

УДК 624.012.25

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДНОВЛЕННЯ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК
З МЕТОЮ ЇХ ПОВТОРНОГО ЗАСТОСУВАННЯ**

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С
ЦЕЛЬЮ ИХ ПОВТОРНОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

**EXPERIMENTAL STUDY OF RESTORATION PERFORMANCE
PROPERTIES OF REINFORCED CONCRETE BEAMS FOR THE RE-
APPLICATION PURPOSE**

**Воскобійник П.П., к.т.н., доц., Овсій Д.М., студент, Воскобійник Є.П.,
аспірант (Полтавський національний технічний університет імені Юрія
Кондратюка)**

**Воскобойник П.П., к.т.н., доц., Овсий Д.Н., студент, Воскобойник Е.П.,
аспирант (Полтавский национальный технический университет имени Юрия
Кондратюка)**

**Voskobiynyk P., PhD, Associate Professor, Ovsij D., student, Voskobiynyk E.,
post-graduate student (Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University)**

**Стаття присвячена дослідженню сумісної роботи «старого» та «нового»
бетону, визначенню деформацій та прогинів, аналізу міцності зразків
залізобетонних балок після їх відновлення.**

**Статья посвящена исследованию совместной работы «старого» и
«нового» бетона, определению деформаций и прогибов, анализу
прочности образцов железобетонных балок после их восстановления.**

**The article is devoted to the study of cooperative work the "old" and "new"
concrete, definition of deformation and strength of samples, analysis of
reinforced concrete beams after their recovery.**

Ключові слова:

Бетон, відновлення, деформація, руйнування.

Бетон, восстановление, деформация, разрушение.

Concrete, recovery, deformation, the destruction of the.

Вступ. В Україні активно розвивається напрям реконструкції фізично та морально зношених основних фондів промислових будівель шляхом їх перепрофілювання. При реконструкції можлива зміна фасадної композиції існуючої будівлі за рахунок вилучення одноповерхових прибудов, або повний знос будівель і споруд, що знаходяться на промисловій території (коли витрати на реконструкцію значно перевищують вартість нового будівництва чи майже дорівнюють їй). Вилучені при розбиранні залізобетонні конструкції економічно доцільно використовувати для повторного застосування в новобудовах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Як правило, при реконструкції визначається технічний стан несучих конструкцій, остаточний ресурс будівельних конструкцій та вирішується підсилення, ремонт бетонних і залізобетонних конструкцій для подальшого використання їх в існуючій будівлі [1 – 7]. В зазначеному випадку виникає потреба в визначенні технічного стану вилучених при розбиранні залізобетонних конструкцій та, при необхідності, відновлення їх експлуатаційних властивостей для повторного застосування.

Постановка мети і задачі досліджень. Метою даних досліджень є визначення міцності відновлених зразків залізобетонних балок, які спочатку були доведені до стану, за якого подальша нормальна експлуатація їх була неможлива (окремий і найгірший випадок). Задачею досліджень є визначення сумісної роботи «старого» та «нового» бетону на всіх етапах завантаження відновлених залізобетонних балок, аналіз деформацій та прогинів дослідних зразків з метою прийняття рішення щодо доцільності проведення робіт по відновленню пошкоджених залізобетонних конструкцій.

Виклад основного матеріалу статті. Для проведення досліджень була використана лабораторна база й методика проведення лабораторних робіт із дослідження міцності залізобетонних балок за нормальними перерізами кафедри ЗБіКК та ОМ ПолтНТУ. Експеримент проходив у два етапи.

I етап: випробовування зразків що заключалось в доведення їх до стану, за якого подальша нормальна експлуатація була неможлива.

II етап: повторне випробування відновлених зразків.

Розроблена програма експерименту передбачала випробування трьох балок (Б-1, Б-2, Б-3), які різнились армуванням. Були виготовлені дослідні зразки балок перерізом 120×180 мм, довжиною 1500 мм з важкого бетону класу С20. Армування зразків серій Б-1 та Б-2 було запроєктовано таким чином, щоб дослідити міцність балки за нормальним перерізом у зоні чистого згину, при цьому виключалася можливість руйнування за похилим перерізом завдяки встановленню значної кількості поперечної арматури. В якості робочої арматури розтягнутої зони перерізу використовувалися 2Ø10 А-240С. Стрижні з арматури класу А-240С також використовувалися в якості монтажної повздовжньої арматури та поперечної арматури з кроком 100 мм Ø6, крайні поперечні анкерні стрижні каркаса – 3Ø6 А-240С з кроком 50 мм

із кожної сторони від опори. Поздовжня та поперечна арматура об'єднані у плоскі зварні каркаси КР1 та КР2. В свою чергу плоскі каркаси за допомогою горизонтальних поперечних стрижнів з'єднанні в просторові. Товщина захисного шару бетону для робочої арматури балок висотою 180 мм – 15 мм, а для хомутів і поперечних стержнів не менше 10 мм. Для балки Б-3 у якості поздовжньої робочої арматури у розтягнутій зоні використовувалася арматура класу 2Ø10 А-400С. Поперечні хомути були виготовлені з арматурного дроту Ø4 Вр-І і встановлені на приопорних третинах балок у кількості, яка запобігає руйнуванню дослідних зразків за похилими перерізами. У зоні чистого згинання поперечне армування відсутнє. Для вимірювання деформацій арматури і бетону застосовувалися тензометри Гугенберґера та тензометр Аістова, що дозволило отримати об'єму картину напружено-деформованого стану балки при згинанні (рис 1).



Рис. 1. Випробувальна установка з дослідною балкою

Під час випробування зразки балок доводились до руйнування, тобтовичерпання несучої здатності, яке характеризувалось безперервним наростанням деформацій, розвитком і розкриттям тріщин в бетоні при досягнутому максимальному навантаженні. Після сприйняття дослідними зразками балок максимального значення руйнівного зусилля відбувалося подальше збільшення деформацій бетону в найбільш стиснутій грані балки.

Характер деформування дослідних залізобетонних зразків (Б-1, Б-2, Б-3), прогини та деформації бетону балок на 1 етапі експерименту показаний на рисунках 2 – 4.

При випробуванні зусилля від домкрату передавалося посередині між опорами через балансуочу на шарнірі траверсу у вигляді двох зосереджених сил, що розташовані на відстані 360 мм від опор. Таким чином, утворюється зона чистого згинання довжиною 450 мм.

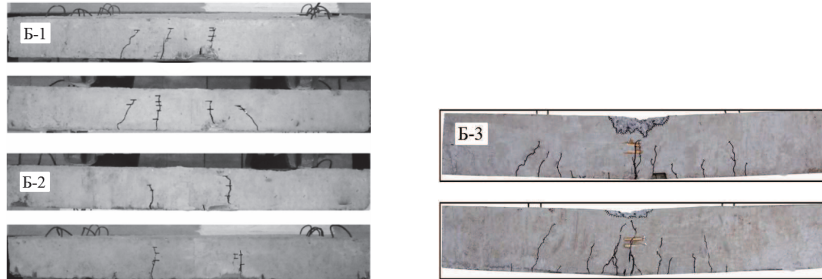


Рис. 2. Характер утворення тріщин в балках серії «Б»

Для отримання інформації про характер деформування, в наслідок прикладенням навантаження певної величини, було передбачено раціональне розміщення вимірювальних приладів. Значення деформацій в бетоні нормального перерізу у зоні згинання вимірювалися після прикладення чергового ступеня навантаження та заносилися до журналу випробування.

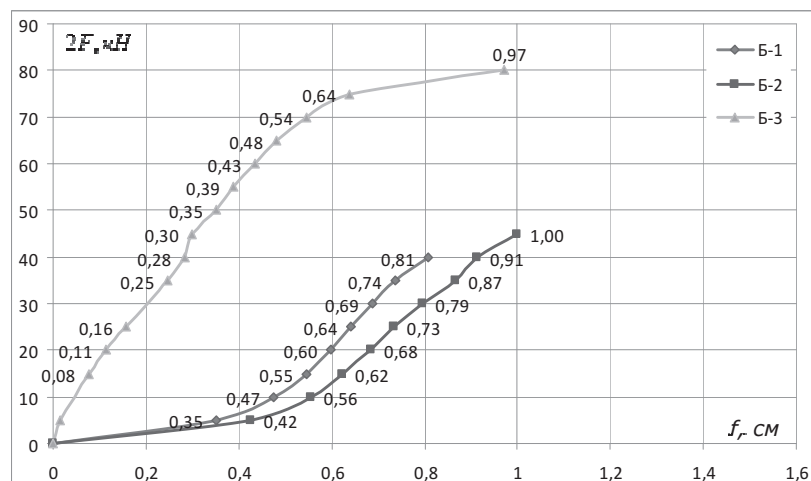


Рис. 3. Графік залежності «Навантаження-прогини» для балок серії «Б»

Для вимірювання прогинів застосовувалися прогиноміри типу БПАО з точністю 0,01 мм.

Спосіб передачі навантаження на зразок «знизу-вгору», який було застосовано в експериментальній установці, спростило процес візуального та інструментального контролю появи тріщин у розтягнутій зоні поперечного перерізу. Це, в свою чергу, дозволило оптимізувати процес проведення

експериментальних досліджень і зменшити вірогідність пропуску моменту утворення нормальної тріщини у балці.

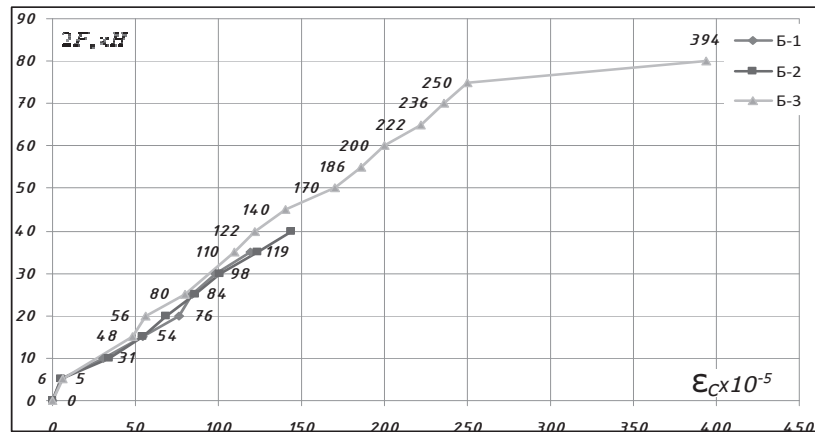


Рис. 4. Графік залежності «Навантаження-деформації бетону» для балок серії «Б»

Прогин залізобетонних балок, якій утворився на I етапі: випробування зразків був ліквідований за допомогою домкрату. Відновлення конструкцій починається з обробки поверхні руйнування. Важливо, щоб весь зруйнований бетон був видалений перед застосуванням ремонтної суміші. Перший крок це очищення старого бетону для ремонту та влаштування зони вкладання нового бетону по периметру ремонтної зони на глибині не менше 3см.

Різниця усадки «нового» і «старого» бетону є однією з найважливіших причин, що порушують або послаблюють зчеплення в швах. Тому слід звертати особливу увагу на забезпечення вологого режиму для покладеного в стик бетону, що має виняткове значення для міцності зчеплення. В деяких випадках буває доцільним поверхню бетону, що має велику кількість тонких тріщин, обробити спеціальним складом до повного вбирання. Більш широкі та глибокі тріщини в бетоні перед нанесенням покриття повинні бути заповнені шпаклювальною сумішю. Випробування відновлених зразків показало, що руйнування відбулося при навантаженні, яке перевищувало контрольоване значення, встановлене розрахунком. Поява перших нормальних тріщин в зоні розтягу спостерігалась на початкових ступенях завантаження, при яких величина навантаження становила 0,05...0,1 від руйнівного. Руйнування дослідних зразків характеризувалося роздробленням бетону стиснутої зони, значним розкриттям нормальних тріщин в розтягнутій зоні шириною 0,5 – 1мм.

Характер деформування дослідних залізобетонних зразків Б-1в, Б-2в, Б-3в, прогини та деформації бетону балок на II етапі експерименту (повторне випробування відновлених зразків) показий на рисунках 5 – 7.

Результати вимірювання деформацій бетону, деформацій арматури, прогинів та міцності балок Б-1, Б-2, Б-3, Б-1в, Б-2в, Б-3в наведено в таблиці 1.

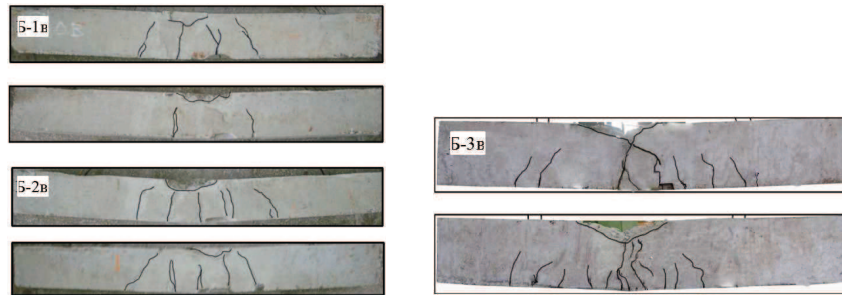


Рис. 5. Характер утворення тріщин в балках серії «Бв»

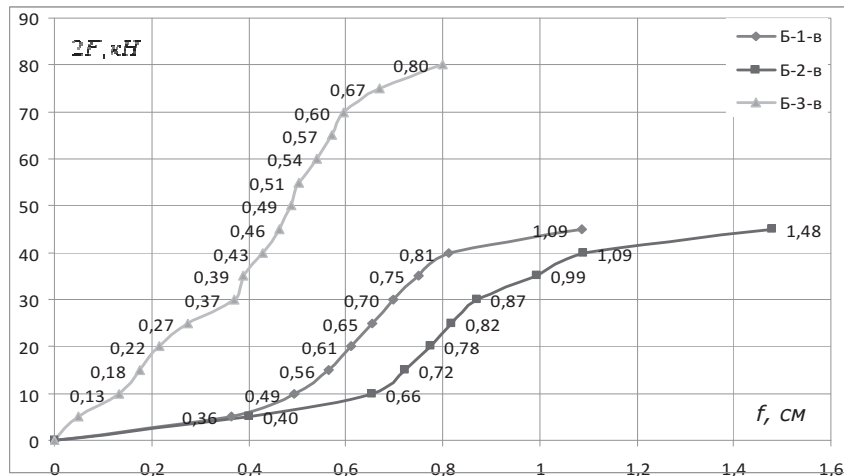


Рис. 6. Графік залежності «Навантаження-прогини» для балок після ремонту

Склад бетону на $0,02 \text{ м}^3$ ремонтної суміші:

- цемент М400 – 6 кг;
- пісок середньої крупності – 16 кг;
- вода – 2,4л;
- щебень (фракція 3 – 5мм) – 24кг;
- водоцементне відношення – 0,4

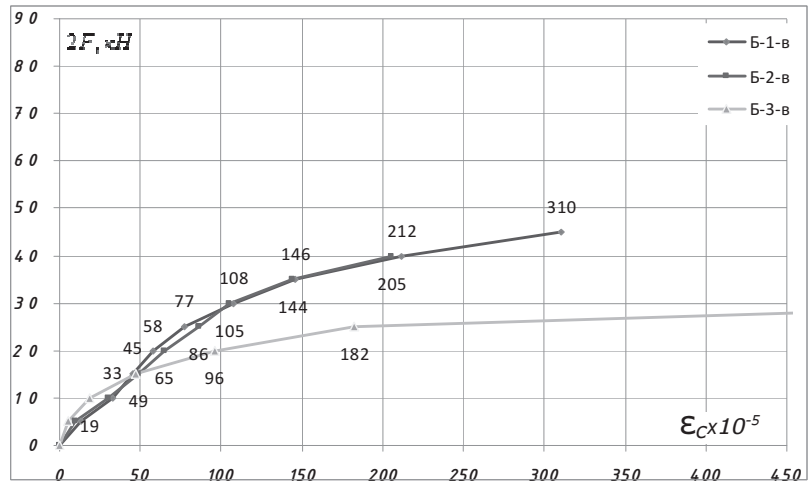
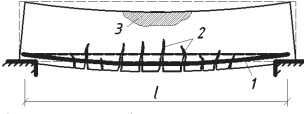
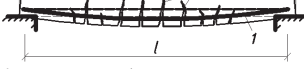


Рис. 7. Графік залежності «Навантаження-деформації бетону» для балок після відновлення

Таблиця 1

Міцність та деформативність дослідних зразків

Шифр зразка	Характерні ознаки пошкоджень	Руйнівне навантаження $2F$, кН	Деформації		Прогини в середині прольоту f , мм
			Бетон ϵ_{cl} $\times 10^{-5}$	арматура ϵ_s $\times 10^{-5}$	
Б-1		40	120	195	8,1
Б-2		45	125	190	10,0
Б-3	1 – робоча арматура розтягнутої зони,	80	395	185	9,7
Б-1в	напруження в якій досягли межі текучості;	42	310	180	10,9
Б-2в	2 – нормальні тріщини в розтягнутій зоні;	39	205	185	14,8
Б-3в	3 – роздроблення бетону стиснутої зони	82	450	175	8,0

Необхідно відмітити, що деформації бетону (табл. 1) відновлених зразків значно більші в порівнянні з деформаціями бетону вихідних зразків, що свідчить про необхідність проведення подальших досліджень для

знаходження оптимальних складів «ремонтних бетонів» та технологій проведення ремонту.

Висновки. В роботі розглянута наукова задача, що полягає у експериментальному дослідженні міцності відновлених залізобетонних балок. Суттєвий вплив на ефективність робіт з відновлення має технологія виконання робіт (влаштування зони вкладання «нового» бетону та підготовка поверхні зони контакту «старого» та «нового» бетону); експериментально доведено, що «старий» та «новий» бетон працює практично сумісно на всіх етапах завантаження, про що свідчить зафіксований характер тріщиноутворення в відновлених за запропонованою методикою балках при їх випробуванні; отримані експериментальні залежності деформацій та прогинів дослідних зразків від навантаження свідчить про подібний характер роботи зразків балок без пошкоджень та після виконання їх відновлення (при повторному випробуванні); запропонована методика дозволяє практично цілком відновити несучу здатність та деформативність залізобетонних балок. Середнє значення коефіцієнту ефективності відновлення в дослідних зразках по міцності і прогинах становить близько 1,0, коефіцієнт варіації 6,5%.

1. Барашиков А.Я. Технічна експлуатація будівель і міських територій. Підручник / В.О. Гомілко, О.М. Малишев. – К: Вища школа, 2000. – 112 с. 2. Бондаренко С.В. Усиление железобетонных конструкций при реконструкции зданий / С.В. Бондаренко, Р.С. Санжаровский. – М: Стройиздат, 1990. – 350 с. 3. Клименко С.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель та споруд. –Київ „Центр навчальної літератури”, 2004. -304с. 4. Клименко С.В. Методологія оцінювання, прогнозування та регулювання технічного стану будівель і споруд із залізобетону : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / С.В. Клименко. – Львів., 2008. – 31 с. 5. Семко О.В. До аналізу ризиків помилкової діагностики при обстеженні несучих будівельних конструкцій / О.В. Семко, О.П. Воскобійник // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Дн-ск: ПГАСА, 2008. – Вып. 47. – С. 573 – 578. 6. Попруга Д.В. Ефективні матеріали для підсилення залізобетонних конструкцій / М. А. Валовой, Д. В. Попруга // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. – Вип. 17. – Рівне: НУВГП, 2008. – С. 7–13. 7. Рой А.И. Особенности ремонта бетонных и железобетонных конструкций / А.И. Рой, Н.П. Рунцо // Будівельні конструкції. – Вип. 54. – 2001. – С.568-569.