

УДК 624.07

АНАЛІЗ ДЕСТРУКЦІЙ І МЕТОДІВ ПІДСИЛЕННЯ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПАНЕЛЕЙ ПЕРЕКРИТТІВ

Аспіранти К. О. Бінкевич, А. В. Володимиров, А. В. Колчанов

ANALYSIS OF DESTRUCTIONS AND STRENGTHENING METHODS OF PRECAST REINFORCED CONCRETE FLOOR PANELS

Postgraduate student K. Binkevych, Postgraduate student A. Volodymyrov,
Postgraduate student A. Kolchanov

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.208.2024.308565>



Анотація. У статті наведено результати натурального обстеження панелей перекриттів багатопверхових будинків мікрорайону Північна Салтівка 3 в м. Харкові. Проаналізовані основні деструкції, на базі яких надано градацію ступенів пошкодження. Виокремлено категорії пошкоджень, за яких доцільно виконувати роботи з підсилення. Також у статті розглянуто найбільш поширені способи підсилення деструктурованих залізобетонних перекриттів і наведено прототип конструкції для розроблення конструктивного рішення з відновлення пошкоджених панелей перекриттів.

Ключові слова: великопанельні будинки, деструкції, панелі перекриттів, типова серія.

Abstract. *Currently, there is a high demand in Ukraine for the rapid restoration of buildings destroyed and damaged as a result of Russian armed aggression, as most people, despite active shelling of cities (especially those close to combat zones) and consequent constant danger, want to return to their homes. Due to military aggression to over 160,000 buildings in Ukraine got extensive damage, with nearly 20,000 high-rise residential structures being built using large-panel construction. The challenges of restoration include unpredictable structural failures and the economic feasibility of repair methods.*

Recent studies on building restoration in Ukraine due to military damage have emerged only in recent years, with a focus on panel buildings being notably absent in international literature. Given the current situation, domestic research primarily addresses the inspection methodologies and classification of war-related damages, offering preliminary assessments but limited restoration recommendations.

In this paper, the authors focused on the panel construction of Kharkiv city, as these buildings account for the most destruction among residential buildings. The assessment of damage to panel slabs of multi-story residential buildings focusing on the heavily affected North Saltivka district due to artillery shelling and rocket strikes is discussed. Despite occupying only 9 % of the area, residential buildings in North Saltivka sustained significant damage, with 70 % affected. Construction in the area consists mainly of precast concrete panel buildings of various heights and designs. Damage severity varies, ranging from minor cracks to complete structural failure, influencing repair and reinforcement strategies. The assessment involves on-site inspections and categorizes damage levels to determine the buildings' suitability for repair or replacement. Based on numerous inspections of panel buildings, in which the authors of the article directly participated, it was possible to identify a gradation of the degree of damage to the panels of multi-storey buildings. As a result of summarizing the obtained information, three categories of panels with acceptable damage for restoration were identified.

An analysis of existing methods for reinforcing such structures allowed the selection of a prototype for detailed development of a structural solution to restore the load-bearing capacity of such panels. In the future, the authors of the article will focus on improving the described structural solution and developing a step-by-step technology for its implementation.

Keywords: *large-panel system houses, destruction, floor panels, typical series.*

Вступ. В Україні станом на січень 2024 р. після вторгнення, обстрілів і воєнних дій, здійснюваних російською федерацією, зруйновано та пошкоджено більше 160 тис. будівель і споруд [1]. Майже 20 тис. із них – багатоповерхові житлові будинки, виконані, зокрема, за технологією великопанельного будівництва. Значна кількість будівель має масштабні пошкодження у вигляді обвалення частини будівлі від покриття до фундаментів (рис. 1, а). Окремий клас складних завдань становлять питання відновлення пошкоджень, пов'язаних із руйнуваннями основних несучих конструкцій окремих поверхів внаслідок влучання і детонування снарядів (рис. 1, б). Такі пошкодження мають

непередбачуваний характер, оскільки можуть призвести до подальшого руйнування та катастрофічних наслідків у будь-який момент. Тому необхідність підсилення аварійних конструкцій виникає задовго до початку глобальних відновлювальних робіт. Під час відновлення будівлі проектом не завжди передбачено демонтаж розташованих вище конструкцій і заміну їх новими, оскільки такі роботи підвищують кінцеву вартість ремонту і збільшують час і трудомісткість. Виникає необхідність підсилення, а іноді й дублювання пошкоджених несучих елементів в умовах, наближених до наявних архітектурних планувальних і техніко-економічних показників будівлі.

Як зазначено вище, великий відсоток багатоквартирних житлових будинків, що підлягають відновленню, припадає на панельні будинки. Це інженерне рішення передбачало будівництво житлових будинків із великоформатних залізобетонних панелей заводського виготовлення за серійними типовими проектами. Такий вид будівництва був зорієнтований на індустріалізацію будівництва і давав змогу отримати мінімальну собівартість квадратного метра житла за високих темпів будівництва. Прикладом масової забудови за типовими проектами є місто Харків – великопанельні житлові будинки в усіх районах міста.

Внаслідок дії надмірних позাপроєктних навантажень, викликаних впливом вибухових хвиль та обваленням розташованих вище конструкцій, елементи панельних будинків зазнають значних пошкоджень і стають непридатними до

подальшої експлуатації. Зокрема, в пошкоджених перекриттях при обстеженні спостерігають тріщини в розтягнутій нижній зоні, в середині прольоту і вертикальні прогини, що перевищують нормативні значення. Несуча здатність таких конструкцій значно знизилась і не відповідає експлуатаційним вимогам. Відновлення стін таких будинків є простішим завданням, ніж відновлення перекриттів, адже через незначну товщину панелей перекриття заміна їх збірними багатопустотними плитами призводить до зменшення корисної висоти приміщення або нестикування підлоги приміщення з рівнем сходової клітки. Використання монолітного перекриття призводить до суттєвого здорожчання конструкції та збільшення строків відновлення. Тому відновлення панелей перекриттів там, де це можливо, – найбільш раціональне рішення.



Рис. 1. Приклади руйнування панельної забудови міста Харків:
а – обвалення несучих конструкцій будівлі від рівня покрівлі до фундаментів; б – руйнування несучих конструкцій 4-6 поверхів

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ураховуючи особливості ситуації, що склалася зараз в Україні, слід зазначити, що дослідження, присвячені відновленню будівель внаслідок впливу бойових дій, почали появлятися у вітчизняній літературі лише в останні два роки. Якщо ж брати до уваги відновлення власне панельних будинків, пошкоджених вибуховим впливом або дією засобів ураження, то такі дослідження відсутні в закордонних джерелах. Більшість публікацій вітчизняних авторів до 24 лютого 2022 р. [2, 3] і сучасних закордонних публікацій [4-6] присвячено модернізації панельних будинків внаслідок морального та фізичного зносу або необхідності термомодернізації. В останні роки з'являються також роботи, у яких розглянуто залучення сучасних ВІМ-комплексів [7] і нейромереж [8] для оцінювання технічного стану великих житлових масивів. Аналізуючи публікації вітчизняних авторів, слід зазначити, що вони переважно присвячені методикам обстеження будинків [9, 10], пошкоджених внаслідок військової агресії, і класифікації отриманих пошкоджень. У роботі [11] висвітлено проблеми визначення технічного стану будинків, що зазнали пошкоджень у Київській області, наведено градацію і детальний опис прикладів найбільш поширених пошкоджень. Разом із тим самим автором зазначено, що стаття має оглядовий характер для ознайомлення читачів із масштабами проблеми, але не дає рекомендацій щодо подальшого відновлення пошкоджених споруд.

У дослідженні [12] наведено рекомендації з обстеження та відновлення експлуатаційної придатності власне панельних будинків на базі узагальненого досвіду обстеження пошкоджених будинків у містах Києві та Чернігові, а також Київській області. Автори надають покрокові рекомендації з обстеження панельних будинків з I та II категоріями технічного стану згідно з роботою [13], а

також класифікують п'ять основних видів пошкоджень їхніх несучих конструкцій. У статті також наведено і деякі рішення з укріплення пошкоджених панелей при проведенні протиаварійних робіт.

Робота [14] відображує результати оцінювання технічного стану будівель, пошкоджених внаслідок бойових дій по всій території України. У дослідженні на конкретних прикладах розглянуто два основні випадки впливу воєнних дій: перший – влучання поряд із будівлею; другий – пряме влучання в будівлю або вибух великої потужності поряд із будівлею. За результатами дослідження зазначено, що найбільш стійкими до впливу воєнних дій слід вважати каркасно-монолітні будівлі, у той час як найменш стійкими названо панельні будинки. Автори зазначають, що загальний характер пошкоджень не залежить від типу будівлі та спрямованості влучання – безпосередньо в будівлю чи поруч із нею. Разом із тим для кожного типу будівель можна зазначити притаманні лише їм дефекти і пошкодження.

У проаналізованих роботах, на жаль, відсутня інформація про конкретні конструктивні рішення з відновлення пошкоджених елементів будівель. Частково це визначено тим, що попри велику кількість зруйнованих будівель кожен конкретний випадок руйнування все ж таки є унікальним, і вибір конструктивних рішень багато в чому визначений територією розташування об'єктів і, як наслідок, можливістю використання тієї чи іншої техніки, технологій і матеріалів. Крім того, використовувані рішення багато в чому залежать від «традицій будівництва» і технічних можливостей безпосередніх виконавців робіт, адже в роботах із відновлення задіяні сотні компаній різного рівня. У цьому дослідженні зроблено спробу класифікувати пошкодження панелей перекриттів багатоповерхових панельних будинків і надати універсальне конструктивне рішення з їхнього

відновлення, яке можна масштабувати в пошкоджених будівлях по всій Україні.

Визначення мети і завдання дослідження. Метою роботи є аналіз пошкоджень перекриттів великопанельних житлових будинків, отриманих внаслідок впливу об'єктів ураження та вибухових хвиль, та ефективних методів підсилення. Об'єкт дослідження – збірні залізобетонні панелі перекриттів з деструкціями різного характеру. Завдання дослідження:

- проаналізувати наявний досвід обстеження та підсилення плит перекриттів різної конструкції;

- класифікувати наявні пошкодження панелей перекриттів багатоповерхових будинків, отримані внаслідок військової агресії рф.

Основна частина дослідження. Для оцінювання ступеня пошкоджень панелей

перекриттів багатоповерхових житлових будинків розглянуто район Харкова, який найбільше постраждав від артилерійських обстрілів і ракетних ударів від початку повномасштабного вторгнення, – Північна Салтівка, розташований за 25 км від кордону з російською федерацією. З початку війни цей район зазнав великої кількості обстрілів, тому найбільша кількість пошкодженої панельної забудови припадає саме на нього. Уся Північна Салтівка має площу 64056 м², з яких житлова забудова – 9 % ділянки, проте з них 70 % будинків – пошкоджені або зруйновані. Найбільшого удару зазнав мікрорайон Північна Салтівка 3, де вцілілих залишилося лише шість будинків [15] (рис. 2) з 32 (27 з них – це житлові будинки, 4 – будівлі навчальних закладів, один медичний заклад).

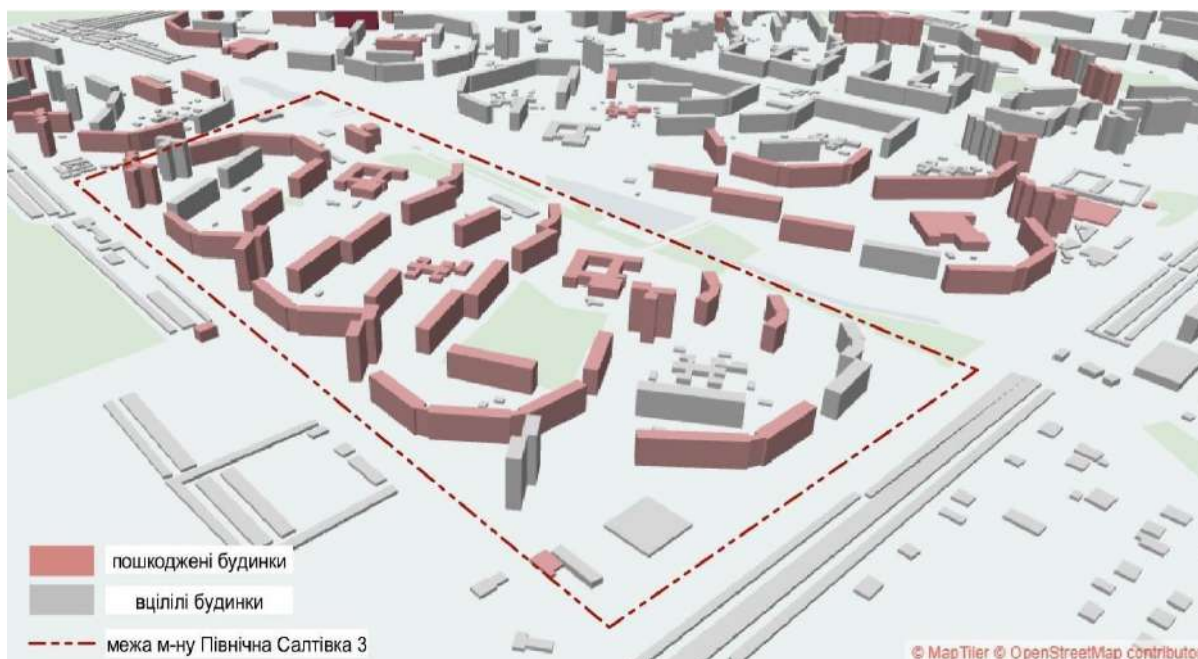


Рис. 2. Схема пошкоджених будинків Північної Салтівки 3

Щодо конструктивного рішення житлових будинків мікрорайону, то всі вони зведені за типовими серіями зі збірних залізобетонних елементів заводського виготовлення – панелей. Це переважно 9-,

12- і 16-поверхові будинки, розроблені в різний час у Харкові, що несуттєво відрізняються модульними блоками. Разом із тим принципи загальної будівельної структури однакові для всіх типологій.

Внутрішні і зовнішні стіни будівель – несучі, висотою 3.0 м, довжина ж змінюється від 3.0 до 6.0 м (залежно від серії будівлі). Одиночні збірні панелі формують підлогу, навантажуючи стіни, і з'єднані горизонтально за допомогою так званого платформного стику для утворення єдиних дисків перекриттів. Таке стикування передбачає передавання вертикальних стискальних навантажень через опорні ділянки плит перекриттів і два горизонтальні шви з цементно-піщаного розчину. Додаткові елементи формують блоки балконів і сходів. Розглядаючи

будинки Північної Салтівки 3, можна виокремити будівлі, виконані за 162 і 163 типовими серіями та серією II-57 (рис. 3).

Ступінь пошкодження згаданих будинків відрізняється. Лише на декількох будинках можна помітити вибиті вибуховою хвилею вікна або посічені осколками фасади, більшість же будівель зазнали прямих влучань об'єктів ураження, у результаті чого зруйновані окремі поверхи, під'їзди та цілі секції, як було раніше показано на рис. 1. Отже, і ступінь пошкодження панелей перекриттів також варіюється.



Рис. 3. Типологія будинків Північної Салтівки 3 за типовими серіями [16]

Ступінь пошкодження будівель визначено шляхом детального обстеження на місці. Оцінювання потреби в ремонті або підсиленні будівельних конструкцій з метою відновлення або підвищення їхньої несучої здатності та експлуатаційної придатності базовано на даних, зібраних під час інспекції їх відповідно до вимог ДСТУ-Н Б В.1.2-18 [13], а також результатів перевірочних розрахунків, проведених відповідно до вимог нормативних документів [17]. Стан придатності об'єкта до подальшої експлуатації визначено на основі технічного стану окремих конструкцій:

«нормальний», «задовільний», «непридатний для нормальної експлуатації», «аварійний». У випадку, коли технічний стан конструкцій виявлено непридатним для нормальної експлуатації, передбачено виконання ремонту або підсилення у звичайному порядку. За аварійного стану вживають заходи для того, щоб уникнути перебування людей у зоні ризику, ремонтують або підсилюють конструкції з попереднім запобіганням їхньому раптовому руйнуванню; як варіант, розглядають заміну аварійних конструкцій або демонтаж об'єкта в цілому (залежно від

ступеня пошкоджень і безпеки проведення ремонтних робіт).

Якщо проаналізувати ступені пошкодження панелей перекриттів будинків на Північній Салтівці 3, то можна виділити таку градацію.

Перший ступінь (рис. 4) – слабкі пошкодження, зниження несучої здатності

до 15 %. Міцність бетону відповідає проектній. Зміна кольору за впливу пожежі незначна – сажа та кіптява на поверхнях. При простукуванні молотком захисний шар відколюється по кутах на глибину трохи більше 10 мм. Волосяні тріщини на поверхні бетону вздовж робочої арматури. Локальні пошкодження захисного шару арматури.



Рис. 4. Фотофіксація панелей перекриттів зі ступенем пошкодження 1

Другий ступінь (рис. 5) – середні пошкодження, зниження здатності до 35 %. Міцність бетону відповідає проектній. Зміна кольору за дії пожежі незначна – до рожевого відтінку. При простукуванні молотком захисний шар відколюється по

кутах на глибину трохи більше 20 мм. На поверхні розтягнутої зони бетону видно сітку неглибоких температурно-збіжних тріщин шириною розкриття до 1 мм. Прогин плити не перевищує нормативний.



Рис. 5. Фотофіксація панелей перекриттів зі ступенем пошкодження 2

Третій ступінь (рис. 6) – сильні пошкодження, зниження здатності до 50 %. Міцність бетону відповідає проєктній. Зміна кольору за дії пожежі незначна – від рожевого до світло-жовтого. При простукуванні молотком захисний шар відколюється по кутах на глибину трохи більше 20 мм. На поверхні бетону видно глибокі тріщини шириною розкриття до

2 мм. Конструкція отримала прогин близький до допустимого або трохи вищий за допустимий.

Четвертий ступінь (рис. 7) – аварійний стан конструкції. Тріщини шириною розкриття 3-5 мм, оголення робочої арматури, тріщини в стиснутій та опорній зоні. Прогини перевищують 1/50 прольоту, що спричинено плинністю арматури.



Рис. 6. Фотофіксація панелей перекриттів зі ступенем пошкодження 3



Рис. 7. Фотофіксація панелей перекриттів зі ступенем пошкодження 4

П'ятий ступінь (рис. 8) – повна втрата несучої здатності, обумовлена втратою стійкості, роздавлюванням бетону, порушенням анкерування, оголенням і розривом робочої арматури.

Узагальнена наведена вище інформація подана в таблиці, де наведені найпоширеніші деструкції панелей

перекриттів і позначено допустимість наявності тих чи інших пошкоджень для різних ступенів. У таблиці не враховано допустимі межі деструкцій, вказано лише факт їхньої наявності або відсутності (де х означає, що наявність деструкції не допускають, \sqrt – допускають).



Рис. 8. Фотофіксація панелей перекриттів зі ступенем пошкодження 5

Таблиця
Відповідність характерних деструкцій різним ступеням пошкодження панелей

Характерні деструкції	Ступені пошкодження панелей				
	Ступінь 1	Ступінь 2	Ступінь 3	Ступінь 4	Ступінь 5
Сколювання бетону	√	√	√	√	√
Зниження несучої здатності	√	√	√	√	√
Волосяні тріщини	√	√	√	√	√
Зміна кольору бетону	x	√	√	√	√
Тріщини з розкриттям > 1 мм	x	x	√	√	√
Ненормативні прогини	x	x	√	√	√
Непроектна марка бетону	x	x	x	√	√
Оголення робочої арматури	x	x	x	√	√
Розрив робочої арматури	x	x	x	x	√

Як видно з наведених світлин руйнувань, опису пошкоджень, що характеризують кожен зі ступенів, і узагальненої таблиці, виконувати роботи з підсилення допустимо тільки в тому випадку, якщо пошкодження панелей перекриттів відповідають ступеням 1-3.

У випадку, коли технічний стан конструкції аварійний (ступені 4-5), можливим є тільки повний демонтаж конструкції з її наступною заміною.

Підсилення залізобетонних плит перекриттів рекомендовано виконувати нарощуванням перерізів або влаштуванням розвантажувальних елементів у верхній або нижній зонах плити. Зокрема, підсилення плит перекриттів нарощуванням перерізів здійснювано:

- влаштуванням залізобетонного нарощування плити знизу з застосуванням сталевих смуг або арматурних сіток, прикріплених на анкерних болтах крізь

просвердлені в плиті отвори чи іншим способом з наступним торкретуванням;

- улаштуванням залізобетонного нарощування плити згори з анкерами або шпонками для зчеплення нового бетону зі старим.

Підсилення плит перекриттів встановленням розвантажувальних елементів здійснюють:

- встановленням напружених розвантажувальних шпренгелів зі стрижневої арматури в поздовжніх і похилих борознах із анкерними пристроями і натяжними гайками;

- підведенням розвантажувальних металевих балок із підвіскою на опорні ділянки за допомогою стяжних болтів і підклинювання.

З метою більш повного включення в сумісну роботу елементів підсилення з наявними плитами, рекомендовано на період виконання робіт плити піддомкращувати або забезпечувати їхнє розвантаження.

Вибір методів підсилення визначають не лише на основі технічного стану конструкції, але і з урахуванням техніко-економічних показників та естетичності того чи іншого рішення. Адже наявність виступаючих елементів, наприклад на стелях, потребує додаткових витрат на декорування та зменшує чистову висоту приміщення, яка в панельній забудові і так обмежена. Проаналізувавши пошкодження панельної забудови та власне перекриттів, найбільш актуальним методом підсилення ми вважаємо нарощування верхньої стиснутої зони плити, але в такий спосіб, щоб за допомогою тимчасового розвантажувального нижнього армування було забезпечено проєктне положення перекриття і улаштування бетонного елемента нарощування. Після набрання бетоном плити нарощування допустимо виконати демонтаж нижнього тимчасового армування. Подібне рішення було реалізоване за реконструкції будівлі Регіонального центру надання адміністративних послуг в

м. Харкові в 2017 р. Проєктом було передбачено виконання монолітної плити нарощування з використанням самоущільнюваного бетону [18] поверх наявних збірних круглопустотних плит перекриттів. Забезпечення сумісної роботи реалізовано шляхом установаження каркасів між поздовжніми ребрами плит і з'єднання їх із верхньою сіткою, а також засвердлювання збірних ригелів і з'єднання їх із армуванням плити нарощування за допомогою хімічних анкерів (рис. 9).

Таке рішення дало змогу збільшити корисне навантаження на плити каркаса до 1000 кг/м^2 . Це підсилення продемонструвало свою ефективність, адже на сьогодні будівлю після реконструкції успішно експлуатують уже сім років. Крім того, матеріаломісткість реалізованого підсилення дуже низька, зокрема витрати арматури склали $2,5 \text{ кг/м}^2$, а бетону – $0,06 \text{ м}^3/\text{м}^2$. Отже, пріоритетним напрямом для подальшого дослідження є розроблення конструктивного рішення підсилення саме у вигляді монолітної плити нарощування в стиснутій зоні панелей перекриттів.

Висновки. На сьогодні в Україні існує великий запит на швидке відновлення будівель, зруйнованих і пошкоджених внаслідок збройної агресії РФ, адже більшість людей, незважаючи на активні обстріли міст (особливо близько розташованих до зон бойових дій) і, як наслідок, постійну небезпеку, бажають повернутися у власні домівки. Через нинішню ситуацію серед вітчизняних наукових досліджень почали з'являтися роботи, присвячені питанням обстеження та відновлення пошкодженого житлового фонду. Разом із тим більшість мають оглядовий характер і відображують лише результати оцінювання технічного стану будівель, пошкоджених внаслідок військової агресії.

У статті автори зосередили свою увагу на панельній забудові міста Харкова, оскільки найбільше руйнувань серед житлового фонду припадає саме на такі

будинки. На основі численних обстежень панельних будівель, у яких брали безпосередньо участь автори статті, удалося виділити градацію ступенів пошкодження панелей перекриттів багатоповерхових будівель. У результаті узагальнення отриманої інформації виділено три категорії панелей із пошкодженнями, які допустимо відновлювати. Аналіз сучасних методів

підсилення таких конструкцій дав змогу обрати прототип для детального розроблення конструктивного рішення з відновлення несучої здатності таких панелей. У подальшому автори статті більше розглядатимуть питання вдосконалення описаного в статті конструктивного рішення та розроблення крокової технології його реалізації.

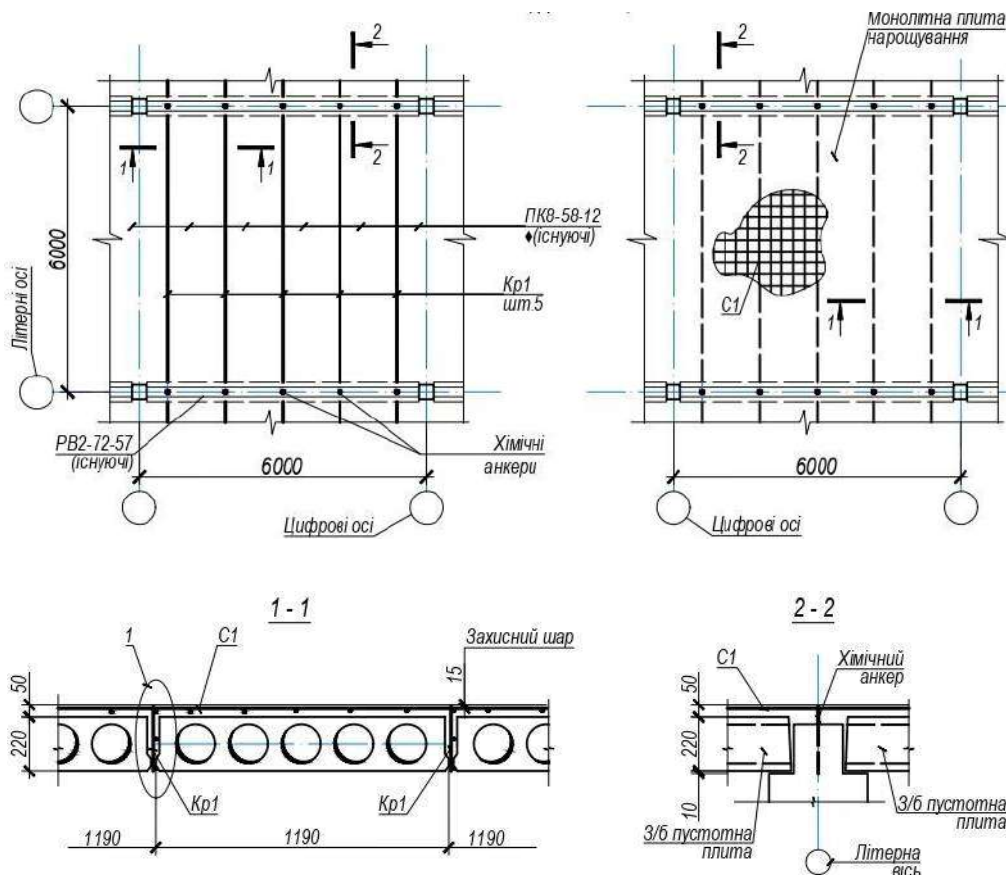


Рис. 9. Проектне рішення підсилення збірних залізобетонних плит каркаса РЦНАП у м. Харкові

Список використаних джерел

1. Статистика бази даних воєнних злочинів Т4Р. URL: <https://t4pua.org/stats> (дата звернення 24.04.2024).
2. Гриневич Е., Гасвой Ю., Вяткін В., Каржинерова Т. І. Проблеми реконструкції житлових будинків, що побудовані у 60-70 рр. ХХ сторіччя у місті Харкові. *Науковий вісник будівництва*. 2021. Т. 104, № 2. С. 140-147.
3. Андрухов В., Колесник А., Мартинова, Л., Матвійчук В. (2010). Оцінка технічного стану житлових будинків перших масових серій індустріального зведення та варіанти їх

перспективи у майбутньому. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 8(1). 103–111. URL: <https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/101> (дата звернення 24.04.2024).

4. Kanoniczak M., Knyziak P. (2022). Uszkodzenia i zniszczenia wewnętrznych elementów budynków wykonanych w technologii wielkiej płyty oraz sposoby ich naprawy w ramach prawidłowej działalności remontowo-eksploatacyjnej. *Builder*. 294(1). 4-8. URL: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.5798>.

5. Szulc J. Techniczne możliwości modernizacji budynków z wielkiej płyty. *Izolacje*. 2018. 23 (2). P. 14–23.

6. Nowakowski P. Functional and Aesthetic Aspects of Modernization of Large Panel Residential Buildings. (2020). 10.1007/978-3-030-20151-7_32.

7. Wardach M., Pawłowicz J. A., Kosior-Kazberuk M., Krentowski J. R. The Diagnostics of the Condition and Management of Large-Panel Buildings Using Point Clouds and Building Information Modelling (BIM). *Buildings*. 2023. 13. 2089. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings13082089>.

8. Knyziak P., Estimating the Technical Deterioration of Large-panel Residential Buildings Using Artificial Neural Networks. *Procedia Engineering*. 2014. Vol. 91. P. 394-399. ISSN 1877-7058. URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.082>.

9. Molodid O., Kovalchuk O., Skochko V., Plokhuta R., Molodid O., Musiiaka I. Inspection of war-damaged buildings and structures by the example of urban settlement Borodianka. *Strength of Materials and Theory of Structures*. 2023. P. 328-343. URL: <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.110.328-343>.

10. Табаркевич О., Сергійчук В., Табаркевич Н. (2023). Відновлення Пошкоджених обстрілами житлових будинків чернігівщини. *Наука та будівництво*. 37(3). URL: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-7>.

11. Нужний В. (2022). Перші дослідження ушкоджень будівель і споруд внаслідок бойових дій. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. (11). 104–114. URL: <https://doi.org/10.32347/2522-4182.11.2022.104-114>.

12. Мелашенко Ю., Слюсаренко Ю., ІщенкоЮ., Павлюк, Є. (2023). Досвід обстеження панельних будинків, пошкоджених внаслідок бойових дій. *Наука та будівництво*. 36(2). URL: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-5>.

13. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Чинний від 01-04-2017. URL: http://pdf.sop.zp.ua/standart_dstu-n_b_v_1_2-18_2016.pdf (дата звернення 24.04.2024).

14. Менейлюк О., Менейлюк І., Русский В. Дослідження стану будівель та споруд пошкоджених внаслідок воєнних дій. *Будівельне виробництво*. № 75 (2023). С. 17-26. URL: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.75.17-26>.

15. Розстріляна, але жива: Північна Салтівка. URL: <https://texty.org.ua/d/2023/saltivka/> (дата звернення 15.05.2024).

16. Kharkiv housing challenge: Upgrading concrete panel housing and residential neighbourhoods in Ukraine's second largest city. URL: https://architecturecompetitions.com/kharkivhousingchallenge/?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_term=2024-05-06&utm_campaign=Norman+Foster+invites+Kharkiv+Housing+Challenge (дата звернення 15.05.2024).

17. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Чинний від 01-06-2011. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-792> (дата звернення 24.04.2024).

18. Bugayevskiy S., Voronova Y., Shtefan O. Use of self-compacting concrete during reconstruction of the building for the administration service Centre. *Автомобільний транспорт*. Вип. 39 (2016). С. 21-27.

Бінкевич Костянтин Олександрович, аспірант кафедри будівельних конструкцій, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. Тел.: +380667315616. ORCID ID: <https://orcid.org/000-0002-5112-9870>. E-mail: kostiantyn.binkevich@kname.edu.ua.

Володимиров Антон Валерійович, аспірант кафедри будівельних конструкцій, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. Тел.: +380505881321. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-8416-535X>. E-mail: anton.volodymyrov@kname.edu.ua.

Колчанов Андрій Володимирович, аспірант кафедри будівельних конструкцій, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. Тел.: +380504009060. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-7813-2965>. E-mail: andrii.kolchanov@kname.edu.ua.

Binkevych Kostiantyn, postgraduate student, department of building structures, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. ORCID ID: <https://orcid.org/000-0002-5112-9870>.

E-mail: kostiantyn.binkevich@kname.edu.ua.

Volodymyrov Anton, postgraduate student, department of building structures, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-8416-535X>.

E-mail: anton.volodymyrov@kname.edu.ua.

Kolchanov Andrii, postgraduate student, department of building structures, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-7813-2965>.

E-mail: andrii.kolchanov@kname.edu.ua.

Статтю прийнято 05.06.2024 р.