

УДК 624.012.45

**МЕТОДИКА ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК З ПОДАЛЬШИМ ПІДСИЛЕННЯМ ЇХ КЛЕЙОВИМИ СУМІШАМИ**

**МЕТОДИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ПОСЛЕДУЮЩИМ УСИЛЕНИЕМ ИХ КЛЕЕВЫМИ СМЕСЯМИ**

**MAKING METHOD AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF CONCRETE BEAMS AND STRENGTHENING OF GLUE MIXTURE**

**Валовой О.І., к.т.н., проф., Возіян І.О., аспірант., Валовой М.О., ст. викл.**  
(Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг)

**Валовой А.И., к.т.н., проф., Возиян И.А., аспирант., Валовой М.А., ассистент**  
(Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог)

**Valovoj A.I., professor, Vozijan I.F., postgraduate., Valovoj M.A., associate professor**  
(Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih)

**Наведено методику виготовлення балок. Актуальні питання зміцнення балок за рахунок посилення їх клейовими сумішами.**

**Приведена методика изготовления балок. Актуальные вопросы укрепления балок за счет усиления их клеевыми смесями.**

**A method of making beams. Actual questions of strengthening beams by the increase of glue mixture.**

**Ключові слова:**

Балки, спосіб виготовлення, клейові суміші.

Балки, способ изготовления, клеевые смеси.

Beams, method of making, glue mixture.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.**

Проектні та технологічні помилки, експлуатаційні та природні впливи часто призводять до появи дефектів в залізобетонних конструкціях, втрати ними несучої здатності. Водночас, часті зміни цільового призначення приміщень, реконструкція та перепланування призводять до значних змін у навантаженні та вимогах до конструкцій. Часто такі задачі вдається вирішити за допомогою сучасних клейових сумішей.

Застосування склеювання в будівництві пояснюється тим, що за допомогою мінеральних, органічних і комбінованих клеїв (адгезивів) вдається отримувати міцні і надійні з'єднання матеріалів і конструкцій, причому краще і економічніше, ніж будь-яким іншим способом. З появою високоміцних синтетичних клеїв з'явилася можливість підсилювати з їх допомогою будівельні конструкції, які відчувають значні статичні, динамічні, вібраційні та інші навантаження. Такі клеї забезпечують достатню термо-, вогне- та морозостійкість клейових з'єднань, а також їх стійкість під дією вологи, розчинників, кислот, лугів, грибків тощо. За допомогою епоксидних, клеїв стало можливим ремонтувати і підсилювати бетонні і залізобетонні, конструкції в будівництві. Забезпечуючи цінний комплекс конструкційних властивостей, клеї в той же час дозволяють значно поліпшити і техніко-економічні показники, в першу чергу, знизити трудомісткість робіт.

**Аналіз останніх джерел досліджень.** Вивченню питання підсилення залізобетонних конструкцій присвятили свої наукові праці: А.Я.Барашиков, О.І.Валовой, Г.А.Молодченко, Л.А.Мурашка, Й.П.Новаторский, а підсиленню ін'єкційними матеріалами: С.М. Золотов, Д.А. Кардашев, Ї.Ї.Лучко .

#### **Постановка мети і задач досліджень.**

Перед авторами було поставлено завдання по виготовленню залізобетонних балок, підсилених клейовими сумішами.

#### **Методика та результати досліджень.**

Програма проведення експерименту поділяється на 4 етапи: виготовлення залізобетонних балок, випробування контрольних зразків балок для визначення руйнівного навантаження, доведення навантаження балок до 0,6-0,7 від руйнівного та їх підсилення.

На першому етапі було виготовлено залізобетонні балки завдовжки 1800 мм із поперечним перерізом – 200x100 мм у кількості 15 шт. Відповідно до програми дослідження, зразки балок було поділено на 3 серії. Балки першої серії в кількості 3 штук є контрольними зразками й підсиленню не підлягають, балки другої серії в кількості 6 штук будуть підсилюватись клейовими сумішами, балки третьої серії в кількості 6 штук будуть підсилюватись в розтягнутій зоні традиційним способом.

При виготовленні балок у розтягнутій зоні було встановлено два арматурні стержні Ø10 мм класу А400, у стиснутої зоні – два арматурні стержні Ø5 мм класу В500. Поперечну арматуру виготовлено у вигляді хомутів, встановлених із кроком 50 мм на приопорних ділянках до місця прикладення навантаження з арматурної сталі класу А400 Ø10 мм. Арматування приймалося з такого розрахунку, щоб в нормальних перерізах виконувалась нерівність  $E > E_R$ , тобто планувалася ситуація, коли зниження міцності й деформативних характеристик балок, що експлуатуються, може бути за рахунок зниження міцності стиснутої зони.

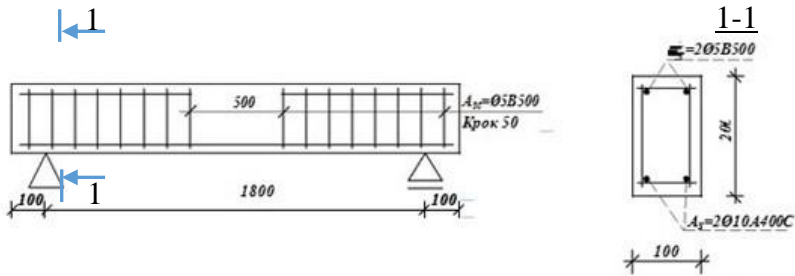


Рис. 1. Схема армування залізобетонної балки

Зразки виготовлено з бетону марки 250, для якого використовувався шлакопортландцемент М400 Криворізького цементного заводу. Використання матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетонної суміші складає: цемент – 360 кг, щебінь – 1420 кг, пісок – 820 кг, вода – 175 л.

Для визначення показників міцності і деформативності бетону одночасно з виготовленням балок було виготовлено три призми та три куби. Для визначення показників міцності і деформативності суміші бетону і епоксидного клею було виготовлено шість призм та шість кубів (відношення епоксидного клею до наповнювача 1:2) (рис. 2).

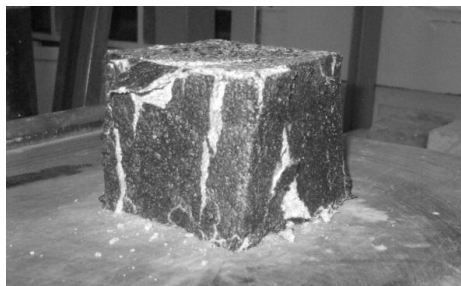
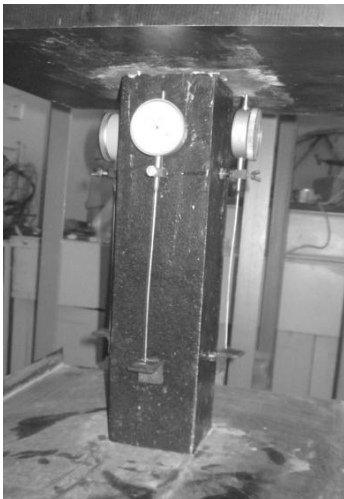


Рис. 2. Випробувані зразки призм та кубів виготовлені з суміші бетону і клею.

Для визначення міцності епоксидного клею були виготовлені шість кубів, які потім були склеєні по три між собою. Опалубку для балок було виготовлено з дошки завтовшки 45 мм зі струганою та відшліфованою внутрішньою

поверхнею. Проектне положення арматурних каркасів забезпечувалося за рахунок бетонних вкладишів. Перед укладанням бетонної суміші внутрішня поверхня опалубки покривалась тонким шаром гідрофобного мастила для полегшення розпалубки зразків. Бетонна суміш після укладання у форми ущільнювалась. Через 3-5 годин після укладання бетонної суміші відкрита поверхня балок, які зволожувались тричі на добу, покривалася вологою тирсою.

На другому етапі відбулося випробування залізобетонних балок першої серії, де визначили їх міцність, жорсткість та тріщиностійкість. Випробування балок проводилося за схемою однопрогінної шарнірно-опертої балки з утворенням зони чистого згинання при значенні прольоту між опорами 1800мм, наведеної на рис. 3. Прогин усередині балки вимірювався за допомогою прогиноміра Максимова. Деформації на кожному етапі навантаження в окремих частинах досліджуваних балок вимірювалися за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,001 та 0,01.

Схему розташування вимірювальних приладів наведено на рис. 4. Конструкція траверси й розташування прогиноміра на траверсі виконано таким чином, щоб виключити вплив зміщення опор траверси. Завантаження елементів поперечним статичним навантаженням здійснювалося за допомогою гідравлічного преса.

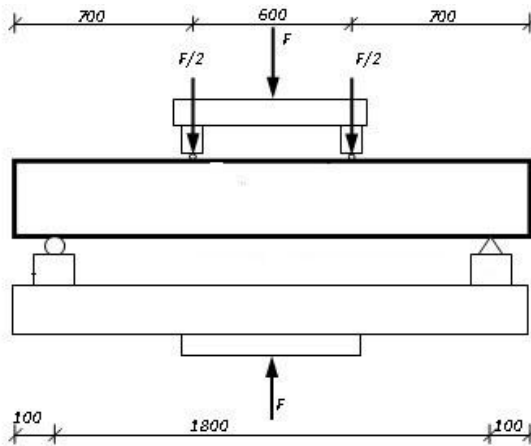


Рис. 3. Схема прикладання навантаження до балок  
 1 – траверса; 2 – балка; 3 – нерухома опора; 4 – рухома опора; 5 – нижня траверса

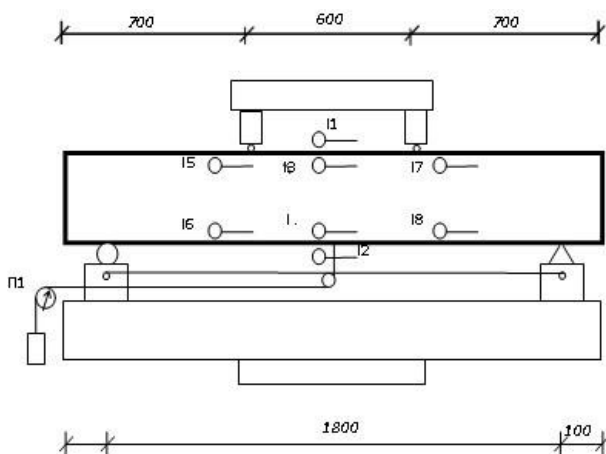


Рис. 4. Схема розташування вимірювальних приладів  
 і – індикатор часового типу; п- прогиномір;

На третьому етапі балки 1 та 2 серії піддавали навантаженню, яке становило 0,6-0,7 від руйнівного, що відтворює ситуацію зношення, вплив різних сил, які виникають у процесі експлуатації конструкції. Результатом навантаження була поява тріщин у розтягнутій зоні та руйнування стиснутої зони балки.

На четвертому етапі були підсилені балки першої та другої серії.

Балки першої серії були підсилені з використанням епоксидного клею ЕРОМАХ-PL (табл. 1) [4].

Таблиця 1.

**Фізико-механічні властивості клею ЕРОМАХ-PL**

<b>Основа:</b>	<b>2-компонентна епоксидна смола</b>
<b>Колір:</b>	<b>Компонент А-білий Компонент В-чорний Суміш А+В – світло-сірий</b>
<b>Консистенція</b>	<b>паста</b>
<b>Густина (А+В)</b>	<b>1,71 кг/л</b>
<b>Відношення компонентів</b>	<b>100:20 за вагою</b>
<b>Мінімальна температура затвердіння</b>	<b>+8°С</b>
<b>Час набуття кінцевої міцності</b>	<b>7 днів при температурі +20° С</b>
<b>Міцність на стиск</b>	<b>70МПА</b>
<b>Міцність на згинання</b>	<b>41МПА</b>
<b>Сила зчеплення</b>	<b>Понад 4Н/мм<sup>2</sup> (межа міцності)</b>

Тріщини що утворилися в розтягнутій зоні, були заінектовані епоксидним клеєм під великим тиском за допомогою компресору.

Стиснута зона балок була відновлена нанесенням суміші бетону з епоксидним клеєм. Відношення епоксидного клею до наповнювача 1:2. (Рис.5).

Перед підсиленням тріщини та зруйнований шар бетону в стиснутій зоні очищуються від бруду та пилу за допомогою компресору.

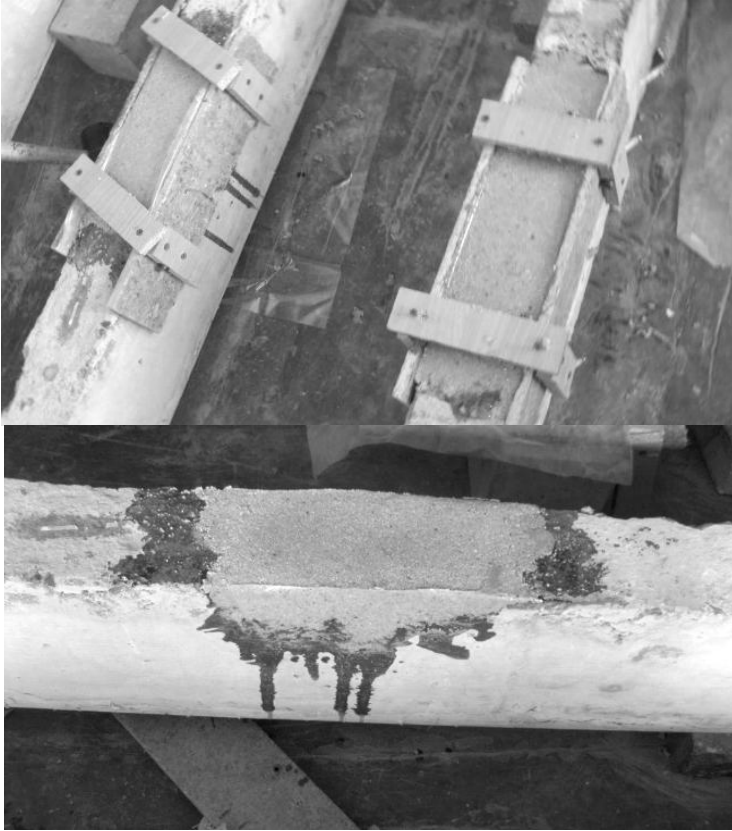


Рис. 5. Відновлення стиснутої зони епоксидним клеєм залізобетонної балки

Балки другої серії були підсилені традиційним способом. Стиснута зона балки була відновлена бетоном того ж складу, що і для виготовлення. У розтягнутій зоні балки на кінцях та в середині з кроком 0,5 м руйнувався захисний шар бетону до появи повздовжньої арматури до якої потім були приварені коротіші з арматури з подальшим наварюванням до них арматури

класу А400 Ø10 мм. Потім виконували захисний шар бетону для нарощених арматурних стержнів.

**Висновки.** На сьогодні поставлене перед нами завдання з виготовлення та підсилення залізобетонних балок було повністю виконано. У подальшому перед нами постає завдання виконувати програму наукових досліджень.

1. Борисюк О.П. Підсилення згинальних залізобетонних конструкцій сучасними матеріалами/ О.П. Борисюк, С.В. Мельник // «Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди». Збірник наукових праць – Рівне, 2010. – Вип. 20. – С. 459 – 465. 2. Валовой О. І. Міцність контактних швів підсиленних залізобетонних конструкцій / О. І. Валовой, Д. В. Попруга // Дороги і мости : Зб. наук. пр. – К. : ДерадорНДІ, 2009. – Вип. 11. – С. 57-64. 3. ДСТУ Б В.2.6-.56: 2010 [Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування] Мінрегіонбуд України, Київ, 2010. – 166с. 4. Петрова А.П. Термостойкие клеи [Текст] — М.: Химия, 1977. — 200 с. 5. Кардашев Д.А. Синтетические клеи [Текст] — М.: Химия, 1976. — 504 с. 6. Кардашев Д.А. Конструкционные клеи [Текст] — М.: Химия, 1980. — 288 с. 7. Лучко І.І. Момент тріщиноутворення в балках відновлених ін'єкційними методами / І.І. Лучко, О.М. Гайда // «Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди». Збірник наукових праць – Рівне, 2013. – Вип. 25. – С. 754 – 760. 8. Микульский В. Г. Склеивание бетона / В. Г. Микульский, В. В. Козлов. - М. : Стройиздат, 1975. – 236 с. 9. Новые высокопрочные эпоксидные клеи с широким температурным интервалом эксплуатации / Ю.С. Кочергин, Т.А. Кулик, Т.Л. Маковецкая, Н.П. Обрубова [Текст] // Клеи специального назначения. — Л.: ЛДНТП, 1982. — С. 21125.