

АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕНЬ ТА ПРОПОЗИЦІЙ З ВІДНОВЛЕННЯ СКЛАДНО-НАВАНТАЖЕНОЇ ДЕФОРМОВАНОЇ ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ БУДІВЕЛЬ З МОЖЛИВІСТЮ ВЛАШТУВАННЯ ВБУДОВАНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ІЗ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОНУ

DAMAGE ANALYSIS AND PROPOSALS FOR THE RESTORATION OF HEAVILY LOADED DEFORMED BRICKWORK OF BUILDINGS WITH THE POSSIBILITY OF INSTALLING BUILT-IN CIVIL DEFENSE STRUCTURES FROM STEEL CONCRETE

Семко О.В., д.т.н., професор, ORCID 0000-0002-2455-752X; **Ільченко Т.М.,** аспірант, ORCID 0000-0002-5034-3955; **Семко П.О.,** к.т.н., ORCID 0000-0002-5915-3082; **Усенко Д.В., PhD.,** ORCID 0000-0001-7133-0638; **Вахненко Г.В.,** аспірант, ORCID 0009-0006-9689-9445 (Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»)

Semko O.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, ORCID 0000-0002-2455-752X; **Ilchenko T.M.,** Postgraduates Student, ORCID 0000-0002-5034-3955; **Semko P.O.,** Candidate of Technical Sciences, ORCID 0000-0002-5915-3082; **Usenko D.V., PhD.,** ORCID 0000-0001-7133-0638; **Vakhnenko H.V.,** Postgraduates Student, ORCID 0009-0006-9689-9445 (National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»)

Виконано аналіз пошкоджень цегляних складно-навантажених конструкцій (стін, простінків, стовпів) громадської будівлі, що виникли після тривалих температурно-вологісних впливів в результаті перебування будівлі у незавершеному незаконсервованому стані. Викладено пропозиції з підвищення несучої здатності цегляної кладки.

Brick structures are a traditional and effective solution for multi-storey residential construction. Soaking and destruction of brickwork as a result of prolonged temperature and humidity effects are serious problems that arise due to various external factors. The paper analyzes the damage to brick heavily loaded structures (walls, partitions, pillars) of a public building that occurred after prolonged temperature and humidity effects as a result of the building being in an unfinished, non-preserved state. The description of typical damages to brick walls is based on the results of an inspection of an unfinished brick building that has been in a state of suspended construction

without the implementation of preservation measures for about 8 years. The building has external longitudinal load-bearing walls 510 mm thick; internal longitudinal load-bearing walls 380 mm thick; partitions between rooms 120 mm thick. At the time of the inspection, there were actually load-bearing brick walls on two floors and reinforced concrete floor panels under the first, second, and third floors. On the third floor, the brick exterior walls and internal partitions were built to a height of 1...2 meters from the top of the reinforced concrete floor slab. The main damage to the brick wall structures is their frost damage of up to 40%, which is mainly due to the different porosity of the bricks and their exposure to precipitation. The second part of the article presents proposals for increasing the bearing capacity of brickwork by means of tie clips made of 75×6 mm steel corners on 100×8 mm strips. Recommendations have been developed for the installation of these cages with their inclusion in joint work with existing brick elements. To do this, the lower end of the steel posts is installed through the distribution angle on a concrete pad, and the upper ends of the posts are brought under the distribution angle at the top of the opening or at the bottom of the floor elements. Thus, the bearing capacity of the resulting combined structures is calculated using the same algorithm as for steel and reinforced concrete structures.

Ключові слова: цегляні конструкції, температурно-вологісні впливи, пошкодження, відновлення, сталезалізобетон, несуча здатність, сховища. brick structures, temperature and humidity effects, damage, restoration, steel concrete construction, load-bearing capacity, storage facilities.

Вступ. В умовах військового стану в Україні гостро постає питання розширення фонду захисних споруд цивільного захисту населення. Досить велика кількість споруд подвійного призначення, що є одними із споруд цивільного захисту населення, мають цегляні огорожувальні конструкції. Для забезпечення несучої здатності таких стін відповідно ДБН В.2.2-5:2023 [1] необхідно виконувати їх підсилення. Вирішення вказаної проблеми вимагає від інженерів-проектувальників індивідуальних нетипових конструктивних рішень і технологій влаштування.

Аналіз останніх досліджень. Цегляні конструкції є традиційним і ефективним рішенням для багатоповерхового житлового будівництва [2]. Їх популярність обумовлена низкою важливих переваг: висока міцність, теплоізоляційні властивості, вогнестійкість та довговічність. При зведенні в тому числі громадських будівель використовують два основні підходи застосування цегляних конструкцій: несучі цегляні стіни та цегляні перегородки в каркасних будинках.

Замокання та руйнування цегляної кладки в результаті тривалих температурно-вологісних впливів є серйозними проблемами, що виникають через різні фактори зовнішнього впливу [3]. Основними причинами пошкоджень є безпосереднє потрапляння вологи, яка призводить до деградації матеріалу. Основними типовими характерними пошкодження цегляних конструкцій є [4]: похилі та хрестоподібні тріщини в простінках і глухих стінах; вертикальні тріщини в місцях сполучення повздовжніх і поперечних стін з можливим випаданням стін назовні; горизонтальні тріщини в стінах, частіше на рівні низу віконних прорізів, перемичок або у рівні обпирання перекриття; тріщини у місцях закладання залізобетонних перемичок; тріщини хаотичного напрямку в стінах, які являють собою суму перерахованих вище.

Слід відзначити, що на будівлю сумісно діють вертикальні та горизонтальні навантаження [5; 6]. До останніх відносять вітрове (зі статичною та динамічною складовими), величина якого залежить від швидкості вітру та його поривчастості. Середня швидкість вітру, тобто статична складова, зростає із висотою. Ступінь її збільшення залежить від особливостей земної поверхні, при наближенні до якої через тертя вітер загасає.

Виділення невирішеної частини поставленої проблеми. Зважаючи на вище сказане, дослідження методів відновлення [7], а також підвищення несучої здатності цегляних конструкцій на постійні навантаження від власної ваги конструкції стіни і перекриття, тимчасові навантаження на перекриття, товщини снігового покриву, а також додаткового тиску від дії ударної хвилі [8], є актуальною недостатньо дослідженою задачею.

Постановка мети і задач досліджень. Метою роботи є аналіз пошкоджень цегляних складно-навантажених деформованих конструкцій (стіл, простінків, стовпів) громадської будівлі, що виникли після тривалих температурно-вологісних впливів в результаті перебування будівлі у незавершеному незаконсервованому стані, а також розробка пропозицій з підвищення несучої здатності цегляної кладки.

Виклад основного матеріалу. Цегляні конструкції, що підлягали аналізу, розташовані у громадській будівлі у м. Полтава. Будівля, згідно з наданими проектними кресленнями проектувалася висотою в 5 поверхів з технічним підвальним приміщенням. Будівництво будівлі зупинилося 8 років тому. Весь цей період будівля знаходилася у незаконсервованому вигляді та підлягала впливам зовнішнього середовища. Загальний вигляд фасадів будівлі на момент обстеження (літо 2024 року) показано на рисунку 1.



Рис. 1 – Загальний вигляд фасадів громадської будівлі

Обстежувана будівля має коридорну планувальну схему з 4 поздовжніми несучими стінами, розрахованими під максимальну кількість офісних приміщень. Лише в районі вхідної групи та фойє розташовані поперечні стіни. Висота поверху 3,3 м.

В зв'язку зі складними інженерно-геологічними умовами та зміненним високим рівнем ґрунтових вод фундаменти виконано пальові з монолітним залізобетонним ростверком та монолітний залізобетонний пояс під панелі перекриття на кожному поверсі. Стіни підвальної частини – з бетонних блоків ФБС-24-5-6 висотою 1,2-1,3 м. Слід зазначити, що при попередньому огляді (весна 2024 року) рівень ґрунтових вод сягав позначки – 0,4, тобто лише трохи нижче рівня землі. При обстеженні в серпні 2024 рівень ґрунтових вод упав до – 2,0 м (судячи зі зливових колодязів на території об'єкту).

Зовнішні поздовжні несучі стіни мають товщину 51 см (в 2 цеглини). Внутрішні поздовжні несучі стіни мають товщину 38 см (в 1,5 цеглини). Кути примикання цегляних стін згідно з кресленнями – армовані 3 ВР1 100×100 мм через три ряди кладки. Перегородки між приміщеннями – в 0,5 цеглини (12-15 см) товщиною.

Фактично наявні несучі цегляні стіни двох поверхів (першого та другого) та залізобетонні панелі перекриття під першим, другим та третім поверхами. На третьому поверсі стіни виконані вище перемичок над вікнами на 3 ряди цегли. Фасад третього поверху по одному з фасадів відсутній, також відсутні внутрішні стіни та стіни ліфтової шахти. Перегородки або відсутні частково, або частково зруйновані невідомими зловмисниками. Армування стиків стін відповідає проєкту. Відсутній монолітний залізобетонний пояс над першим поверхом.

Залізобетонні сходи бічні – збірні по сходовим майданчиками, центральні сходи – набірні по сталевим косоурам.

Основний чинник, що викликав практично всі пошкодження – це незавершеність будівельних конструкцій обстежуваної будівлі, що привело до тривалого впливу атмосферних опадів та морозобійного руйнування цегляних (див. рис. 2) і залізобетонних конструкцій. Морозобійне

руйнування цегляної кладки обумовлено різною пористістю цегли (див. рис. 3) та незахищеністю від атмосферних опадів.

Результатом морозобійного руйнування є зменшення перерізу стін (до 60 мм) та зменшення міцності цегли, що в комплексі знижує несучу здатність стін до 40% і потребує підсилення. До таблиці 1 результати неруйнівних випробувань цегли цегляної кладки, що проводилися на відповідність ДСТУ Б В.2.7-61:2008 (EN 771-1:2003, NEQ) Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові та лицьові. Технічні умови. п. 5.3. 2.3 Випробування проводились згідно ДСТУ Б В.2.7-248:2011 (ГОСТ 8462-85, MOD) Матеріали стінові. Методи визначення границі міцності при стиску і згині.

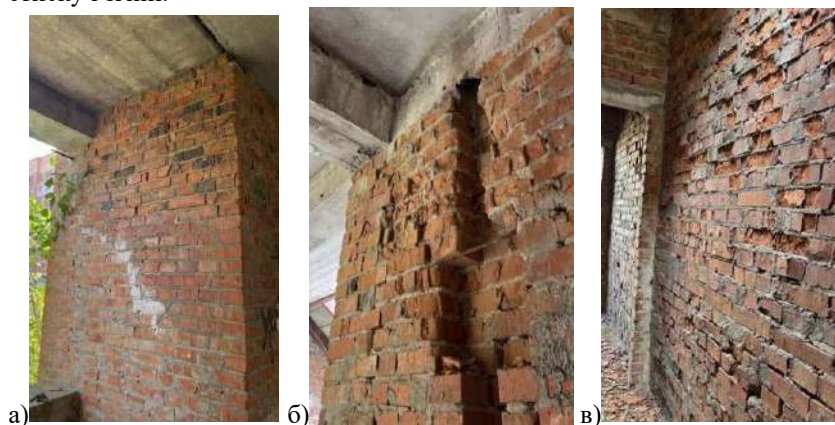


Рис. 2 – Морозобійне руйнування цегляних конструкцій стін



Рис. 3 – Причини пришвидшення морозобійного руйнування цегляної кладки:
а) різна пористість цегли; б) незахищеність від атмосферних опадів

На рисунку 4, а показано загальний вигляд рішення підсилення пошкоджених морозобійним руйнуванням цегляних стовпів. Порядок встановлення сталевих обойми цегляних стовпів:

- очистити верхню площину плити перекриття підвального поверху до "живого" бетону. На підготовлену поверхню вкладається вирівнюючий шар ц/п розчину, на який встановлюються з притиском сталеві опорні кутики;
- під з/б плиту перекриття 1-го поверху підводяться інші чотири сталеві опорні кутики 75×8 мм, заповнивши простір між кутиками і бетонним перекриттям цементно-піщаним розчином марки М100. Допускається тимчасово закріпити кутики саморозпірними дюбелями;
- із кутиків 75×8 мм та пластин $t = 8$ мм і $b = 100$ мм виготовляються "драбинки". "Драбинки" встановлюють до колони, приваривши нижні кінці до опорних кутиків на з/б плиту перекриття підвального поверху, а верхні кінці - до опорних кутиків під з/б плитами перекриття 1-го поверху;
- до встановлених у вертикальне прямолінійне положення драбинок приварюються смужки $t = 8$ мм і $b = 100$ мм із обох менших сторін колони.

Таблиця 1

Результати неруйнівних випробувань цегли цегляної кладки

№ Пункту ДСТУ Б В.2.7-61	Найменування показників	Значення показників згідно НД на продукцію	Фактично одержані результати випробувань	Нормативний документ на метод випробування, пункт НД	Похибки засобів вимірювання або методів випробувань
Марка виробу М125					
п. 5.3	Границя міцності при стиску: середня для 5 зразків, МПа	12,5	12,9	ДСТУ Б В.2.7- 248	±10 Н
	найменша для окремого зразка, МПа	10,0	10,9	ДСТУ Б В.2.7- 248	±10 Н
	Границя міцності при згині: середня для 5 зразків, МПа	2,5	2,7	ДСТУ Б В.2.7- 248	±10 Н
	найменша для окремого зразка, МПа	1,2	1,3	ДСТУ Б В.2.7- 248	±10 Н

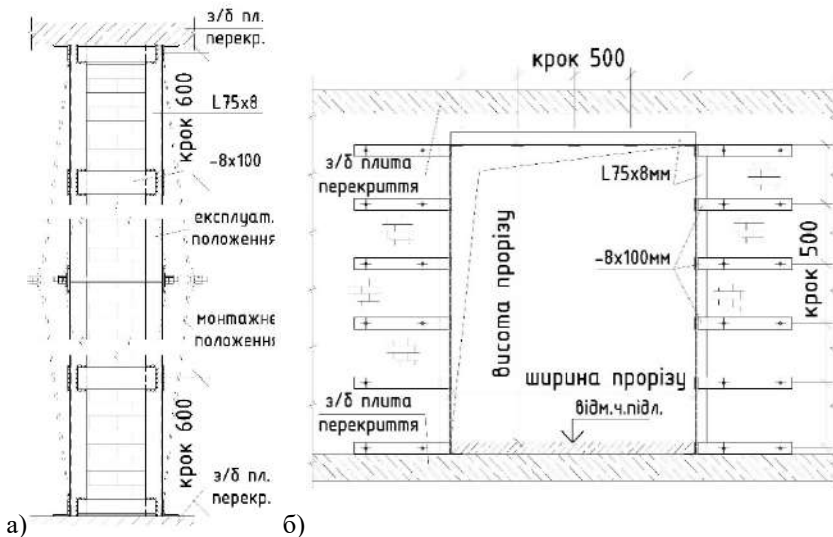


Рис. 4 – Загальний вигляд рішень підсилення пошкоджених цегляних стовпів (а) та цегляних конструкцій по периметру прорізів (б)

На рисунку 4, б показано загальний вигляд рішення підсилення цегляних конструкцій по периметру прорізів. Порядок встановлення елементів:

- з обох боків стіни видалити пошкоджений шар до "живої" цегли кладки;
- встановити стійки сталевих обойм (кутики 75×6 мм) у проектне положення; низ стійок має спиратися на горизонтальний кутик, укладений в притиск на ц/п розчині марки М100 на бетонну плиту перекриття. До стійок приварити поздовжні та поперечні планки. У стіні просверлити отвори для влаштування поперечних тяжів між поздовжніми планками та стягнути планки тяжами. Обетонувати нижні опорні кутики;
- виготовити "драбинку" з 2-х кутиків і поперечних планок, орієнтуючись на ширину прорізу. Підвести "драбинку" під пошкоджену перемичку прорізу та приварити впритиск опорний горизонтальний поперечний кутик.

Після встановлення сталевих елементів підсилення виконати антикорозійний захист встановлених сталевих конструкцій. Після проведення підсилення пошкодженої цегляної колони, роздрібнену та відколоту цегляну кладку необхідно видалити. Потім зволожити пошкоджену цегляну кладку, що підлягає захисту. Підготовлену поверхню замонолітити бетоном класу С20/25 із ретельним ущільненням або заторкретувати цементно-піщаним розчином марки М200 по арматурній сітці Ø3мм ВІ з коміркою 100х100мм до проектних розмірів.

Висновки. Цегляні конструкції є традиційним і ефективним рішенням для багатоповерхового житлового чи громадського будівництва. За результатами аналізу пошкоджень цегляних складно-навантажених конструкцій (стін, простінків, стовпів) на прикладі громадської будівлі, що виникли після тривалих температурно-вологісних впливів в результаті перебування будівлі у незавершеному незаконсервованому стані, визначено, що основним пошкодженням цегляних конструкцій стін є їх морозобійне руйнування до 40%, що переважно обумовлено різною пористістю цегли та незахищеністю від атмосферних опадів. У другій частині статті викладено пропозиції з підвищення несучої здатності цегляної кладки з метою забезпечення захисних вимог до огорожувальних конструкцій споруд цивільного захисту шляхом встановлення стяжних обойм зі сталевих кутиків на планках. Викладені рекомендації з встановлення вказаних обойм із включенням їх в сумісну роботу із існуючими цегляними елементами, відрізняються тією особливістю, що нижній кінець сталевих стійок встановлюють через розподільчий кутик на бетонну подушку, а верхні кінці стійок підводяться під розподільчий кутик по верху прорізу чи низ елементів перекриття з послідуємим температурним чи механічним натягом стійок. Несучу здатність складно навантажених деформованих утворених комбінованих конструкцій на навантаження від власної ваги конструкцій стіни і перекриттів, тимчасових навантажень на перекриття та покрівлю, а також додаткового тиску від дії ударної хвилі слід визначати за алгоритмом, як для композитних сталезалізобетонних конструкцій.

Робота виконана в рамках науково-технічної роботи «Ресурсоощадні технології прискореного відновлення пошкоджених будівель із влаштуванням захисних споруд цивільного захисту», яка фінансується за рахунок коштів державного бюджету України (держ. реєстр. № 0125U000895).

1. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. [Чинний з 01-11-2023]. К.: Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. 115 с.

DBN V.2.2-5:2023. Zakhysni sporudy tsyvil'noho zakhystu. [Chynnyy z 01-11-2023]. K.: Ministerstvo rozvytku hromad, terytoriy ta infrastruktury Ukrainy, 2023. 115 s.

2. Robert G.D., Ahmad A.H.. Masonry structures behavior and design. Poland: The masonry society. 2013. 480 p.

3. Семко О.В., Гасенко А.В. Небажаний перерозподіл зусиль в пошкоджених будівельних конструкціях та заходи щодо його усунення. Тези допов. Всеукр. наук.-пр. форуму «ПЕРЕМОЖЕМО – ВІДБУДУЄМО!». Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2022. С. 91-93.

Semko O.V., Hasenko A.V. Nebazhanny pererozpodil zusyil' v poshkodzhenykh budivel'nykh konstruktsiyakh ta zakhody shchodo yoho usunennya. Tezy dopovidey Vseukr. nauk.-pr. forumu «PEREMOZHEMO – VIDBUDUYEMO!». Dnipro : DVNZ PDABA, 2022. S. 91-93.

4. Довженко О.О., Погрібний В.В., Усенко Д.В. Дефекти і пошкодження кам'яної кладки. Тези 69-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Полтава: ПолтНТУ, 2017. С. 28-30.

Dovzhenko O.O., Pohribnyy V.V., Usenko D.V. Defekty i poshkodzhennya kam'yanoyi kladky. Tezy 69-oyi naukovoyi konferentsiyi profesoriv, vykladachiv, naukovykh pratsivnykiv, aspirantiv ta studentiv universytetu. Poltava: PoltNTU, 2017. S. 28-30.

5. Akshay G., Vaibhav S. Strengthening of Con-fined Masonry Structures for In-plane Loads: a Review. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. 936. 012031.

6. Usenko D., Dovzhenko O., Pohribnyi V., Zyma O. Masonry strengthening under the combined action of vertical and horizontal forces. Proceedings of the 2020 session of the 13th fib International PhD Symposium in Civil Engineering, 2020. p. 193-199. https://phdsymp2020.sciencesconf.org/data/pages/Proceedings_phdsymp_2021.pdf

7. Соловйов В., Довженко О., Погрібний В., Усенко Д. Відновлення експлуатаційної придатності кам'яної кладки, пошкодженої в умовах надзвичайних ситуацій. Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій: колективна монографія. Полтава – Львів, 2022. С. 485-496. <https://doi.org/10.23939/monograph2022>

Solovyov V., Dovzhenko O., Pohribnyy V., Usenko D. Vidnovlennya ekspluatatsiynoyi prydatnosti kam'yanoyi kladky, poshkodzhenoї v umovakh nadzvychaynykh sytuatsiy. Podolannya ekolohichnykh ryzykiv ta zahroz dlya dovkillya v umovakh nadzvychaynykh sytuatsiy: kolektyvna monohrafiya. Poltava – L'viv, 2022. S. 485-496. <https://doi.org/10.23939/monograph2022>

8. Філіпчук С.В., Налєпа О.І., Голуб А.О., Баран Д.Я. Аналіз існуючих архітектурно-конструктивних рішень захисних фортифікаційних споруд. Зб. наук. пр. «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». Рівне : НУВГтаП, 2023. Вип. 43. С. 228–237. DOI: <https://doi.org/10.31713/budres.v0i43.25>

Filipchuk S.V., Nalepa O.I., Holub A.O., Baran D.Ia. Analiz isnuuychkh arkhitekturno-konstruktyvnykh rishen zakhysnykh fortyfikatsiinykh sporud. Zb. nauk. pr. «Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy». Rivne : NUVHtaP, 2023. Vyp. 43. S. 228–237. DOI: <https://doi.org/10.31713/budres.v0i43.25>