

Б. Р. Турчин*, З. З. Бліхарський**, П. І. Вегера, Т. М. Шналь
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельних конструкцій та мостів,
*студент інституту ІАРХ,
**аспірант кафедри опору матеріалів та будівельної механіки

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК З ПОШКОДЖЕННЯМИ, ОТРИМАНИМИ ЗА ДІЇ НАВАНТАЖЕННЯ

© Турчин Б. Р., Бліхарський З. З., Вегера П. І., Шналь Т. М., 2017

Дослідження залізобетонних балок, в яких наявні певні пошкодження чи дефекти, є малопоширені. Особливо це стосується досліджень, в яких дефекти виникають під дією навантаження, що зумовлено складністю виконання таких досліджень. У цій статті описано методику виконання пошкоджень розтягнутої арматури в згинаних залізобетонних елементах, під дією навантаження. Всього було випробувано 8 дослідних зразків: чотири зразки випробувано як контрольні і чотири з пошкодженням. Контрольні зразки армовані розтягнутою арматурою діаметром 16 та 20 мм. Балки, які пошкоджували, були армовані арматурою діаметром 20 мм. Пошкодження виконувались шляхом просвердлювання отвору в розтягнутій арматурі Ø5.6. Залишкова площа арматури з отвором відповідає площі поперечного перерізу арматури Ø16. Таким чином моделювалась точкове пошкодження розтягнутого армування. Як наслідок змінився тип руйнування балки. Вичерпання несучої здатності відбувається різко, з розламуванням балки на дві частини. Збіжність результатів несучої здатності зразків-близнюків показало відхилення результатів у діапазоні 3–13 %.

Ключові слова: залізобетонні балки, методика, пошкодження.

B. Turchyn*, Z. Blikharskyy, P. Vegera, T. Shnal
Lviv Polytechnic National University,
Department of Building construction and bridges,
*student of institute IARCH,
**Department of Materials Strength and Structural Mechanics

RESEARCH METHODOLOGY OF REINFORCED COCRETE BEAMS WITH DAMAGE OBTAINED UNDER LOADING

© Turchyn B. R., Blikharskyy Z. Z., Vegera P. I., Shnal T. M., 2017

The research of reinforced concrete beams, in which there is some damage or defects are scare. This is especially applies to studies in which defects arise under the influence of the load, which is due to the complexity of such studies. This article describes a method for performing damage to stretched rebar in bending reinforced concrete elements under load. There were eight samples tested: four specimens tested as controls and four – with injuries. Control samples with a stretched rebar of 16 and 20 mm in diameter are reinforced. Damaged beams with rebar 20 mm in diameter are reinforced. Damage was carried out by drilling the hole diameters 5.6 mm in the stretched armature. The remaining area of the tensile rebar with the hole corresponds to the cross-sectional area of the reinforcement Ø16. There were simulated pointing damage of stretched reinforcement. As a result, the type of beam's destruction was changed. Exhaustion of the bearing capacity occurs abruptly, with the breakdown of the beam into two parts. The convergence of the results of the carrying capacity of the twin samples showed a deviation of the results in the range of 3–13 %.

Key words: reinforced concrete beams, methodology, damage.

Вступ. Залізобетонні конструкції є одні з найпоширеніших у світі. Тривала експлуатація будівель призводить до виникнення різноманітних пошкоджень і дефектів. Як наслідок, це відображається на напружено-деформованому стані конструкції. Вивчення зміни параметрів напружено-деформованого стану та їхній вплив на несучу здатність конструкції є важливим завданням при дослідженні залізобетонних елементів. Особливу увагу слід звернути на те, що конструкції постійно перебувають під навантаженням: від власної ваги, постійним, тимчасовим, динамічним і ін. Виникнення дефектів, за дії навантаження різного рівня інтенсивності, призводить до виникнення додаткових чинників, які впливають на безпечну експлуатацію будівлі. Особливо це стосується пошкоджень робочого армування в залізобетонних згинаних конструкціях. Згідно з принципами розрахунку розтягувальні зусилля в згинаних елементах сприймаються лише робочим, поздовжнім армуванням, пошкодження якого призводять до зменшення несучої здатності залізобетонних балок. Дослідження несучої здатності залізобетонних балок з пошкодженнями, виконаними при дії навантаження, є важливим аспектом розвитку будівельної науки.

Огляд наукових джерел і публікацій. Аналіз наукових джерел показав, що дослідження напружено-деформованого стану залізобетонних елементів, в яких наявні пошкодження є малопоширені.

Одним із таких досліджень є робота залізобетонних конструкцій під впливом агресивного середовища [1]. В цих дослідженнях моделювали роботу залізобетонних згинаних елементів з корозійними пошкодженнями від впливу рідинного агресивного середовища (10 % розчину сірчаної кислоти). Дослідження згинаних залізобетонних елементів з і без сталеві фібри, коли імітувався корозійний вплив 3 % розчину натрію хлориду, при вже наявних нормальних тріщинах. На основі дослідних даних запропонована модель на основі методу скінченних елементів, яка враховує розкриття тріщин та вплив агресивного середовища.

Дослідженням впливу дефектів на несучу здатність трубобетонних елементів, з пошкодженням зовнішньої труби оболонки займалася О. П. Воскобійник [3]. Як пошкодження прийняли такі типи дефектів: наскрізні круглі отвори діаметром; наскрізні поздовжні прорізами; дефекти бетонного ядра. За результатами досліджень встановлено, що при збільшенні розмірів локального пошкодження це призводить до нерівномірності деформування зразків та зменшення несучої здатності від 20 до 45 %. Особливу увагу заслуговують дослідження, в яких наведено експериментальні залежності зменшення міцності бетону та арматури внаслідок впливу навколишнього середовища. Міцність і довговічність залізобетонних конструкцій визначали на термін 5 років, і падіння міцнісних характеристик становило близько 28 % для бетону і 7 % – для армування.

Мета і завдання дослідження. Апробувати методику випробовування залізобетонних балок, в яких пошкоджується робоче армування за дії навантаження різного рівня інтенсивності.

Конструкція дослідних зразків. Для реалізації поставленої мети розроблено програму експериментальних досліджень залізобетонних балок. Програма передбачила виготовлення 8 дослідних зразків. Балки поділено на дві серії: 1 серія – 2 зразки, 2 серія – 6 зразків. Розміри поперечного перерізу 200x100 мм, розрахунковий проліт 1900 мм. Усі залізобетонні балки було виконано ідентичних геометричних розмірів, відхилення становить менше ніж 2 %. Робоче армування балок виконане у вигляді 1Ø16 А 500С [5]– для зразків 1-ї серії, і 1Ø20 А 500С [5] – для зразків 2-ї серії. Арматура, яка розташована в стиснутій зоні, та поперечне армування, виконане з Ø5 В 500. Загальний вигляд каркасу наведено на рис. 1. Бетон дослідних зразків прийнятий класу С30/35 [6].

Для зручності балки маркуються так: БЗ – контрольна балка, або БП – балка пошкоджена; перша цифра – номер серії, друга цифра – номер дослідного зразка. Для прикладу БЗ 1.2 означає, що випробувано другу балку з 1-ї серії. Індекс 0.3–0.5 означає рівень, при якому виконувалось пошкодження, прийнятий від отриманого руйнівного, для звичайних балок.

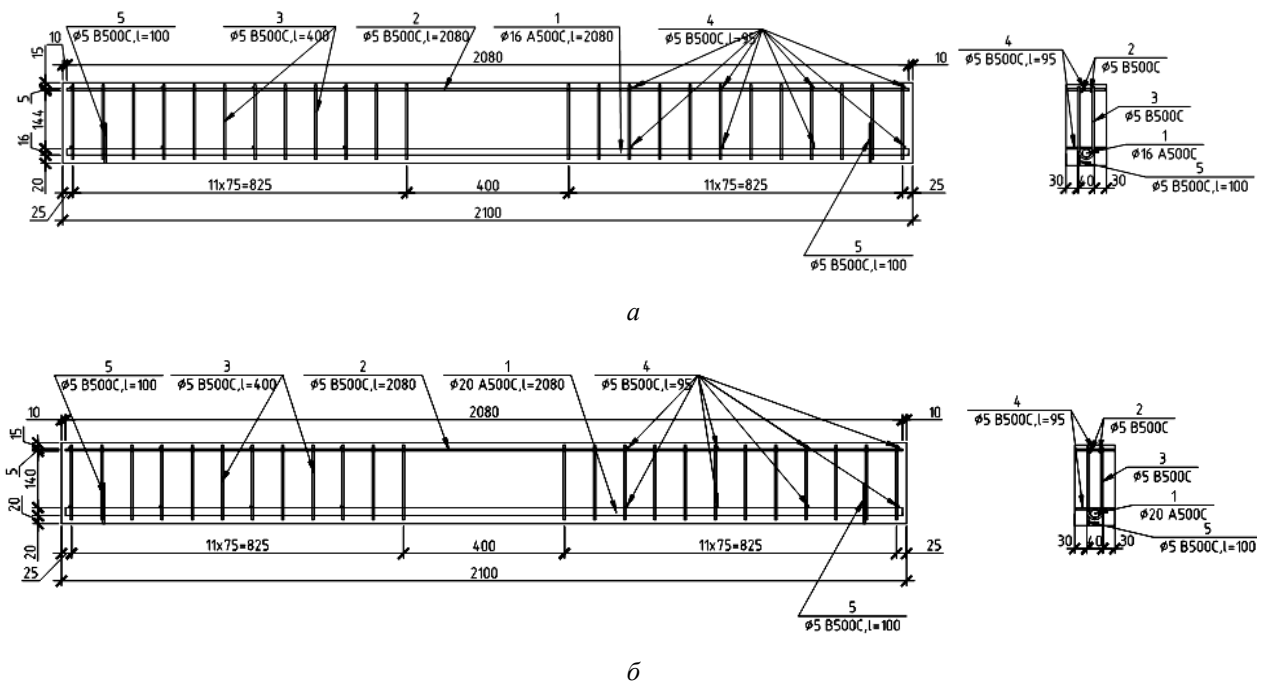


Рис. 1. Армування дослідних зразків: а – 1-ї серії; б – 2-ї серії

Методика експериментальних досліджень. Залізобетонні зразки випробовували за схемою однопротітних балок, розрахунковим прольотом 1900 мм, завантажені двома силами на відстані 1/3 розрахункового прольоту для створення зони “чистого згину”. Навантаження на балку прикладали таким чином, щоб площа прикладення навантаження збігалася з центром ваги перерізу балки, згідно з вимогами [7].

Балку випробовували статичним навантаженням. Рівень прикладеного навантаження контролювали з допомогою кільцевих динамометрів, встановлених на опорах, ціна поділки яких становить 1 кН (точність 0,05 %), та манометра, встановленого на насосній станції, з ціною поділки 2 кН (точність 1 %).

Випробовування залізобетонної балки проводили в 3 етапи:

- навантаження балки до проектного рівня;
- пошкодження арматури балки до проектного значення;
- випробування зразка навантаженням до руйнування.

На 1 етапі балка навантажується до рівня, що становить 0,3 та 0,5 від руйнівного значення контрольних зразків. Навантаження прикладається по етапах, величиною 10 % від очікуваного руйнівного значення, згідно з теоретичним розрахунком. На кожному етапі проводиться витримка 10 хв, після чого фіксуємо покази встановлених приладів, і проводимо наступний етап прикладання навантаження. Таким чином досягають проектного рівня навантаження.

На наступному етапі виконується пошкодження розтягнутої арматури.

При виготовленні балок в місцях пошкодження, встановлено пінополістирольні вставки, які полегшують доступ до розтягнутої арматури при влаштуванні пошкодження (рис. 2).

Оголення арматури виконували на довжину 200 мм у центральній частині балки. Після виготовлення балок захисні вставки демонтували. Пошкодження виконують у вигляді просвердлювання отвору по центру довжини розтягнутої арматури. Висвердлювання виконують поетапно, починаючи з діаметра 3 мм, і збільшуючи отвір на 0.5 мм, на кожному етапі, аж до діаметру 5,5 мм. На останньому етапі отвір просвердлюють свердлом Ø5,6 мм (рис. 3). Залишкова площа арматури, при отворі Ø5,6 мм в арматурі Ø20, відповідає площі непошкодженої арматури Ø16.

Під час виконання пошкодження арматури підтримують рівень діючого навантаження та знімають покази деформацій приладів під час кожного кроку пошкодження.

На останньому етапі виконують поетапне доведення зразка до руйнування, за методикою, яку використовували на 1 етапі.



Рис. 2. Вигляд пінополістирольної вставки: а – перед демонтажем на балці; б – після демонтажу



Рис. 3. Пошкодження у вигляді отвору в розтягнутій арматурі

Для фіксування деформацій залізобетонних балок використовували індикатори годинникового типу ІЧ-01-0,001 з точністю вимірювання 0,001 мм. Прилади розташовували на стиснутій грані бетону та на розтягнутій арматурі по 2 шт., а за висотою балки в два ряди (рис. 4).

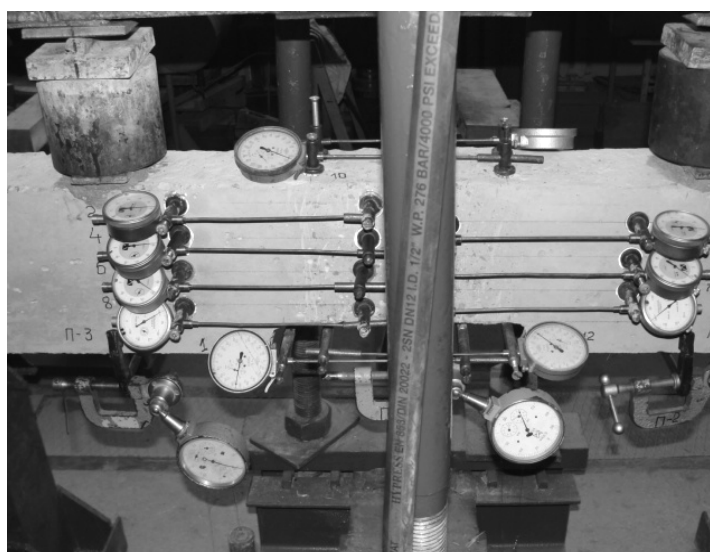


Рис. 4. Встановлені індикатори на центральному перерізі дослідної балки

Заміри прогинів балки проводили з використанням індикаторів годинникового типу ПЧ-01-0.01 з точністю вимірювання 0.01 мм. та прогиномірів Аістова АІ-6 з точністю вимірювання 0.01 мм. Індикатори ПЧ-01-0.01 використовували для вимірювання просідання опор балок, а прогиноміри Аістова, розташовані по довжині балки з однаковим кроком, для замірювання прогину балки. Загальний вигляд дослідної балки встановленої на стаціонарному стенді, з вимірювальними приладами на поверхні балки, наведено на рис. 5.

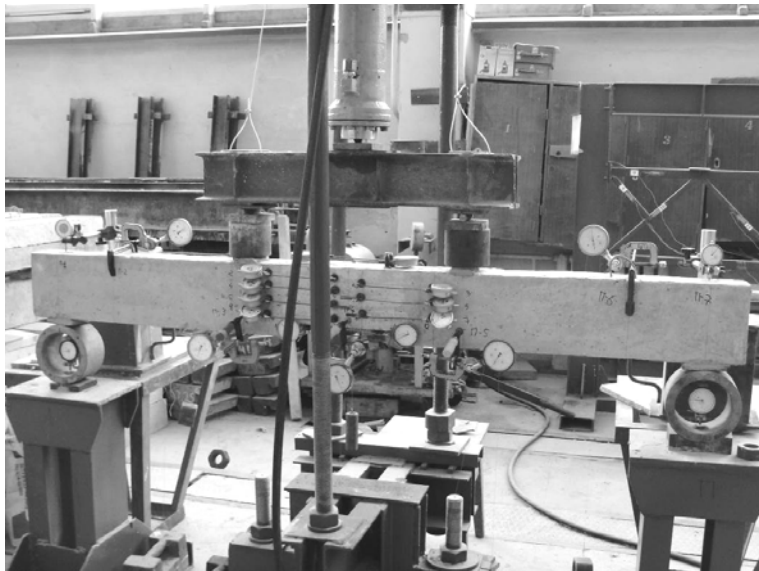


Рис. 5. Загальний вигляд дослідної балки встановленої на стенді з вимірювальними приладами

Результати досліджень. Усього було випробувано 8 балок – 4 в якості контрольних зразків та 4 з пошкодженням розтягнутої арматури. За критерій вичерпання несучої здатності прийнято руйнування стиснутого бетону при досягненні фібровими деформаціями граничних значень, або досягнення усіма розтягнутими стержнями арматури граничних деформацій [8]. Вичерпання несучої здатності контрольних зразків БЗ 1.1, 1.2, 2.3 та 2.4 відбувалось внаслідок досягнення граничних значень стиску в найбільш стиснутій фібрі бетону і становила $M_{Ed,1}=19.88$ кНм, $M_{Ed,2}=18.65$ кНм – для балок 1-ї серії та $M_{Ed,1}=31.14$ кНм та $M_{Ed,2}=24.54$ кНм для 2-ї серії відповідно (рис. 6, а). Балки з пошкодженням відрізнялись за характером руйнування: відбувалось різке руйнування з розривом розтягнутого армування та розламуванням дослідного зразка на дві частини (рис. 6, б).

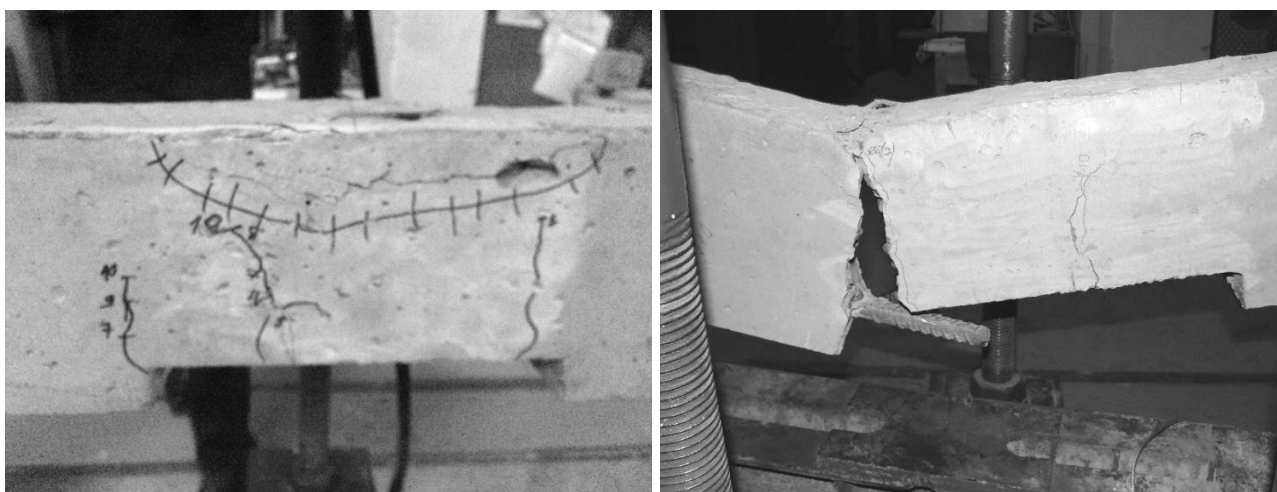


Рис. 6. Характер руйнування дослідних зразків: а – БЗ 2.3; б – БП 2.5-0.3

Несуча здатність балок з пошкодженням при рівні 0.3 від несучої здатності контрольних зразків становила $M_{Ed}=21.61$ кНм – для балки БП 2.5-0.3 та 19.76 кНм – для балки БП 2.6-0.3; при рівні 0.5 – $M_{Ed}=21.45$ кНм для зразка БП 2.7-0.5 та 23.23 для зразка БП 2.8-0.5.

Збіжність між балками-близнюками становила 3...13 %, що вважається задовільною збіжністю у дослідженні залізобетонних конструкцій.

Висновки. 1. Дослідження залізобетонних балок з наявними пошкодженнями, отриманими під дією навантаження, є маловивченим питанням та потребує подальших досліджень.

2. Апробовано методику виконання експериментальних досліджень залізобетонних балок з пошкодженням у розтягнутій арматурі. Збіжність результатів дослідження для балок-близнюків становила 3...13 %.

1. Бліхарський З. Я. Міцність залізобетонних балок за одночасної дії корозійного середовища та зовнішнього навантаження / Бліхарський З. Я., Хміль Р. С., Вашкевич Р. В. // *Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій: Зб. наук. праць.* – Вип. 3 – Львів, 2001. – С. 23–29.
2. Mitchel A. Experimental investigation of the relation between damage at the concrete-steel interface and initiation of reinforcement corrosion in plain and fibre reinforced concrete / A. Mitchel, A. O. S. Solgaard, B. J. Pease, M. R. Geiker, H. Stang, J. F. Olesen // *Corrosion Science.* – 2013. – Vol.77. – P. 308–321.
3. Воскобийник О. П. Експериментальні дослідження трубобетонних елементів з локальними пошкодженнями труби-оболонки / О. П. Воскобийник, А. В. Гасенко, І. О. Пархоменко // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди.* – 2013. – Вип. 25. – С. 688–695.
4. Ismail M. Compressive strength loss and reinforcement degradations of reinforced concrete structures due long-term exposure / M. Ismail, B. Muhammad, M. E. Ismail // *Construction and building materials.* – 2010. – Vol. 24. – P. 898–902.
5. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови: ДСТУ 3760:2006 [чинний від 2006-12-11]. – К.: Інститут чорної металургії НАН України, 2006. – 28 с. – (Національний стандарт України).
6. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний від 2011-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 84 с. – (Національний стандарт України).
7. Вироби бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробовувань навантажуванням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості: ДСТУ Б В.2.6-7-95. – [чинний від 2009-12-22]. – К.: Укрархінформбуд України, 1997. – 42 с. (Національний стандарт України).
8. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону: ДСТУ Б.В.2.6-156:2010. – [чинний від 2011-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с. – (Національний стандарт України).

References

1. Blihar'skyi Z. Ya., Khmil R. Ye., Vashkevych R. V. [The strength of reinforced concrete beams by the simultaneous action of corrosive environment and external load] *Diahnostyka, dohvovichnist' ta rekonstruktsiya mostiv i budivl'nykh konstruktsiy: Zb. nauk. prats'* [Diagnostics, durability and reconstruction of bridges and building constructions: Collection of scientific works]- Issue 3 – Lviv, 2001. – P. 23–29 (in Ukrainian)
2. Mitchel A. Experimental investigation of the relation between damage at the concrete-steel interface and initiation of reinforcement corrosion in plain and fibre reinforced concrete / A. Mitchel, A. O. S. Solgaard, B. J. Pease, M. R. Geiker, H. Stang, J. F. Olesen // *Corrosion Science.* – 2013. – Vol.77. – P. 308–321.
3. Voskobiynyk O. P. Eksperymental'ni doslidzhennya trubobetonnykh elementiv z lokal'nymy poskodzhennyamy truby-obolonky / O. P. Voskobiynyk, A. V. Hasenko, I. O. Parkhomenko // *Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy.* – 2013. – Vyp. 25. – S. 688–695.
4. Ismail M. Compressive strength loss and reinforcement degradations of reinforced concrete structures due long-term exposure / M. Ismail, B. Muhammad, M. E. Ismail // *Construction and building materials.* – 2010. – Vol. 24. – P. 898–902.
5. Prokat armaturnyy dlya zalizobetonnykh konstruktsiy. Zahal'ni tekhnichni umovy: DSTU 3760:2006 [chynnyy vid 2006-12-11]. – K.: Instytut chornoyi metalurhiyi NAN Ukrayiny, 2006. – 28 s.
6. Konstruktsiyi budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsiyi. Osnovni polozhennya: DBN V.2.6-98:2009. – [Chynnyy vid 2011-06-01]. – K.: Minrehionbud Ukrayiny, 2011. – 84 s.
7. Vyroby betonni ta zalizobetonni zbirni. Metody vyprobuvan' navantazhuvannyam. Pravyla otsinky mitsnosti, zhorstkosti ta trishchynostiyskosti.: DSTU B V.2.6-7-95. – [chynnyy vid 2009-12-22]. – K.: Ukrarkhinformbud Ukrayiny, 1997. – 42 s.
8. Betonni ta zalizobetonni konstruktsiyi z vazhkoho betonu: DSTU B.V.2.6-156:2010. – [chynnyy vid 2011-06-01]. – K.: Minrehionbud Ukrayiny, 2011. – 118 s.