

## ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

© Бліхарський З. Я., Хміль Р. Є., Дудич С. Б., 2017

Основні конструкції сучасних будівель і споруд виконуються з бетону, залізобетону або цегли. Передчасне руйнування конструкцій, втрата несучої здатності та інших експлуатаційних якостей призводять до небажаних наслідків, і часто несуть загрозу цілісності споруди і навіть життя людей. Тому своєчасне проведення робіт з посилення і ремонту будівельних конструкцій має дуже важливе практичне значення. До теперішнього часу у вітчизняній та зарубіжній практиці накопичено безліч різних способів і конструктивних прийомів посилення. У цій статті описано підсилення конструкцій та експериментальних випробувань залізобетонних конструкцій, підсилені додатково попередньо напруженими елементами під навантаженням. Проаналізовано сучасний стан і тенденції розвитку в галузі переоснащення та реконструкції елементів будівель і споруд. Опрацьовано наукові праці вчених багатьох країн світу в сфері експериментальних досліджень підсилення залізобетонних конструкцій.

**Ключові слова:** підсилення конструкцій, попередньо напружені елементи.

Z. Blikharskyy, R. Khmil, S. Dudycz  
Lviv Polytechnic National University,  
Department of building construction and bridges

## STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES USING PRESTRESSED ELEMENTS

© Blikharskyy Z., Khmil R., Dudycz S., 2017

The basic design of modern buildings and constructions are made of concrete, reinforced concrete or brick. To date already made significant contributions to science of strengthening of various reinforced concrete structures. As a rule, is insufficient number of instructional materials to strengthen the work of experimental research in this area. Premature destruction of structures, loss of bearing capacity and other operating characteristics can lead to undesirable consequences, and often threaten the integrity of buildings, and even people's lives. Therefore, the timely implementation of works on strengthening and repair of building structures has a very important practical significance. To date in domestic and foreign practice has accumulated a lot of different ways and constructive methods of amplification. Of which in this article we describe reinforcement of the construction and experimental testing of reinforced concrete structures, reinforced by additional pretensioned elements under load. Analyzes the current state and development trends in the field of re-equipment and reconstruction of elements of buildings and structures. Processed scientific works of scientists of many countries in the field of experimental research of strengthening of concrete structures. Presents a list of scientific works in the field of strengthening of building structures, as well as literature used in writing this work.

**Key words:** strengthening of structures, prestressed elements.

**Постановка проблеми.** Основні конструкції сучасних будівель і споруд виконуються з бетону, залізобетону або цегли. Передчасне їх руйнування, втрата несучої здатності та інших

експлуатаційних якостей призводять до небажаних наслідків і часто несуть загрозу цілісності споруди і навіть життя людей. Тому своєчасне проведення робіт з посилення і ремонту будівельних конструкцій має дуже важливе практичне значення.

Досі у вітчизняній і зарубіжній практиці накопичилося безліч різних способів та конструктивних прийомів посилення. У розробленні проектних рішень можна використовувати і традиційні способи посилення, і сучасні, в основі яких є підсилення з нарощуванням перерізу із використанням попередньо напруженої арматури [1–3].

В Україні цей метод підсилення залізобетонних конструкцій не є часто використовуваним, бо сьогодні немає відповідної нормативно-розрахункової бази, адаптованої до чинних Державних будівельних норм України, яка б враховувала фактичні втрати попереднього напруження додаткової арматури за включення її в роботу у залізобетонні конструкції, і дозволяла б побудувати реальну криву стану сумісної роботи і основної, і додаткової арматури після підсилення. Експериментальні дослідження підсилення балкових конструкцій за допомогою попередньо напружених матеріалів (зокрема, й сталеві арматури) у Китаї, Південній Кореї, ПАР, Канаді та Іспанії [4–8].

**Мета роботи** – зробити огляд літературних джерел щодо підсилення будівельних залізобетонних конструкцій за допомогою попередньо напружених елементів під навантаженням.

Сьогодні вже чимало зроблено для підсилення різних залізобетонних конструкцій. Проектувати підсилення конструкцій набагато важче, ніж нове будівництво. Це зумовлено тим, що, як правило, в різних випадках трапляються особливості, які мають враховувати у підсиленні, а також нема достатньої кількості інструктивних матеріалів стосовно підсилення робіт, експериментальних досліджень у цій галузі.

Вперше підсилити залізобетонні конструкції спробували приблизно до 1912 року [9, 10]. Для відновлення застосовувалося нанесення рівномірного шару штукатурки, укладання армованого шару батону нанесено тонкими прошарками розчину, часто з додаванням металічних ошурок і торкретування. Для підсилення залізобетонних балок, у яких були косі тріщини внаслідок недостатнього перерізу хомутів, Анрі Лоссьє в 1936 р. застосував хомути, які попередньо напружувалися. Він же рекомендував при недостатці поздовжньої арматури вкладати додаткову попередньо напружену арматуру.

В 1938 році в Англії був запатентований спосіб підсилення балок за допомогою шпренгеля з попереднім його напруженням механічним способом натяжними болтами [11]. Досить часто застосовувались також різноманітні обойми і розвантажувальні конструкції, хоча питання підсилення вивчали багато інженерів і вчених (Р. Залігер, Лапрехт, А. Клейнлегель, Е. Фрейсіне, А. Лоссьє та інші) [10, 12, 13].

У Росії в 1919 році інженер В. А. Струве виконав підсилення залізобетонних колон за допомогою обойм з додатковою арматурою та обмоткою.

У 1930-х роках поряд з обоймами почали використовувати розвантажувальні конструкції, поширенню яких сприяли зручності і швидкість виконання. Варто зазначити, що практика підсилення ґрунтувалася на експериментальних дослідженнях. У 1933–1935 роках під керівництвом професора О. О. Гвоздєва було вивчено зчеплення нового бетону зі старим [14], що мало велике значення для введення підсилення за допомогою обойм.

В 1934 році кандидат технічних наук І. М. Литвинов виконав роботи з підсилення обоймами елементів залізобетонних конструкцій на шахті в Донбасі.

В українському науково-дослідному інституті будівель і споруд в 1937 році, потім у лабораторії ЦНИМС в 1938 році Литвинов І. М. проводив велику кількість експериментальних досліджень, запропонував і опублікував підсилення залізобетонних конструкцій одностороннім збільшенням перерізу з додаванням арматури [24].

І. М. Литвинов [15] запропонував метод підсилення за допомогою одностороннього нарощення залізобетону. В 1937–1938 рр. у лабораторії Московського метрополітену інженер І. Ф. Шаров досліджував метод торкретування сорочок і накладок з додаванням горизонтальної арматури і хомутів

[25]. В 1938 р. інженер А. А. Судариков випробував залізобетонні балки, підсилені додатковою горизонтальною та косою арматурою з подальшим нарощуванням перерізу бетонуванням. У 1939–1940 рр. під керівництвом В. В. Пинаджяна [16] при участі Казей І. І. та Кічаєва П. М. було вивчено залізобетонні балки, підсилені обіймами і додатковою арматурою. Балки динамічно навантажували, імітуючи навантаження мостових конструкцій. У результаті цих досліджень вирішилось питання про можливість здійснювати підсилення обіймами залізобетонних, які перебувають під дією рухомих навантажень. Це було практично використано при підсиленні ряду балкових мостів [26, 27]. У 1942 році вийшла інструкція, яка систематизувала та узагальнила результати конструкторських і експериментальних дослідів з використання обіймових методів підсилення.

Особливо широко використовувалися методи обійм сорочок при відновленні залізобетонних конструкцій, пошкоджених під час Другої світової війни [29, 30].

Підсилення і відновлення залізобетонних елементів шляхом встановлення обійм, сорочок або одностороннє нарощування при додаванні арматури.

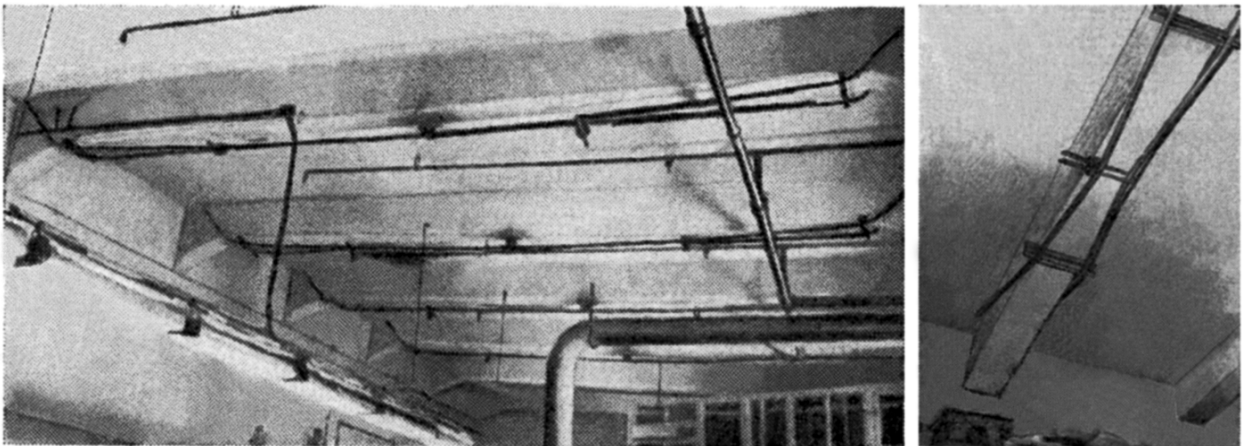
Виконання такого роду конструкції підсилення зумовлено необхідністю зчеплення нового і старого бетону, причому міцність і надійність цього зв'язку залежить від реконструктивного або відновлюваного заходу зі створення складеного перерізу елемента із бетону різного віку [28].

Пройшовши експериментальне дослідження, підтверджують надійність зчеплення старого бетону з новим за дотримання належних технологій заливання нового бетону на конструкцію підсилення. Встановлено, що за річної різниці у віці бетону його зчеплення знижується на 12–18 % [17].

Зчеплення нового бетону зі старим може коливатися в достатньо широких межах, від повної міцності моноліта до 40 % від неї. Міцність зчеплення залежить від характеру дій сил і різних факторів, що впливають на неї, а саме: умови укладання бетону, методом ущільнення, оброблення поверхності сполучення, чистоти швів, розхід цементу і т.д.

Післявоєнний період Пинаджян В. В. опублікував експериментально перевірений ним спосіб розрахунку проєктованих обіймових конструкцій [31].

У кінці 40-х рр. з'явилися способи підсилення конструкцій попередньо напруженими елементами. В 1948 р. Н. М. Онуфрієв запропонував підсилювати згинані залізобетонні елементи за допомогою попередньо напружених горизонтальних, шпренгельних чи комбінованих затяжок, які ми бачимо на рис. 1 [18].



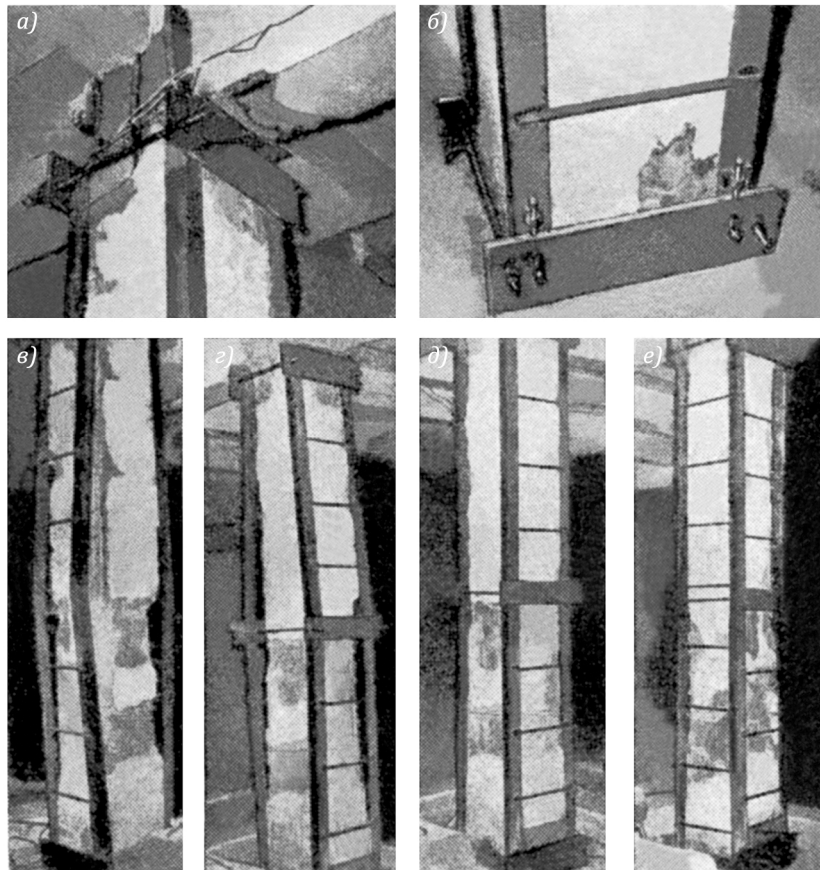
*Рис. 1. Загальний вигляд попередньо напружених горизонтальних шпренгельних затяжок після підсилення балок*

Можна вважати Онуфрієва Н. М. першим, хто підсилив колони попередньо напруженими розп'ірками, які науковець уперше використав у 1952 році. Цей метод можна вважати найпростішим стосовно підсилення колон, особливо на діючих підприємствах. Що являє собою цей метод? Насправді є два методи підсилення попередньо напруженими розп'ірками: двосторонній і односторонній. Перший метод використовується для збільшення несучої здатності колон з центральним навантаженням, а також не центрально стиснутих з двозначними моментами, а другий – використовують при підсиленні не центрально стиснутих колонах з великим і малим ексцентриситетом.

Збільшення несучої здатності колони з допомогою розпірок пропорційно площі поперечного перерізу останніх. На основі найбільш можливого перерізу, це збільшення може доходити до 120–130 тонн, що являє собою досить велику величину.

Для попередньо напружених розпірок не потрібно застосовувати спеціальні засоби, оскільки вони закладені в самій конструкції. Це забезпечує надійне включення розпірок у спільну роботу із підсилювальною конструкцією колони, оскільки гарантує їм щільне примикання з підсилювальним елементом, досягаючи одночасно деякого розвантажування колони. Також потрібно зауважити, що при монтажі вони не потребують важких і трудомістких робіт.

Зазначені фактори роблять конструкцію з попередньо напружених розпірок підсиленням досить зручним застосуванням для простого і швидкого підсилення колон, які ми можемо побачити на рис. 2.



*Рис. 2. Підсилення центрально навантажених колон попередньо напруженими розпірками з кутників, з'єднаних стрижнями: а – верхня опора; б – нижня опора; в – встановлені, але не напружені розпірки; г – встановлені накладки із стяжних монтажних болтів; д – розпірки стягнуті, приведені у вертикальне положення і напружені; е – змонтовані розпірки зв'язані між собою з'єднувальними стрижнями*

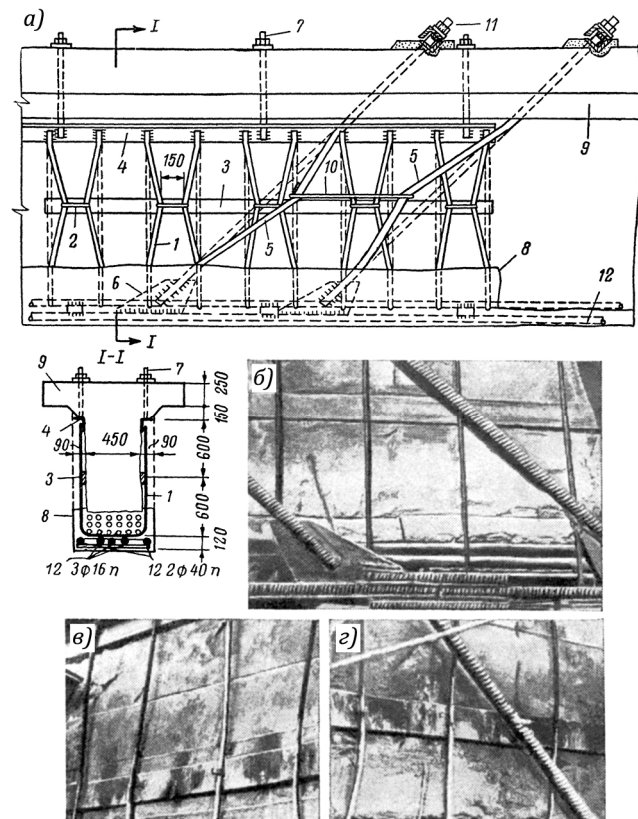
У 1948–1949 рр. інженер А. Д. Стрункін провів експериментальне дослідження залізобетонних балок, підсилені сталими шпренгелями [19].

Починаючи з 1949 р., професор Ю. І. Лозовий розробляв і впроваджував на практиці способи підсилення залізобетонних конструкцій під навантаженням. При цьому переважно існуючі конструкції підсилюють введенням нових елементів: додаткової арматури, просторових зв'язків обтиску, систем односторонніх зв'язків з початковими подовженнями або вкороченнями, які ми бачимо на рис. 3.

Напружений стан елементів підсилення створюється термічним, електротермічним чи термомеханічними способами [20, 21]. Вони виявилися найпростішими. Був розроблений спосіб підсилення згинаних залізобетонних конструкцій шляхом місцевого напруження розтягнутої і стисненої зон та створення в них напруги, зворотних за знаком напруженням від експлуатаційного

навантаження. Розроблено і випробувано способи підсилення однопролітних та багатопролітних рам уведенням термонапружуваних односторонніх зв'язків. Простота отримання напруги необхідного знака термічним (електротермічним) методом створила можливість практичного здійснення підсилення масивних неармованих конструкцій (фундаментів, резервуарів тощо).

Рис. 3. Підсилення ригелів рам попередньо напруженими поперечними і похилими стрижнями для сприйняття поперечних сил: а – проект підсилення – загальний вид; б – встановлена, але не напружена поперечна арматура; в – поперечно вертикальні напружені стрижні; г – поперечно вертикальні і похилі напружені стрижні; 1 – вертикальні попередньо напружені поперечні стрижні; 2 – стяжні болти; 3 – металева залізна смуга, в якій приварювалися напружені взаємно стягнуті стержні поз.1; 4 – четвертий верхній кутник, в якому приварювалися поперечні стрижні поз.1; 5 – відтягнуті попередньо напружені стрижні; 6 – косинки і закріплений болт; 8 – забетонована нижня частина сорочки; 9 – верхня полицка ригеля; 10 – стяжний хомут для створення напруження в стрижнях; 11 – закріплена гайка і башимак на стрижні; 12 – поздовжня арматура сорочки



Ю. І. Лозовий і Е. Р. Хило впровадив підсилення залізобетонних балок за допомогою попередньо напружених шарнірно-стрижневих ланцюгів і розвантажувальних підпружинних систем.

При цьому підсилювана конструкція передає навантаження у вигляді низки сконцентрованих сил, прикладених по всій довжині. Закономірність такого розподілу залежить від контура ланцюга і може бути вибрана заздалегідь. Підсилена конструкція перетворюється в комбіновану статичну невизначену систему і сприймає навантаження, прикладене після підсилення. Цей спосіб можна використовувати незалежно від того, чим зумовлена необхідність підсилення і що в згинаючому елементі потрібно підсилити. Найперше його рекомендують для конструкції, завантажених майже повним навантаженням, але з різними дефектами. В цьому випадку підсилення в елементах ланцюга і степінь розвантаження передбачає попередньо напружені ланцюги. Основними елементами підсилення є шарнірно-стрижневі ланцюги, анкеровані пристрої, підвіски або стійки і з'єднувальні планки. Шарнірно-стрижневий ланцюг може бути виконаний із прокатних профілів або арматурних стрижнів. У першому випадку у вузлах встановлюються напівшарніри шляхом підрізування вертикальних стінок профіля з відповідним підсиленням горизонтально гнучкими листовими накладками. Якщо ланцюг виготовлений із круглих арматурних стрижнів діаметром до 30–32 мм, вузли можна вважати шарнірними, стрижні суцільні і тільки підвіски закріплюються в вузлах шарнірно. Ланцюг складається із двох однакових, розташованих по обидва боки підсилюючої конструкції, які ми бачимо на рис. 4 [22, 23, 32].

Анкерні пристрої служать для закріплення ланцюгів на підсилювальній балці або фермі. Вони повинні бути жорсткими і забезпечувати нерухомість опорних вузлів ланцюга і шарнірно закріплених до них гілок [32].

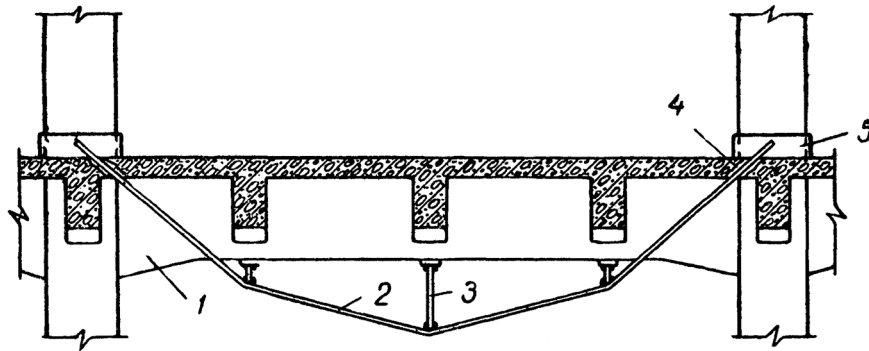


Рис. 4. Підсилення ригеля рами шарнірно-стрижневим ланцюгом:  
 1 – підсилений ригель; 2 – шарнірно-стрижневий ланцюг; 3 – стійка;  
 4 – отвір у плиті перекриття; 5 – металеві обойми анкерованих  
 пристроїв ланцюга

Завдяки простоті і надійності ці способи знайшли широке застосування на багатьох підприємствах, серед яких Дрогобицький машинобудівельний завод, Львівський арматурний завод, Рівненський завод високовольтної апаратури, Здолбунівський азбоцементний завод, Тернопільський завод електроарматури, Балаківський комбінат хімічного волокна в Саратовській області, Чаплигінський агрегатний завод, Новоярославський нафтопереробний завод та ін.

**Висновок.** Насамкінець відзначимо, що підсилення конструкції за допомогою попередньо напруженого армування перебуває у постійному розвитку, а також додамо, що переваги підсилення залізобетонних конструкцій попередньо напруженими елементами такі:

- створення економно-ефективної щодо витрати матеріалу конструкції;
- використання високоміцної сталі, застосування якої в звичайних конструкціях є недоцільним, механічні властивості її використовуються в повному обсязі, а вартість трохи вища за вартість звичайної сталі;
- застосування працюючих на розтяг мембран (тонких листів), тросів, канатів та інших гнучких елементів у конструкціях, що сприймають також стискальні зусилля;
- зменшення деформативностей (прогинів, коливань, тріщин) конструкцій;
- розширення сфери застосування прокатних профілів за рахунок зниження максимальних розрахункових зусиль;
- збільшення несучої здатності і жорсткості експлуатованої конструкції при її посиленні.

Підсумуємо, що підсилення попередньо напруженими елементами залізобетонних конструкцій є не до кінця дослідженим і потребує подальшого вивчення.

1. Бліхарський З. Я. Реконструкція та підсилення будівель та споруд: навч. посібник / З. Я. Бліхарський. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2008. – 108 с. 2. Науково-технічні проблеми реконструкції будівель і споруд / П. І. Кривошеев // Будівельні конструкції. Реконструкція будівель і споруд. Досвід і проблеми: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2001. 3. Горохов Е. В. Реконструкція промислових зданий и сооружений / Е. В. Горохов. – М.: Стройиздат, 1998. 4. Du J., Liu X. Experimental study of RC continuous beams strengthened by external prestressing Beijing: Innovation&sustainability of modern railway proceedings of ISMR, 2008. – P. 221–227. 5. Aparicio A., Ramos G., Casas J. Testing of externally prestressed concrete beams. – Barcelona: ENGINEERING STRUCTURES, 2002. – Vol. 24. – Issue1. – P. 73–84. 6. Wahab N., Soudki K., Topper T. Experimental Investigation of Bond Fatigue Behavior of Concrete Beams Strengthened with NSM Prestressed CFRP Rods. – Waterloo: journal of composites for construction, 2014. – Vol. 16. –Issue 6. – P. 684–692. 7. Kim S., Yang K., Byun H., Ashour A. Tests of reinforced concrete beams strengthened with wire rope units. – Kwangju: engineering structures, 2007. – Vol. 29. – Issue 10. – P. 2711–2722. 8. Minelli F., Plizzari G., Cairns J. Flexure and shear behavior class of RC beams strengthened by external reinforcement. – Cape Town: Concrete repair, rehabilitation and retrofittingii, 2009. – P. 377–378.

9. Онуфриев Н. М. Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений. – М. – Л., Стройиздат, 1965. 10. MBller S. Wiederherstellungsarbeiten im Eisenbetonbau // *Armierter Beton*. – 1914. – № 7. 11. Каралов Р. И. Неразрушающие методы испытание бетонов в Англии // *Бетон и железобетон*. – 1972. – № 5. 12. Freyssinet rettet dem Bau eines Rund. – “*Beton und Stahlbefonbau*”, 1959. 13. Maslowski E. Wzmocnienia konstrukcij budowlanych. Warszawa, “Arcady”, 1959. 14. Гвоздев А. А., Васильев А. П., Дмитриев С. А. Изучение сцепления нового бетона по старым. ОНТИ, 1936. 15. Литвинов И. М. Инструкция по усилению и восстановлению железобетонных конструкций методом И. М. Литвинов. – Харьков, 1948. 16. Пинаджян В. В. К вопросу усиления изгибаемых конструкций. – Ереван: Изд-во АН Арм. ССР, 1947. 17. Гвоздев А. А. Восстановление железобетонных конструкций и сооружений. – М.: Стройиздат, 1949. 18. Онуфриев Н. М. Усиление железобетонных конструкций изменением их конструктивной схемы. – Л.: Стройиздат, 1949. 19. Стрункин А. Д. Исследование работы железобетонных балок, усиленных стальными шпренгелями // *Строительная промышленность*. – 1951. – № 6. 20. Усиление строительных конструкций и технологии предвратительно напряженных железобетонных конструкций. Тезисы научно-технической конференции. Львов, 1964. 21. Лозовой Ю. И., Булиш В. И. Термический метод усиления железобетонных ригелей под нагрузкой // *Промышленное строительство*. – 1963. – № 4. 22. Лозовой Ю. И., Хило Е. Р. Усиление железобетонных балок покрытий многопролетных промышленных зданий // *Строительные конструкции*. – 1965. – Вып. 2. 23. Лозовой Ю. И., Хило Е. Р. Усиление железобетонных балок при помощи предвратительно напряженных шарнирно-стержневых разгружающих цепей // *Вестник ЛПИ. – Вопросы современного строительства*, 1966. 24. Литвинов И. М. Усиление и восстановление железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1942. 25. Шаров И. Ф. Метрострой. – 1938. – № 2. 26. Васильевский В. Ф. Методы ремонта и усиления железобетонных конструкций // *Труды ЦНИС НКПС. – Трансжелдориздат*, 1940. 27. Казей И. И. Усиление железнодорожного балочного железобетонного моста. Труды ЦНИС НКПС, Трансжелдориздат, 1940. 28. Гвоздев А. А. Восстановление железобетонных сооружений и конструкций // В кн.: “*Материалы технической конференции по восстановительному строительству*”, 1944. 29. Указания по восстановлению промышленных зданий. – Главстройпроект, 1944. 30. Михайлов В. В. Восстановление железобетонных конструкций с применением расширяющегося цемента. – М.: Стройиздат, 1945. 31. Панаджян В. В. К вопросу усиления железобетонных конструкций. – “*Строительная промышленность*”, 1948, № 3. 32. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: Госстрой СССР, 1984.

## References

1. Z. Z. Blikharskyu. *Rekonstrukciya ta pidsylennya budivel ta sporud [Rehabilitation and strengthening of buildings]: Study guide* – Lviv: Publishing House of the National University “Lviv Polytechnic”, 2008. – 108 с. 2. *Naukovo-texnichni problemy` rekonstrukciyi budivel i sporud [Scientific and technical problems of reconstruction of buildings and structures] / P. I. Kryvosheyev // Construction of the structure. Reconstruction of buildings and structures. Experience and problems. ZB. Sciences. Works. – K.: NDIBK, 2001.* 3. Goroxov E. V. *Rekonstrukciya promyshlennnykh zdanyj y sooruzhenyj [Reconstruction of industrial buildings and structures] / E. V. Goroxov – M.: Strojy`zdat, 1998.* 4. Du J., Liu X. *Experimental study of RC continuous beams strengthened by external prestressing Beijing: Innovation&sustainability of modern railway proceedings of ISMR, 2008. – Pages 221–227.* 5. Aparicio A., Ramos G., Casas J. *Testing of externally prestressed concrete beams. – Barcelona: ENGINEERING STRUCTURES, 2002. – Vol. 24. – Issue1. – P.73–84.* 6. Wahab N., Soudki K., Topper T. *Experimental Investigation of Bond Fatigue Behavior of Concrete Beams Strengthened with NSM Prestressed CFRP Rods. – Waterloo: journal of composites for construction, 2014. – Vol. 16. – Issue 6. – P. 684–692.* 7. Kim S., Yang K., Byun H., Ashour A. *Tests of reinforced concrete beams strengthened with wire rope units. – Kwangju: engineering structures, 2007. – Vol. 29. – Issue 10. – P. 2711–2722.* 8. Minelli F., Plizzari G., Cairns J. *Flexure and shear behavior class of RC beams strengthened by external reinforcement.–Cape Town: Concrete repair, rehabilitation and retrofittingii, 2009. – P. 377–378.*

9. Onufryev N. M. Usylenye zhelezobetonnykh konstrukcyj promyshlennyykh zdanyj y sooruzhenyj. [Strengthening of reinforced concrete structures of industrial buildings and structures.] – M. – L.: Strojzdat, 1965. 10. MBiller S. Wiederherstellungsarbeiten im Eisenbetonbau. – “Armierte Beton”, 1914, No. 7. 11. Karalov R. Y. Nerazrushhayushhye metody uspytanye betonov v Anglyi [Carlow R. I. Nondestructive methods for testing concrete in England. – “Concrete and reinforced concrete”] – “Beton y zhelezobeton”, 1972, No. 5. 12. Freyssinet rettet dem Bau eines Rund. – “Beton und Stahlbetonbau”, 1959, H. 9. 13. Maslowski E. Wzmocnienia konstrukcyj budowlanych. Warszawa, “Arcady”, 1959. 14. Gvozdev A. A., Vasylev A. P., Dmytryev S. A. Yzuchenye scepleniya novogo betona po starym [Study of the adhesion of new concrete to old]. ONTY, 1936. 15. Lytvynov Y. M. Ynstrukcyya po usylenyyu y vosstanovlenyyu zhelezobetonnykh konstrukcyj metodom [Manual for strengthening and rehabilitation of reinforced concrete structures by the method.] Y. M. Lytvynov. Kharkov, 1948. 16. Pynadzhyan V. V. K voprosu usyleniya yzgybaemykh konstrukcyj [To the issue of strengthening of flexible structures. Izd-vo an Arm] Yzd-vo AN Arm. SSR, Erevan, 1947. 17. Gvozdev A. A. Vosstanovlenye zhelezobetonnykh konstrukcyj y sooruzhenyj [Gvozdev A. A. Reconstruction of concrete structures and constructions] Strojzdat, 1949. 18. Onufryev N. M. Usylenye zhelezobetonnykh konstrukcyj yzmeneniyem ykh konstruktivnoy sxemy. [Strengthening of reinforced concrete structures by changing their design scheme] L., Strojzdat, 1949. 19. Strunkyn A. D. Yssledovaniye raboty zhelezobetonnykh balok, usylennykh stalnymi shprengelyami. [Study of reinforced concrete beams, reinforced steel sprengerae. – “Stroitel'naya industriya”] “Stroytelyanaya promyshlennost”, 1951, No. 6. 20. Usylenye stroitelnykh konstrukcyj y texnologyy predravitelno napryazhnykh zhelezobetonnykh konstrukcyj. Tezysy nauchno-texnycheskoj konferencyu. [Reinforcement of building constructions and technology predyavitelya suppressing concrete structures. Abstracts of scientific-technical conference] Lviv, 1964. 21. Lozovoj Yu.Y., Bulysh V. Y. Termicheskiy metod usyleniya zhelezobetonnykh rygelej pod nagruzkoj. – “Promyshlennoe stroitelstvo”, [Thermal method of strengthening reinforced concrete beams under load. – “Industrial engineering”, 1963, No. 4]. 1963, No. 4. 22. Lozovoj Yu.Y., Xylo E. R. Usylenye zhelezobetonnykh balok pokrytyj mnogoproletnykh promyshlennykh zdanyj. – “Stroytelyanye konstrukcyi”, [Strengthening of reinforced concrete beams coatings multi-span industrial buildings. – “Stroitelnye design”] 1965, вып. 2. 23. Lozovoj Yu.Y., Xylo E. R. Usylenye zhelezobetonnykh balok pry pomoshhy predravitelno napryazhnykh sharnyrno-sterzhnevyykh razgruzhayushhykh cepej. [Strengthening concrete beams with prestressed strut and node discharging circuits. – “Herald of the Institute”, No. 11. Questions of modern construction”] – “Vestnyk LPY”, No. 11. Voprosy sovremennogo stroitelstva”, 1966. 24. Lytvynov Y. M. Usylenye y vosstanovlenye zhelezobetonnykh konstrukcyj [Strengthening and restoration of concrete structures] Strojzdat, 1942. 25. Sharov Y. F. “Metrostroj”, [Metrostroy] 1938, No. 2. 26. Vasylkevskiy V. F. Metod remonta y usyleniya zhelezobetonnykh konstrukcyj [Methods of repair and strengthening of reinforced concrete structures] Works CzNY'S NKPS, Transzheldorysdat, 1940. 27. Kazej Y.Y. Usyleniye zhelezodorozhnogo balochnogo zhelezobetonnogo mosta [Strengthening the railway girder concrete bridge. Proceedings of CNIS nkps] Works CzNY'S NKPS, Transzheldorysdat, 1940. 28. Gvozdev A. A. Vosstanovlenye zhelezobetonnykh sooruzhenyj y konstrukcyj. V kn.: “Materyaly texnycheskoj konferencyu po vostanovitel'nomu stroitelstvu” [Reconstruction of reinforced concrete buildings and structures. In the book: “Materials technical conference on rehabilitation construction”] 1944. 29. Ukazaniya po vosstanovlenyyu promyshlennykh zdanyj [Guidance on the restoration of industrial buildings] Glavstrojproekt, 1944. 30. Muxajlov V. V. Vosstanovlenye zhelezobetonnykh konstrukcyj s pryimeneniyem rasshyryayushhegosya cementa. [Reconstruction of reinforced concrete structures with the use of expanding cement] Strojzdat, 1945. 31. Panadzhyan V. V. K voprosu usyleniya zhelezobetonnykh konstrukcyj. [Reconstruction of reinforced concrete structures with the use of expanding cement] – “Stroytelyanaya promyshlennost”, 1948, No. 3. 32. SNyP 2.03.01-84\*. Betonnye y zhelezobetonnye konstrukcyi [Concrete and reinforced concrete structures] – M.: Gosstroj SSSR, 1984.