної незалежності України. Враховуючи зростаючу нестабільність світової економіки, вичерпання запасів нафти і газу, а також політичні проблеми, пов'язані з поставкою зазначених ресурсів з-за кордону, слід зробити висновок про стратегічне значення власного вугілля для забезпечення енергетичних і сировинних потреб економіки нашої держави.

Україна займає 3-4 місце у світі за промисловими запасами вугілля, хоча вони характеризуються певними особливостями.

Так середня глибина розробки на вугільних шахтах України досягла 740 м, а ряд сучасних високопродуктивних підприємств досягли глибин 1200 м і більше.

Пласти, що відпрацьовуються на глибині більше 800-900 м схильні до газодинамічних явищ і містять високу кількість вибухонебезпечного газу метану.

Майже всі шахтопласти пошкоджені малоамплітудними порушеннями, поблизу яких підвищується ймовірність газодинамічних явищ, різко зменшується стійкість покрівлі гірничих виробок.