

сталезалізо-бетонних балок у зоні чистого згину // Вісник Львів. аграр. ун-ту.– 2004. – № 5: Архітектура і сільськогосподарське будівництво. 5. Клименко Ф.Є., Гавриляк А.І., Фабрика Ю.М. Вплив довготривалих навантажень на несучу здатність сталобетонних згинальних елементів // Тези Міжнар. конф. – Кривий Ріг, 1998. 6. Барабаш В.М., Клименко Ф.Є. Розробка, дослідження та застосування нового виду стрічкової арматури періодичного профілю в сталобетонних конструкціях // Проблеми теорії і практики залізобетону. – Полтава, 1997. – С. 37–41. 7. Боднарчук Т.Б., Шмиг Р.А. Методика виготовлення та дослідження тришарових сталобетонних балок з зовнішнім стрічковим армуванням // Проблеми теорії і практики будівництва. – Львів, 1997. – Т. II. – С. 34–37. 8. Клименко Ф.Є., Ільницький Б.М., Бобало Т.В. Міцність сталобетонних балок армованих арматурою класу А-III, А-V в поєднанні з стрічковою, що працює без зчеплення з бетоном // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2007. 9. Клименко Ф.Є., Ільницький Б.М., Бобало Т.В. Міцність та деформативність сталобетонних балок, армованих арматурою класу А-400, Ат-800 в поєднанні з стрічковою, що працює без зчеплення з бетоном // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2008.

УДК 624.042.5

С.С. Була, А.Б. Пелех

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра будівельних конструкцій та мостів

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІСЛЯ ДІЇ МІСЦЕВОГО НАГРІВАННЯ

© Була С.С., Пелех А.Б., 2011

**Описано результати досліджень залишкових деформацій залізобетонних елементів під час дії місцевого нагрівання. Досліджені особливості їх формування.**

**Ключові слова:** залишкові деформації, місцевий нагрів.

**This article describes the results of investigating the remaining deformation in reinforced concrete elements during local heating. The features of their forming were investigated.**

**Key words:** remaining deformation, local heating.

**Вступ.** Питання оцінки несучих конструкцій після температурного впливу, незважаючи на значну кількість досліджень, залишається актуальним. Зокрема, малодослідженими є залишкові деформації залізобетонних елементів, що зазнали місцевого нагрівання. Інформація про залишкові деформації після дії температури дозволила б проектувати конструкції з врахуванням імовірних небезпечних ситуацій. Такі розрахунки активно впроваджуються у практику проектування цивільних, промислових та спеціальних об'єктів багатьох країн (наприклад, рохрахунок на прогресуюче руйнування (Росія [1], США [2], країни Євросоюзу). Виконання таких розрахунків вимагає розроблення відповідної методики та порівняння отриманих результатів із експериментальними даними.

**Аналіз останніх досліджень.** Незважаючи на значну кількість праць, що присвячені роботі залізобетонних конструкцій після дії температури [3, 4], досліджень, що стосувалися б залишкових деформацій елементів після місцевого нагрівання, виявлено не було.

**Мета та задачі досліджень.** Метою цієї роботи є проведення експериментальних досліджень із визначення залишкових деформацій залізобетонних конструкцій після місцевого температурного впливу, та дослідження їх особливостей.

**Експериментальні дослідження.** Конструкцію, матеріали дослідних зразків, температурний режим нагрівання наведено у попередній роботі [5]. Частина зразків-колон (2 шт.) випробовувалась на дію лише позацентрового стиску, без дії місцевого нагрівання, решта зразків-колон (4 шт.) випробовувались на спільну дію місцевого нагрівання (з боку стиснутої зони – 2 шт., з боку розтягнутої зони – 2 шт.) та експлуатаційного навантаження. Всього було випробовано 6 коротких залізобетонних колон, з них: за дії місцевого нагрівання та експлуатаційного навантаження випробовано 4 шт., без дії температури випробовано 2 шт. Випробовували ці зразки в три етапи. На першому етапі зразки поступово навантажували повздовжньою силою ступенями по  $0.1N_u$  до рівня  $\eta=0.6N_u$ , ( $\eta=N/N_u$ ) відповідно до програми досліджень. Рівні навантаження зразків приймали, враховуючи умови роботи конструкцій під час експлуатаційних навантажень. При цьому фіксували повздовжні деформації бетону та арматури та прогини зразка на кожному ступені. Після досягнення необхідної величини повздовжньої сили, навантаження зупиняли і стабілізували. На другому етапі до колони через перехідник приєднували пічку, яку попередньо розігрівали до температури  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Джерело нагрівання розміщували в розтягнутій або стиснутій зоні бетону позацентрово-стиснутого зразка, згідно з програмою досліджень. Повздовжні деформації бетону та арматури, прогини зразка під час місцевого нагрівання фіксували кожні 10 хв. Зміну температури спостерігали в режимі реального часу за допомогою вимірювального перетворювача ПВІ-0289, який паралельно архівував інформацію в пам'ять персонального комп'ютера. Час зчитування інформації з однієї термопари становив менше ніж одну секунду. Під час місцевого нагрівання зразка контролювали покази кільцевого динамометра. На третьому етапі джерело нагрівання було від'єднано, а моніторинг усіх показів продовжувався до повного вистигання залізобетонного зразка.

**Аналіз отриманих результатів.** Під час експериментальних досліджень було випробовано позацентрово-стиснуті зразки у разі місцевого нагрівання з боку стиснутої зони та з боку розтягнутої зони зразка. Під час експерименту виміряли деформації стисненої та розтягнутої арматур та бетону. У статті будуть проаналізовані деформації бетону та арматури на другому та третьому етапі випробувань – під час нагрівання та вистигання.

У випадку дії температури з боку розтягнутої зони зразка залишкові деформації арматури після нагрівання формуються за рахунок розвитку пластичних деформацій, що мають незворотний характер. Як видно з рис. 1 (див. крива 1), незворотні деформації становлять 5 %. Це пов'язано із зменшеними ділянками нагрівання при місцевій дії температури порівняно із загальним нагріванням.

На рис. 1 зображено відносні деформації розтягнутої арматури у двох досліджуваних випадках. На кривій 1 (розтягнута арматура під час нагрівання з боку розтягнутої зони) видно різке зменшення температурних деформацій під час вистигання, що відповідає зменшенню температури. Після нагрівання з боку стиснутої зони зразка (крива 2) відбувається збільшення деформацій розтягнутої арматури в 1,4 раза. Це може бути пов'язано з температурною усадкою і повзучістю бетону, температурним скороченням при охолодженні стиснутої арматури та бетону.

Відносні деформації стиснутої арматури під час нагрівання з боку розтягнутої зони в процесі вистигання зростають у 1,85 раза (рис. 2, крива 1). У разі нагрівання з боку стиснутої зони (рис. 2, крива 2) під час вистигання проявляються деформації температурної усадки і повзучості бетону, що довантажують стиснуту арматуру у 3,25 раза. Крім того, мають місце незворотні пластичні деформації стиснутого бетону та арматури.

Це також чітко видно на рис. 3 (крива 2), де деформації бетону зростають після закінчення нагрівання у 2,2 раза. Під час нагрівання з боку розтягнутої зони зразка, коли стиснутий бетон не нагрітий, його деформації зменшуються пропорційно до зменшення температури нагрітої розтягнутої арматури (рис. 1, крива 1). Його залишкові деформації становлять 50 % від початкових.

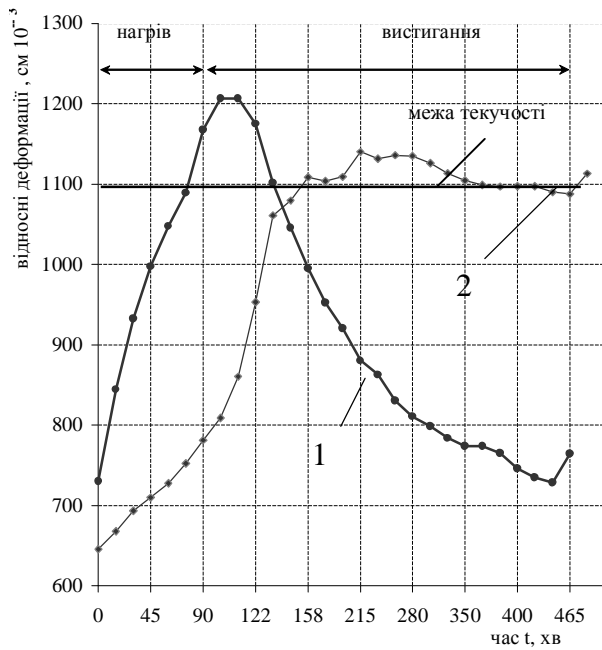


Рис. 1. Відносні деформації розтягнутої арматури:  
 1 – у разі місцевого нагрівання з боку розтягнутої зони зразка; 2 – те саме, під час нагрівання з боку стиснутої зони зразка

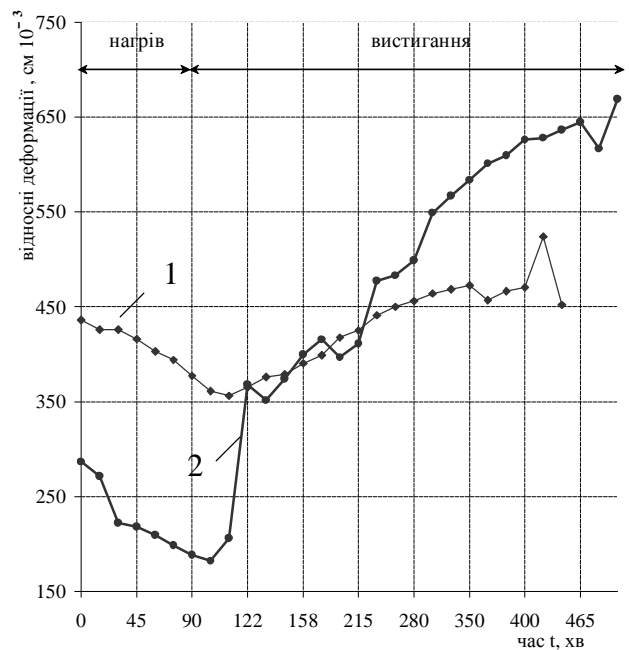


Рис. 2. Відносні деформації стиснутої арматури:  
 1 – у разі місцевого нагрівання з боку розтягнутої зони зразка; 2 – те саме, під час нагрівання з боку стиснутої зони зразка

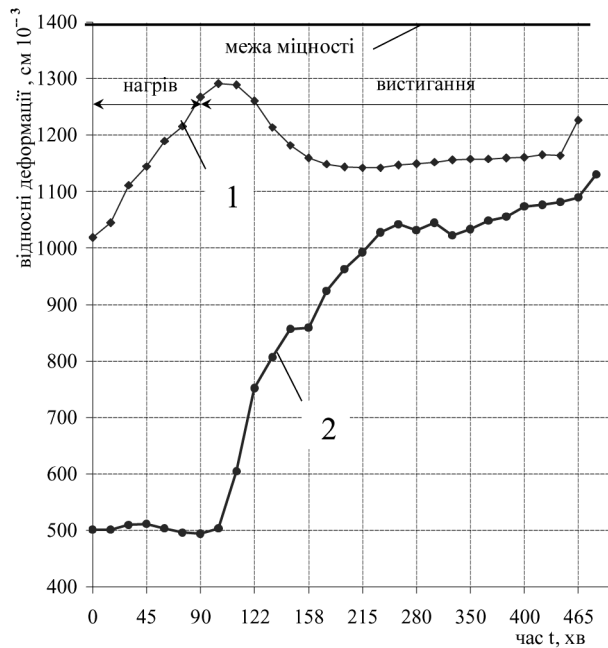


Рис. 3. Відносні деформації стиснутого бетону:  
 1 – під час місцевого нагрівання з боку розтягнутої зони зразка;  
 2 – те саме, під час нагрівання з боку стиснутої зони зразка

**Висновки.** В результаті експериментальних досліджень отримано показники залишкових деформацій бетону та арматури позацентрово-стиснених залізобетонних елементів, що виникають під час вистигання після дії місцевого нагрівання.

Аналізуючи залишкові деформації після нагрівання з боку розтягнутої зони зразка, можемо зазначити, що зменшення деформацій розтягнутої арматури (рис. 2, крива 1) під час вистигання

супроводжується збільшенням деформацій стиснутої арматури (рис. 2, крива 1) та зменшенням деформацій стиснутого бетону (рис. 3, крива 1).

Вистигаючи після нагрівання, з боку стиснутої зони зразка видно, що відбувається збільшення деформацій розтягнутої арматури (рис. 1, крива 2), що супроводжується збільшенням деформацій стиснутого бетону та арматури (рис. 2, 3, криві 2).

Визначення залишкових деформацій бетону та арматури за залежностями для випадку загального нагрівання показало незадовільну розбіжність з експериментальними величинами. Тому в подальших дослідженнях необхідно уточнити наявні теоретичні залежності для випадку місцевого нагрівання.

1. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения. М.2005. 2. UFC 4-023-03. Unified Facilities Criteria (UFC). Design of Buildings to Resist Progressive Collapse. Department of Defense USA. 2005. 3. Милованов А.Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре. – М.: Стройиздат, 1998. – 304 с. 4. Рекомендации по обследованию зданий и сооружений поврежденных пожаром. /НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1987. – 80 с. 5. Була С.С. Визначення кривизни та температурного зусилля у позадцентрово-стиснутих залізобетонних елементах при дії місцевого нагріву та експлуатаційного навантаження. // Сучасне промислове та цивільне будівництво: Донбаська національна академія будівництва та архітектури. – Макіївка, 2007. – Т. 3, № 2. – С. 115–124.

УДК 628.356 : 628.1.032

**О.В. Вербовський, Х.П. Качан, В.В. Іванів**  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра гідравліки та сантехніки

## **ВПЛИВ АЕРАЦІЇ НА ЗНИЖЕННЯ ВМІСТУ ЗАЛІЗА У ПРИРОДНІЙ ВОДІ**

© Вербовський О.В., Качан Х.П., Іванів В.В., 2011

**Проаналізовано форми існування заліза у природних водах та методи знезалізнення води. Доведено застосування методу спрощеної аерації для зниження вмісту заліза у воді. Спроектовано лабораторний стенд та досліджено кінетику знезалізнення природної води.**

**Ключові слова: аерація, знезалізнення води, кінетику знезалізнення природної води.**

**The forms of existence of iron in natural waters and methods of deferrization are analysed. Application of method of the simplified aeration is well-proven for the decrease of content of iron in water. An experimental device is designed and kinetics of the deberriration process is investigated.**

**Key words: aeration, methods of deferrization, kinetics of the deberriration process.**

**Постановка проблеми.** Підземні води часто містять підвищений вміст заліза ( для питної води не більше ніж 0,3 мг/дм<sup>3</sup>) [1]. Надмірна кількість заліза у питній воді негативно впливає на стан здоров'я людини, спричиняє появу неприємного запаху, каламутності, забарвлення води, призводить до заростання водопровідних труб, є причиною неякісного функціонування текстильної, харчової, паперової, хімічної та інших видів промисловості. Тому актуальності