

ТЕХНІЧНИЙ СТАН, РЕКОНСТРУКЦІЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

УДК 624.9

**ОСОБЛИВОСТІ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЛІ З КАМ'ЯНИМИ
СТІНАМИ З УРАХУВАННЯМ СЕЙСМІЧНИХ ВИМОГ**

**FEATURES OF RECONSTRUCTION OF BUILDINGS WITH MASONRY
WALLS TAKING INTO ACCOUNT SEISMIC REQUIREMENTS**

**Вознюк Л.І., к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0001-9512-8338, Іваночко У. І.,
к. арх., доцент, ORCID: 0000-0001-6056-2986, Мережко Є.Б., студентка,
ORCID: 0009-0000-7961-0765, Сербан Д.А., студент, ORCID: 0009-0006-
5100-3924 (Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів)**

**Vozniuk L.I., Ph.D., associate professor, ORCID: 0000-0001-9512-8338,
Ivanochko U.I., Ph.D., associate professor, ORCID: 0000-0001-6056-2986,
Merezhko Y.B., student, ORCID: 0009-0000-7961-0765, Serban D.A., student,
ORCID: 0009-0006-5100-3924. (Lviv Polytechnic National University, Lviv)**

**Розглянуто основні принципи та підходи до реконструкції будівель із
кам'яними стінами в умовах сейсмічних районів України. Наведено
сучасні методи підсилення та конструктивні рішення, спрямовані на
забезпечення сейсмостійкості. Особливу увагу приділено підсиленню
несучих цегляних конструкцій стін металевими конструкціями.**

**The article examines the peculiarities of reconstructing buildings with masonry
(brick) walls considering the modern seismic resistance requirements defined
by the national standard DBN V.1.1-12:2014 “Construction in Seismic Regions
of Ukraine.” The issue of improving the seismic performance of existing
masonry buildings is particularly relevant for Ukraine, as a significant portion
of the residential and public building stock was erected in the first half of the
20th century without accounting for horizontal dynamic loads. Such buildings
are characterized by low ductility, limited crack resistance, and insufficient
spatial rigidity, which makes them potentially vulnerable to seismic effects even
of moderate intensity.**

**The purpose of this study is to develop effective structural solutions for
strengthening existing masonry walls during building reconstruction, ensuring
compliance with current seismic safety and reliability standards. To achieve
this, a detailed technical inspection of an industrial building was carried out.
The structure consists of longitudinal and transverse load-bearing brick walls,
brick columns, steel girders, and precast reinforced concrete roof elements.**

During the inspection, the overall technical condition of the structural elements was found to be satisfactory, and no critical damages or deformations were detected. However, based on analytical assessment and experience from similar structures affected by seismic actions, typical damage patterns were identified that could potentially occur under earthquake loading — such as diagonal cracking caused by shear deformations, delamination of masonry layers, loss of wall-to-floor connections, and local damage near openings or wall intersections. To prevent the occurrence of such damages, a system of structural strengthening measures has been proposed. The concept includes the installation of steel channel belts at the floor and roof levels to form rigid diaphragms that unite the walls into a continuous spatial system, and the application of steel jackets at wall corners, intersections, and stress concentration zones. These solutions significantly enhance the building's stiffness and integrity, increasing the masonry's compressive and shear strength by 1.5–2 times, and improving its resistance to horizontal dynamic effects.

The proposed strengthening approach ensures the required seismic stability of reconstructed masonry buildings without full replacement of structural elements. This provides both technical and economic efficiency, prolongs the service life of existing buildings, and enhances safety for occupants in regions with seismicity up to 9 on the MSK-64 scale.

Ключові слова: реконструкція будівлі, кам'яна кладка, сейсмостійкість.
Building reconstruction, brick walls, earthquake resistance.

Вступ. Значна частина існуючого житлового та громадського фонду в Україні представлена будівлями, зведеними у першій половині ХХ століття, основними несучими елементами яких є кам'яні або змішані стіни. Такі конструкції, як правило, виконані з цегли на цементному розчині, часто без належного армування чи перев'язки кладки. У більшості випадків ці споруди будувалися без врахування сейсмічних впливів, адже на той час в Україні ще не діяли сучасні стандарти проектування, спрямовані на забезпечення сейсмостійкості. Як наслідок, у багатьох регіонах існуючі кам'яні будівлі не відповідають чинним вимогам безпеки, що створює потенційну загрозу руйнування при землетрусах навіть середньої інтенсивності.

Відповідно до положень ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України», сучасні вимоги до проектування та оцінки конструкцій поширюються не лише на нове будівництво, а й на реконструкцію, капітальний ремонт. Це зумовлює необхідність проведення ретельного обстеження технічного стану таких будівель, визначення фактичних параметрів їх міцності, жорсткості та деформаційних характеристик. Особливої уваги потребують вузли спирання перекриттів, перев'язки кутів і стики несучих стін, де найчастіше спостерігаються тріщини, втрати зчеплення

кладки та ослаблення матеріалу внаслідок тривалої експлуатації.

Під час виконання проектів реконструкції важливо не лише відновити початкову несучу здатність кам'яних стін, а й забезпечити їхню відповідність сучасним вимогам щодо сприйняття горизонтальних динамічних навантажень. Для цього необхідно застосовувати сучасні конструктивні рішення, які підвищують сейсмостійкість об'єкта — зокрема, посилення металевими обоймами, сталевими поясами, влаштування залізобетонних армопоясів, об'єднання стін у просторову систему за допомогою жорстких діафрагм та каркасних елементів. Врахування цих вимог на етапі проектування реконструкції є запорукою продовження експлуатаційного ресурсу будівель, зменшення ризику їх руйнування при землетрусах і забезпечення безпеки мешканців та користувачів споруд.

Аналіз останніх досліджень. Питання підвищення сейсмостійкості існуючих будівель з кам'яними стінами залишається одним із ключових напрямів сучасної інженерної практики. В Україні базовим нормативним документом у цій галузі є ДБН [1], який регламентує принципи оцінки сейсмічної безпеки та проектування підсилення конструкцій. Документ визначає методику врахування сейсмічних навантажень під час реконструкції та надає вимоги до забезпечення просторової жорсткості й міцності кам'яних і змішаних систем. Згідно з сучасними міжнародними дослідженнями, основна увага зосереджується на розробленні ефективних способів сейсмічного підсилення існуючих кам'яних будівель.

Огляд, представлений [2], містить систематизацію підходів до підсилення мурованих споруд, включно з використанням полімерних композитів, сталевих сіток, армувальних поясів та ін'єктування розчинами. Автори підкреслюють, що поєднання традиційних матеріалів зі сучасними композитами дає змогу значно підвищити несучу здатність і енергоємність кладки.

Дослідження [3] на прикладі будівель у Сербії після землетрусу в Кралєво показало практичні результати аналізу середньоповерхових кам'яних будинків. Автори довели, що інтеграція сталевих елементів, армопоясів і діафрагм жорсткості забезпечує значне зменшення деформацій і ризику локальних обвалів.

Українські автори також активно вивчають питання реконструкції та оцінки технічного стану кам'яних конструкцій. У праці [4] проаналізовано стан балконів і лоджій у цегляних будівлях, де виявлено важливість контролю тріщиноутворення та збереження несучих елементів із використанням сталевих обойм.

У статті [5] автори розглянули аспекти реконструкції промислових об'єктів із адаптацією під нове функціональне призначення, що актуально при модернізації старих корпусів. Монографія [6] узагальнює підходи до обстеження будівель та визначення параметрів їх надійності — це створює методичну основу для прийняття рішень при сейсмічній реконструкції.

Загалом, проаналізовані джерела підтверджують, що підвищення сейсмостійкості кам'яних будівель потребує поєднання нормативних вимог, сучасних матеріалів підсилення та комплексного технічного аналізу.

Мета дослідження. Розробка конструктивних рішень по посиленню існуючої кам'яної будівлі, які будуть враховувати сейсмічні вимоги діючих нормативних документів при проведенні реконструкції на прикладі реального проекту.

Задачею дослідження було проведення обмірів та технічного обстеження існуючої будівлі із фіксацією відхилень від ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України» та розробка схем та вузлів посилення несучих кам'яних стін.

Методика дослідження. Для досягнення поставленого завдання виконувалися обстеження та обміри несучих конструкцій будівлі, визначалася конструктивна схема.

Призначення будівлі – виробничий корпус. Фасади будівлі показано на рисунку 1.

Конструктивна схема корпусу – це повздовжні і поперечні несучі стіни. Цегляні колони з кроком 6,0 м, на котрі опираються металеві прогони і залізобетонні балки покриття, по прогонах і балках опираються залізобетонні, ребристі і пустотні панелі покриття.

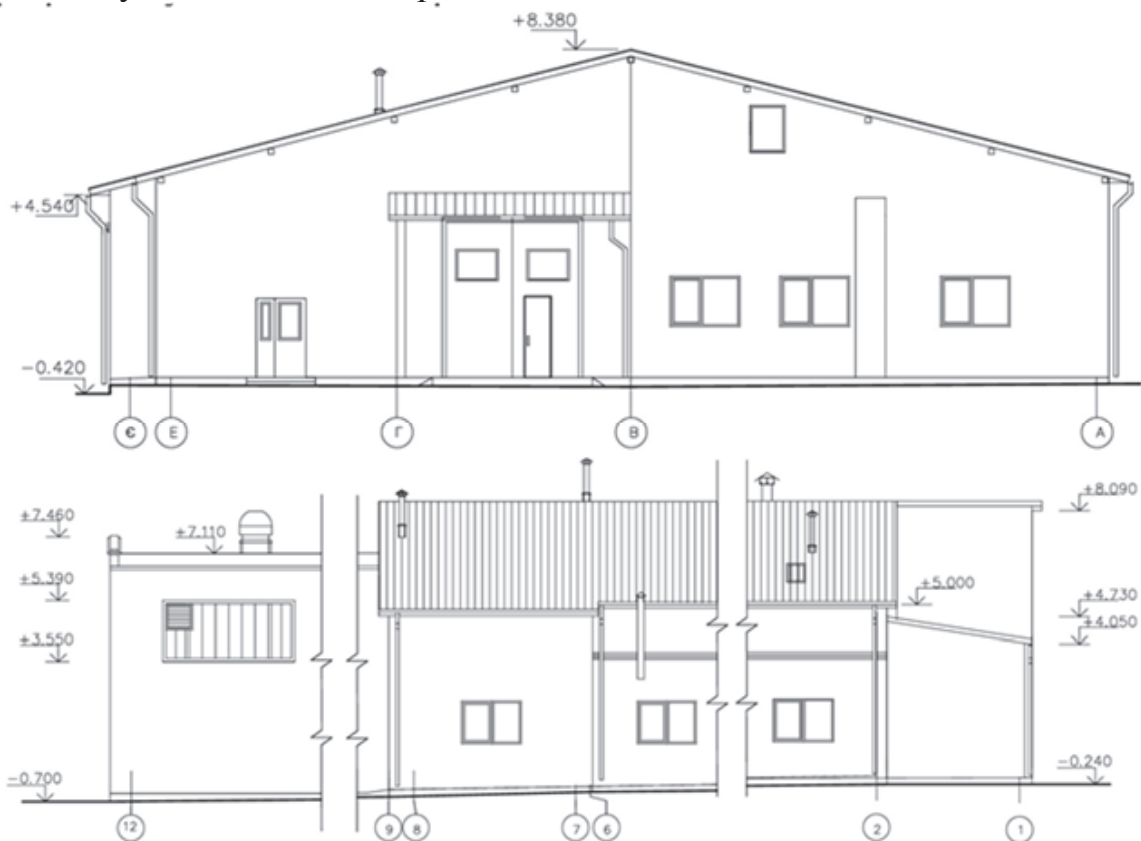


Рис. 1. Фасади будівлі

В приміщеннях виробничого корпусу різні висоти до низу несучих конструкцій і підвісних стель: 3,45; 3,89; 3,95; 4,31; 4,76; 5,39 м. План будівлі показано на рисунку 2.

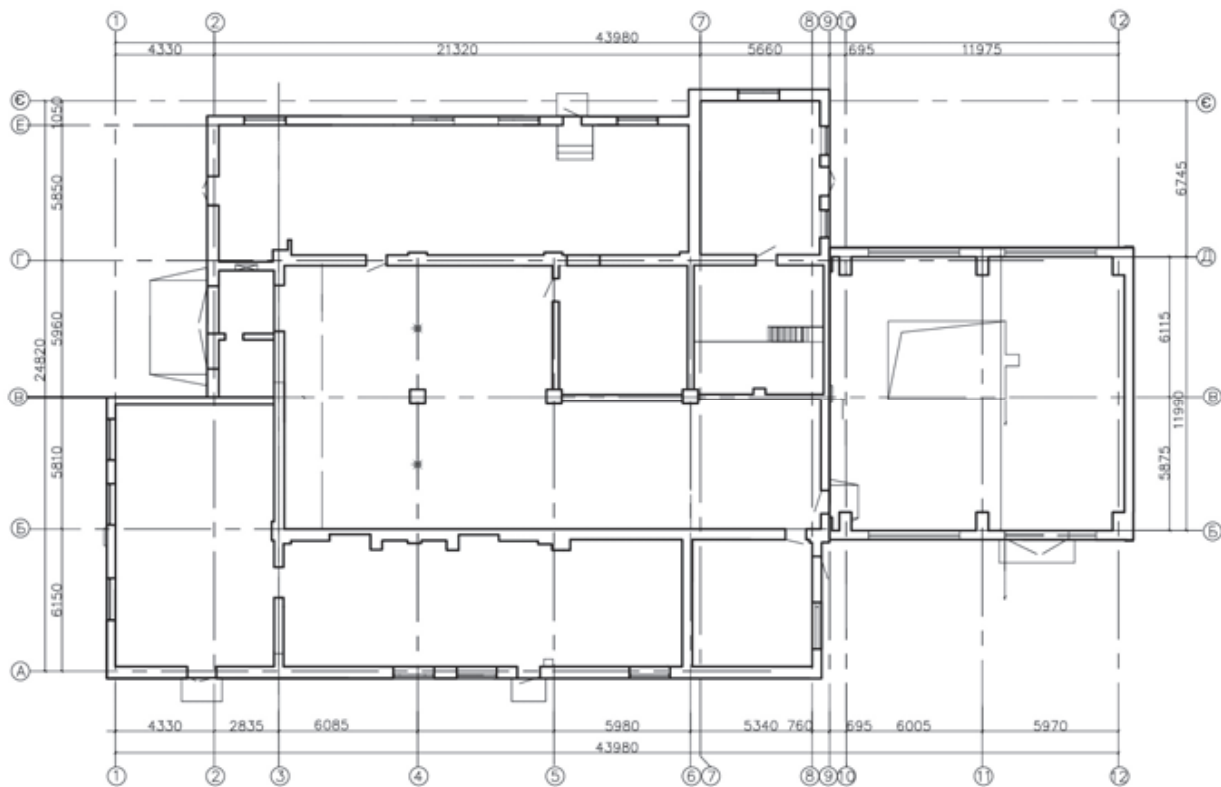


Рис. 2. План першого поверху обстежуваної будівлі

Жорсткість будівлі забезпечується зовнішніми і внутрішніми стінами, колонами, залізобетонними балками, металевими прогонами і диском жорсткості ребристими і пустотними залізобетонними панелями покриття.

Під час обстеження будівлі встановлено наступне: фундаменти стрічкові монолітні, стіни та колони цегляні, балки покриття залізобетонні двопохилі, плити покриття залізобетонні ребристі.

Результати дослідження.

Кам'яні стіни характеризуються високою міцністю на стиск, проте низькою тріщиностійкістю та слабкою роботою на розтяг і зсув. Основними видами пошкоджень, які спостерігаються після сейсмічних впливів, є: діагональні тріщини у стінах, спричинені зсувними деформаціями; відшарування окремих ділянок кладки; втрата зв'язків між стінами та перекриттями; руйнування в зонах отворів та в кутах будівлі.

Для унеможливлення цих пошкоджень в існуючих об'єктах при виконанні проектів реконструкції необхідно щоб було забезпечено безперервність силового контуру — створення просторової жорсткої системи, яка сприймає горизонтальні навантаження.

На рисунку 3 зображено типові вузли посилення цегляних стін, на яких зображено сталеві пояси із швелерів, які влаштовуються під існуючими збірними плитами перекриття та типові вузли з обіймами, які влаштовуються на перетинах стін, а також обрамляють пілястри у місцях опирання збірних залізобетонних балок.

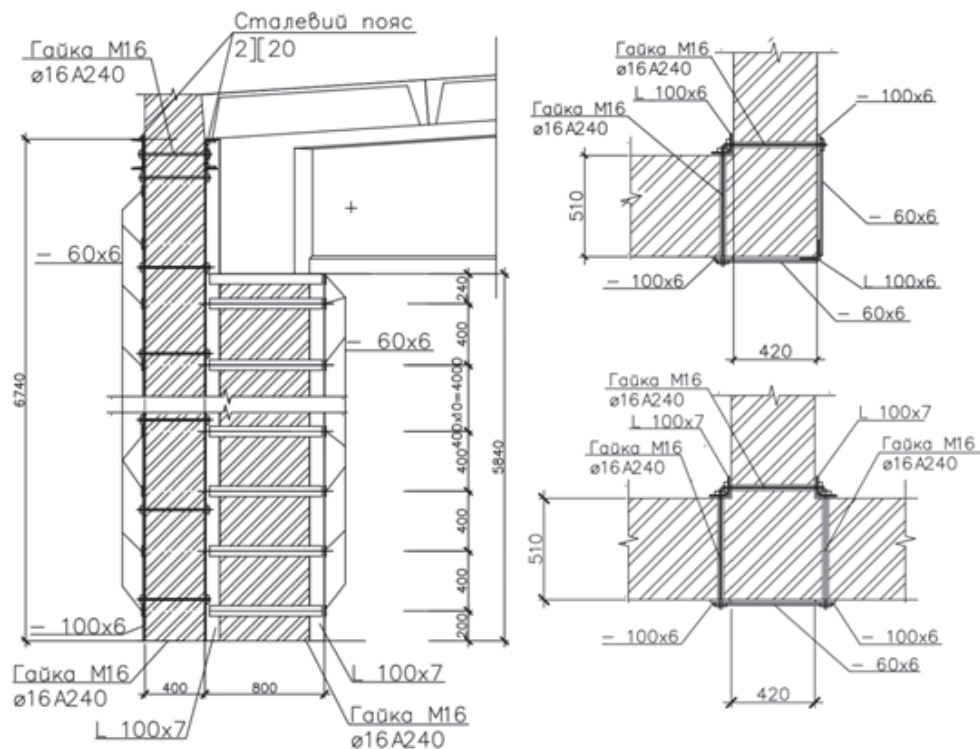


Рис. 4. Типові вузли посилення цегляних стін

Влаштування сталевих поясів із швелерів дозволяє підсилити будівлю та утворити суцільний диск у рівнях перекриття та покриття, а також зв'язати стіни у єдину просторову систему. Важливим є підсилення існуючих конструкцій, які були влаштовані без урахування сейсмічних вимог. Влаштування обойм дозволяє підвищити міцність стін на стиск і зсув до 1,5–2 разів. Влаштовуються переважно на перетинах стін, в кутах, на ділянках змінного перерізу.

Висновки. Значна частина існуючих будівель із кам'яними стінами в Україні не відповідає сучасним вимогам сейсмостійкості, що зумовлює необхідність їх комплексного обстеження та підсилення при реконструкції.

Проведене дослідження підтвердило, що основними зонами концентрації пошкоджень у таких спорудах є кути, стики стін та місця спирання перекриттів. Ефективним методом підвищення просторової жорсткості є влаштування сталевих поясів у рівнях перекриттів, що забезпечують утворення суцільного диска жорсткості із об'єднанням стін у єдину просторову систему, а також влаштування сталевих обойм та анкерних елементів, що суттєво підвищує міцність кладки на стиск і зсув.

1. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014.

DBN V.1.1-12:2014. Budivnytstvo u seysmichnykh raionakh Ukrainy. – К.: Minrehionbud Ukrainy, 2014..

2. P.D. Gkournelos, T.C. Triantafillou, D.A. Bournas, Seismic upgrading of existing masonry structures: A state-of-the-art review, Soil Dynamics and Earthquake Engineering,

Volume 161, 2022, 107428, <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2022.107428>.

P.D. Gkournelos, T.C. Triantafillou, D.A. Bournas, Seismic upgrading of existing masonry structures: A state-of-the-art review, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Volume 161, 2022, 107428, <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2022.107428>.

3. Blagojevic, P.; Brzev, S.; Cvetkovic, R. Seismic Retrofitting of Mid-Rise Unreinforced Masonry Residential Buildings after the 2010 Kraljevo, Serbia Earthquake: A Case Study. *Buildings* 2023, 13(3), 597.

Blagojevic, P.; Brzev, S.; Cvetkovic, R. Seismic Retrofitting of Mid-Rise Unreinforced Masonry Residential Buildings after the 2010 Kraljevo, Serbia Earthquake: A Case Study. *Buildings* 2023, 13(3), 597.

4. Demchyna B., Vozniuk L. Emergency condition of loggies in buildings with supporting brick walls. *Theory and Building Practice*, Lviv, Vol.2, No.2, 2020, 28-34pp. doi: <https://doi.org/10.23939/jtbp2020.02.028>.

Demchyna B., Vozniuk L. Emergency condition of loggies in buildings with supporting brick walls. *Theory and Building Practice*, Lviv, Vol.2, No.2, 2020, 28-34pp. doi: <https://doi.org/10.23939/jtbp2020.02.028>.

5. Базюк Д.І., Баб'як В.І., Вознюк Л.І. Реконструкція недіючих промислових об'єктів та зміна їхнього функціонального призначення. *Scientific review*, №3(66), 2020.

Baziuk D.I., Babyak V.I., Vozniuk L.I. Rekonstruktsiia nediuiuchykh promyslovykh ob'iektiv ta zmina yikhnoho funktsional'noho pryznachennia. *Scientific review*, №3(66), 2020.

6. Гладишев. Д., Гладишев. Г. Дослідження технічного стану будівництва, спорів та інших елементів. монографія. Львівська політехніка, 2012, 304 с.

Hladyishev D., Hladyishev H. Doslidzhennia tekhnichnoho stanu budivnytstva, sporu ta inshykh elementiv. *Monohrafiia*. Lvivska politekhnika, 2012, 304 s.