

¹ **А.П.Броневицький**, науковий співробітник, <https://orcid.org/0009-0006-9656-6085>;

² **О.В. Мурашова**, к.т.н., заст. завідувача відділу, <https://orcid.org/0000-0003-4995-3761>

^{1, 2} ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва імені В.С. Балицького»

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Анотація. Протягом останніх двох років Україна зазначає значних втрат житлового та нежитлового фонду держави таким, що зруйновано або частково пошкоджене. Пошкоджені або зруйновані будівлі мають бути відновлені, реконструйовані та демонтовані та на їхньому місці – зведені нові.

Значних руйнувань зазнали промислові об'єкти. Окрім цього, сам стан конструкцій багатьох старих підприємств знаходиться у вкрай незадовільному стані.

Наразі тільки в Києві, близько 30% території міста – промислові території.

В залежності від рівня реконструкції об'єкту, можливе виконання тих або інших конструктивних та озорозжуючих елементів. Будь-якому втручанню в конструктивні елементи будівель має передувати обстеження як будівлі в цілому так і самих цих конструкцій. [1]

Ремонт, демонтаж або підсилення конструкцій каркасу, є одними із типових видів робіт під час реконструкції промислових об'єктів. Переважна більшість застарілих промислових будівель в нашій країні мають залізобетонний каркас, в особливості будівлі, що було зведено в 60-х роках 20-го століття та в пізніші періоди. Це ті будівлі, стан конструкцій яких, ще дозволяє виконувати реконструкцію або ремонт з метою продовження їхнього цільового використання. Будівлі більш раннього етапу, як правило підлягають перебудові (у разі якщо вони є пам'ятками культури та архітектури) або демонтажу. [2]

У статті досліджуються різні методи підсилення залізобетонних колон, які є ключовими елементами конструкцій промислових будівель, під час їх реконструкції. Наведено технологічні та органічні особливості підсилення. Систематизовано дестабілізуючі фактори, що впливають на ефективність виконання робіт. Вивчено сучасні технології, включаючи зміну конструктивної схеми, збільшення поперечного перерізу, ін'єктування в тіло конструкції та зовнішнє наклеювання металевих укріплюючих конструкцій.

Проаналізовано ефективність кожного методу, що дозволяє оцінити їх переваги та недоліки, витрати і тривалість процесу реконструкції. Зокрема, акцентовано увагу на методах, що забезпечують підвищення несучої здатності та довговічності конструкцій, без значного втручання в загальну конструктивну схему будівлі.

Результати дослідження дозволяють визначити оптимальні рішення для різних типів промислових будівель, що допомагає інженерам і проектувальникам забезпечити стійкість і безпеку реконструйованих об'єктів.

Ключові слова: промислові будівлі, організація та технологія виконання будівельних робіт, реконструкція, підсилення залізобетонних колон каркасу, збірне будівельне виробництво.

Постановка науково-прикладної проблеми

Колони є головним вертикальним елементом конструктивної схеми типової промислової будівлі, спорудженої в період 60-х – 80-х років. Подальше використання будівлі часто потребує підсилення цих елементів, з метою забезпечення сприймання конструкцій більших навантажень, або відновлення їхніх проектних показників. Заміна покрівлі промислових будівель також часто потребує підсилення колон каркасу.

Предметом цієї статті є дослідження технологічних особливостей виконання підсилення залізобетонних колон каркасу промислових будівель.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання реконструкції промислових будівель розглядалися багатьма вітчизняними та закордонними вченими. Визначення умов виконання будівельних робіт в умовах реконструкції промислових будівель та оцінка їх впливу на техніко-економічні показники будівництва найшли відображення в працях

таких вчених як А.І. Білоконь, В.І. Большаков, Д.Ф. Гончаренко, В.М. Кірнос, В.І. Терновий, Є.Г. Романушко, В.Д. Жван, М.І. Котляр та багато інших.

Серед іноземних науковців слід виділити К. Кремер, А. Шолте (Німеччина), Т. Хілтбруннер (Австрія) та інших.

Метою роботи є оцінка основних напрямків та перспективи застосування типових технологічних рішень підсилення залізобетонних колон промислових будівель.

Основна частина

Підсилення бетонних та залізобетонних конструкцій, в тому числі колон каркасу будівлі, виконується з метою збільшення їх несучої здатності і жорсткості після зменшення їх несучих властивостей, внаслідок впливу дестабілізуючих факторів або при необхідності додання елементам додаткової міцності. Рішення щодо технічної можливості та економічної доцільності підсилення бетонних, залізобетонних та інших конструкцій повинно прийматися в кожному конкретному випадку залежно від їх стану

та експлуатаційних вимог, а також на основі попереднього аналізу, інструментальних та візуальних обстежень, розрахунків та порівняння вартостей варіантів підсилення конструкцій.

У практиці реконструкції промислових будівель використовуються кілька способів підсилення зазначених конструкцій:

1. зміна конструктивної схеми;
2. збільшення поперечного перерізу елементів;
3. ін'єкція в тіло конструкцій спеціальних зміцнювальних розчинів;

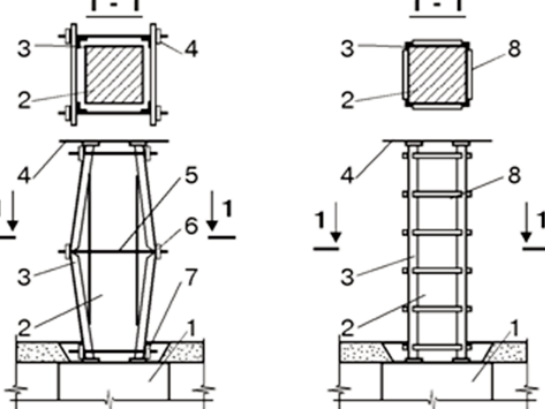
4. зовнішнє (наклеюється) армування, інші.

Підсилення конструкцій шляхом установки додаткових жорстких і пружних опор дозволяє збільшити первісну несучу здатність в 2-3 рази. Жорсткі опори зазвичай влаштовуються у вигляді окремо розташованих колон (металевих, залізобетонних, зрідка дерев'яних) або у вигляді підвісок. Значне збільшення несучої здатності елементів (балок, ригелів і т.п.) досягається введенням різних затяжок.

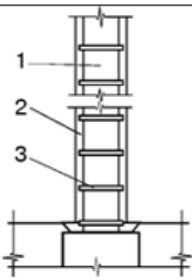
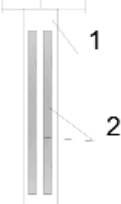
Підсилення залізобетонних конструкцій способом збільшення поперечного перерізу (нарощуван-

Таблиця 1.

Способи підсилення залізобетонних колон

№ з/п	Найменування способу підсилення	Схема	Частота використання, %
1	2	3	4
1	Залізобетонна обойма	 <p>а – конструкція підсилення; б – нагнітання бетонної суміші; 1 – колона; 2 – залізобетонна обойма; 3 – опалубка; 4 – металевий хомут; 5 – отвори; 6 – бетононасос; 7 – фундамент; 8 – зовнішній вібратор; 9 – інвентарні риштування</p>	8
2	Металева обойма з попередньо напруженими стійками	 <p>а – при монтажі; б – в напруженому стані; 1 – фундамент; 2 – колона; 3 – кутники (стійки); 4 – вище лежачі конструкції; 5 – стяжні болти; 6 – вирізи; 7 – опорні майданчики; 8 – планки</p>	7

Продовження Таблиці 1.

1	2	3	4
3	Металева обойма з попередньо напруженими накладками	 <p>1 – колона; 2 – кутники; 3 – накладки</p>	83
4	Наклеюване армування	 <p>1 колона; 2 наклеювана арматура</p>	2

ням) широко поширене в практиці. Цей спосіб передбачає збільшення перерізів елементів за рахунок влаштування металевих, бетонних, залізобетонних, полімерних обойм, аналогічно наведеній вище технології. До даної групи можна віднести і зовнішнє (наклеюється) армування. Обойми можуть охоплювати конструкцію з однієї, декількох сторін або бути замкнутими. Якість підсилення конструкцій залежить від ступеня зчеплення (обхвату) існуючого елемента з елементом посилення.

Спосіб підсилення конструкцій шляхом ін'єктування в їхнє тіло спеціальних розчинів набув поширення в практиці відносно недавно. Спосіб передбачає влаштування в залізобетонних конструкціях шпурів і установка ін'єкторів (пакерів) з наступним нагнітанням через них в товщу конструкцій закріплюють розчинів.

Роботи з підсилення колони залізобетонної обоймою (табл. 1) виконуються в такій послідовності:

1. Очищення колони, що підсилюється і та насічка ручним або пневмоінструментом для кращого зчеплення бетонної суміші з колоною;
2. Очищення фундаменту навколо колони на відстань 400-600 мм залежно від перетину обойми підсилення;
3. Відбивання захисного шару бетону – оголення арматури по довжині колони з кроком 300-600 мм.
4. Встановлення по периметру колони арматури і приварювання до арматури колони оголених ділянок.
5. Бетонування обойми методом ін'єктування дрібнозернистої бетонної суміші. Нагнітають бетон через ін'єкційні отвори в опалубці. Ущільнення здійснюється зовнішнім вібратором, який кріпиться до опалубки. Після отримання бетоном відповідної міцності, опалубку знімають.

В умовах обмежених термінів виконання робіт підсилення колон може проводитися металевими обоймами (табл. 1). Ефективність роботи металеві

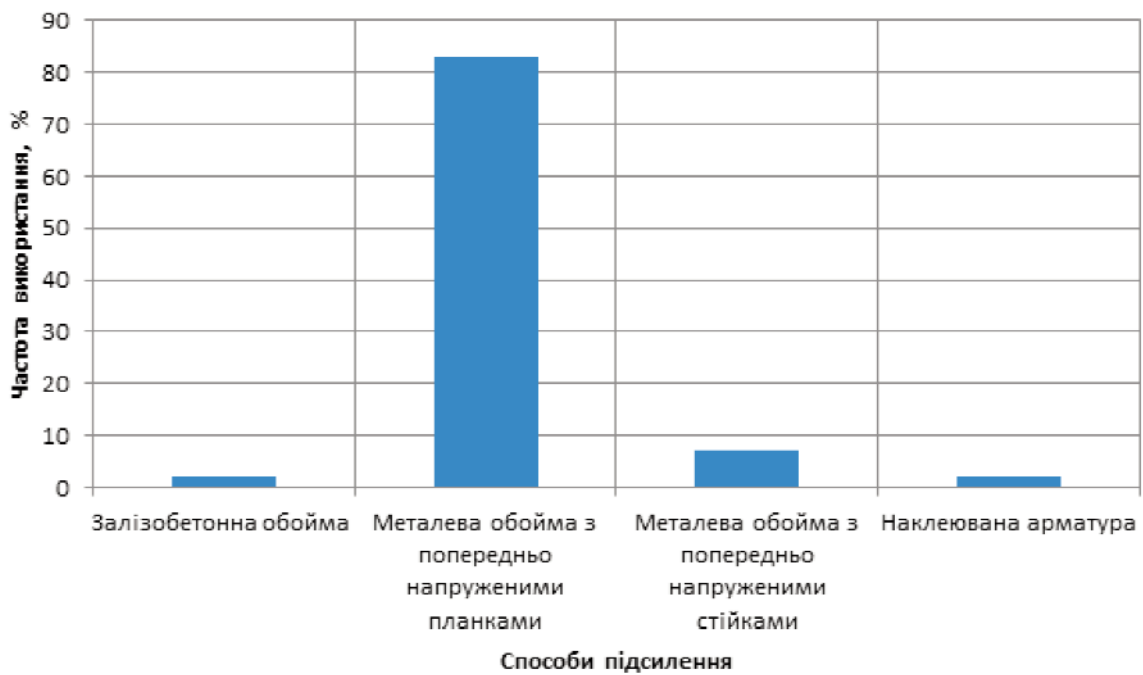
обойми, багато в чому залежить від щільності прилягання кутників до колони, досягається за рахунок попереднього напруження планок термічним способом. При цьому послідовність виконання робіт наступна:

1. Очищається фундамент біля основи колони;
2. Очищаються грані колони, сколюються нерівності і зачеканюється цементним розчином;
3. Встановлюються по гранях кутники з привареними з одного боку накладками;
4. Газовим пальником накладки розігріваються і приварюються до паралельних куточкам. Кріплення планок виконується симетрично, починаючи з середини колони по висоті. При охолодженні планок здійснюється обтиснення поперечних перерізів колони, що значно збільшує її несучу здатність.

Підсилення колони попередньо напруженими розпірками виконується шляхом влаштування металевих обойм з попереднім напруженням стійок, яке досягається за рахунок надання їм вертикального положення за допомогою натяжних болтів (табл. 1).

До початку робіт здійснюють очищення колони, а також ділянок фундаментів і елементів, які спираються на колони. На фундаменті і в місцях обпирання оголовка колони влаштовуються опорні майданчики з металевих пластин або кутників. Після цього, стійки попарно з'єднують між собою планками; при цьому у верхній, нижній і середній частинах стійок встановлюють планки на 100-200 мм, що виступають за торці кутників, і влаштовують в них отвори для стяжних болтів. Перед установкою стійок в проектне положення в бічних полицях кутників, в середній частині їх довжини, виконують виріз і здійснюють їх незначний перегин. Після установки кутників в проектне положення, здійснюють закручення стяжних болтів. При цьому відбувається попереднє напруження кутників. Після приварювання металевих планок стяжні болти можна зняти.

В табл. 1 також наведено статистичні дані, стосовно частоти використання тих чи інших способів в



практиці [3, 4, 5]. Аналіз використання, представлених способів підсилення конструкцій, показав їх частоту використання (рис. 2). Частота використання в практичній діяльності підтверджує ефективність відповідних способів. Слід відзначити, що при визначенні трудомісткості робіт з підсилення конструкцій, виявлено, що однієї й ті ж процеси на різних об'єктах відрізняються. Це пов'язано з впливом умов та особливостей робіт з ревіталізації. Ці умови характеризуються дестабілізуючими факторами. Основні з них, що виявлені при аналізі наведених вище прикладів становлять:

- ущільненість забудови;
- технічний стан будівельних конструкцій;
- обсяги робіт;
- наявність інженерних комунікацій в зоні виконання робіт;
- часткова експлуатація об'єктів реконструкції;
- умови експлуатації прилеглих територій, тощо.

Вказані фактори призводять до підвищення трудомісткості, тривалості та вартості робіт. Важливим є той факт, що вказані фактори були виявлені вже в процесі виконання робіт й привели до корегування як організаційно-технологічних рішень, так і кошторисної документації.

Встановлено, що значне розповсюдження отримав спосіб влаштування металевих обойм з попередньо напруженими накладками.

Додаткової ефективності виконання робіт можливо досягти за допомогою використання укрупнених елементів підсилення. Це дозволило б зменшити трудомісткість в порівнянні з варіантом підсилення окремими елементами. Ефективність тут також досягається за рахунок зменшення трудомісткості на процесі встановлення металевої обойми в проектне положення та включення в роботу з конструкцією, що підсилюється.

Висновки

В статті проведений аналіз різних варіантів підсилення залізобетонних вертикальних конструкцій, дозволяє встановити групи найбільш прийнятних способів, та групи способів, найбільш несприятливі для використання. Це може бути основою створення методики використання ефективних способів виконання робіт, шляхом пропонування рекомендованих варіантів.

Наведено перелік дестабілізуючих факторів, що можуть негативно вплинути на хід реконструкції промислової будівлі в частині вертикальних елементів каркасу.

Складено гістограму частоти використання методів підсилення залізобетонних колон типової промислової будівлі.

Обґрунтовано важливість подальшого вивчення теорії підвищення ефективності виконання робіт.

Література

1. Ушацький С.А. Організація зведення і реконструкції будівель та споруд. Київ : Вища школа, 1992. 183 с.
2. Савйовський, В.В. Реконструкція будівель та споруд. Харків : Основа, 1997. 320 с.
3. Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 304 с.
4. Григоровський П.Є, Чуканова Н.П., Мурашова О.В. Аналіз факторів, що впливають на термін життя будівлі в процесі експлуатації. Нові технології в будівництві: науково-технічний журнал. 2018. №2. С. 75-82.
5. Савйовський В.В. Ревіталізація — екологічна реконструкція міської забудови / В.В. Савйовський, А.П. Броневський, О.Г. Каржинерова // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. — 2014. — № 8. С. 47–52.

References

- [1] S.A. Ushackij, "Organizaciya zvedennya i rekonstrukciyi budivel ta sporud". Kyiv : Visha shkola, pp 183, 1992.
 [2] V.V. Savjovskij, "Rekonstrukciya budivel ta sporud". Harkiv : Osnova, pp 320, 1997.
 [3] E.V. Klymenko. "Technical operation and reconstruction of buildings and structures". Kyiv: Center for Educational Literature, pp 304. 2004.
 [4] P.E. Grigorovskiy, N.P. Chukanova, O.V. Murasova, "Analiz faktoriv, sho vplivayut na termin zhittya budivli v procesi ekspluataciyi", Novi tehnologii v budivnictvi: naukovo-tekhnichnij zhurnal, vip. 2, pp. 75-82, 2018.
 [5] V.V. Savjovskij, "Revitalization — ecological reconstruction of urban buildings / V.V. Savjovskiy, A.P. Bronevitskiy, O.H. Karzhinerova // Bulletin of the Dnipro State Academy of Construction and Architecture. — 2014. — No. 8. P. 47–52.

¹ **A. Bronevitskiy**, Orcid 0000-0002-4841-622X;

² **O. Murasova**, PhD, Head of the Department of State Enterprise "NDIBV".Orcid 0000-0003-4995-3761,

^{1, 2} SE «Research Institute of Construction Production named after V.S. Balytsky»

RESEARCH OF THE METHODS OF STRENGTHENING REINFORCED CONCRETE COLUMNS DURING THE RECONSTRUCTION OF INDUSTRIAL BUILDINGS

Abstract. Over the past two years, Ukraine has noted significant losses of the state's residential and non-residential stock as destroyed or partially damaged. Damaged or destroyed buildings must be restored, reconstructed and dismantled and new ones erected in their place.

Industrial facilities suffered significant destruction. In addition, the condition of the structures of many old enterprises is extremely unsatisfactory.

Currently, only in Kyiv, about 30% of the city's territory is industrial territory.

Depending on the level of reconstruction of the object, it is possible to perform certain structural and enclosing elements. Any intervention in the structural elements of buildings must be preceded by an examination of both the building as a whole and these structures themselves.

Repair, dismantling or strengthening of frame structures are among the typical types of work during the reconstruction of industrial facilities. The vast majority of old industrial buildings in our country have a reinforced concrete frame, especially the buildings that were erected in the 60s of the 20th century and in later periods. These are those buildings whose structural condition still allows for reconstruction or repair in order to continue their intended use. Buildings of an earlier stage, as a rule, are subject to reconstruction (if they are monuments of culture and architecture) or dismantling.

The article investigates various methods of reinforcing reinforced concrete columns, which are key structural elements of industrial buildings, during their reconstruction. The technological and organic features of reinforcement are presented. The destabilizing factors that affect the efficiency of work are systematized. Modern technologies are studied, including changing the structural scheme, increasing the cross section, injecting into the body of the structure and external gluing of metal reinforcing structures.

The effectiveness of each method is analyzed, which allows to assess their advantages and disadvantages, costs and duration of the reconstruction process. In particular, attention is focused on methods that increase the bearing capacity and durability of structures without significant interference with the overall structural scheme of the building.

The results of the study allow us to identify optimal solutions for different types of industrial buildings, which helps engineers and designers ensure the sustainability and safety of reconstructed facilities.

Key words: industrial buildings, organization and technology of construction works, reconstruction, reinforcement of reinforced concrete columns, prefab construction production.