

**РЕКОНСТРУКЦІЯ ОКРЕМОГО ФУДАМЕНТА ПІД КОЛОНУ
ОДНОПОВЕРХОВОЇ ПРОМИСЛОВОЇ КАРКАСНОЇ БУДІВЛІ, ЩО
ЗАЗНАВ ПРОСІДАННЯ**

**RECONSTRUCTION OF AN INDIVIDUAL FOUNDATION BENEATH A
COLUMN OF A SINGLE-STOREY INDUSTRIAL FRAME BUILDING
THAT HAS EXPERIENCED SETTLEMENT**

Березань М.О. к.т.н., доц., **Грецький Д.В.** к.т.н., доц., **Демессіє М.К.**, к.т.н., доц., **Юрченко С.В.** ст. викл. (Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси)

Berezan M.O., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0009-0005-8203-2798>. **Gretskyi D.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-3086-0939>. **Demessie Mekuria.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-5015-4820>. **Yurchenko S.V.**, Senior teacher, <https://orcid.org/0000-0003-1740-8080> (Cherkasy State Technological University)

Представлено технологію реконструкції окремого фундаменту під колону промислової каркасної будівлі, що зазнав просідання. При цьому використовують спеціальну металеву конструкцію підйому колони та гідравлічні домкрати. Після підняття колони до проектної відмітки на розширеній підшві бетонують новий підколонник разом з колоною

A technology is presented for the reconstruction of an individual foundation beneath a column of an industrial frame building that has undergone settlement, as well as for increasing its load-bearing capacity. For this purpose, an excavation pit is dug around the foundation, with an area 1.5–2 times greater than the area of the foundation base. A special metal lifting structure is installed, which is connected at its upper part to the column by means of anchors, while its four lower supports rest, through hydraulic jacks, on a pre-enlarged reinforced concrete footing of the foundation.

In the upper part, the metal structure is rigidly connected to the column using anchors. To relieve the axial force N from the column base and transfer it to the strengthened footing, the jacks are activated to lift and create preliminary tension in the elements of the metal structure. The force in the jacks is set to approximately $0.25N$ (where N is the longitudinal force in the column due to external loads). This enables the old reinforced concrete column base to be mechanically dismantled using jackhammers, thereby freeing the column from its support.

Subsequently, the column is gradually lifted by the jacks to the design elevation. The resulting gap between the footing and the column is filled with reinforced concrete or steel shims, fixing the column in the new position. A new column base is then concreted together with the column onto the enlarged footing. After the concrete of the new base reaches 70% of its design strength, the load in the jacks is released, the metal lifting structure is dismantled, and a set of construction works is carried out to backfill the excavation around the foundation.

Ключові слова: фундамент під колону, підколонник, підошва фундаменту, домкрат, металева конструкція, бетон.

Column foundation, pedestal, footing slab, hydraulic jack, steel structure, concrete.

Вступ. Просідання окремого фундаменту в одноповерхових промислових каркасних будівлях — це серйозна інженерна проблема, яка може мати різні наслідки залежно від характеру, величини та нерівномірності осідання. До негативних впливів на будівлю можна віднести деформацію каркасу, окремих конструкцій, зміна розподілу навантажень, порушення роботи інженерних мереж, тріщини у стиках колон і ригелів, пошкодження огорожувальних конструкцій, небезпека для всієї конструкції будівлі, в тому числі її руйнування.

Для кожного типу будинків і споруд встановлені граничні значення деформацій основ і фундаментів. Відповідно [1,2] для виробничих одноповерхових споруд з повним каркасом відносна різниця осідань обмежується 0,002 - 0,004, а максимальне осідання 10-15 см. При відносних деформаціях і кроці колон 6 м і залізобетонним каркасом максимальна різниця осідання основ і фундаментів, що рядом знаходяться, складе 12 мм, сталевому каркасу — 24 мм.

В практиці будівництва зустрічаються випадки, коли фактичні осідання фундаментів перевищують нормативні граничні значення. Причинами їх появи можуть бути: недостатня несуча здатність ґрунту, нерівномірне ущільнення основи, зволоження ґрунтів, промерзання, вібрації, геологічні та суфозійні процеси, що розвиваються у товщі ґрунтів.

Тому виникає проблема відновлення проектного положення фундаменту. Одним із способів, який дозволить вирішити цю проблем, є піддомкращування колони, фундамент якої просів на небезпечну величину [8].

Аналіз останніх досліджень. Експлуатація промислових каркасних будинків у складних інженерно-геологічних умовах, зокрема на підроблених і закарстованих територіях, обумовлюють необхідність удосконалення конструктивних рішень та технологій реконструкції фундаментів, які зазнали деформацій основи.

Поточні дослідження, що виконуються в ДП «НДІБК» при розв'язуванні проблеми осадок фундаментів, в основному, направлені на виконання робіт з усунення наднормативних кренів будівель і споруд житлового фонду. Для укріплення лесових ґрунтів в т.ч. водонасичених при будівництві, реконструкції, захисті будівель та споруд пропонується глибинна бурозмішувальна технологія, що дозволяє поліпшити фізико-механічних властивостей ґрунтової основи.

ДП «НДІБВ ім.В.С.Балицького» здійснює проектування вискоєфективних фундаментів у складних геологічних умовах, куди входить розробка технічних та технологічних рішень при недостатній несучій здатності основи будівлі та підсилення фундаментів [3]. Серед заходів знаходять застосування наступні конструктивно-технологічні рішення: розширення підшви фундаментів шляхом приєднання до них додаткових залізобетонних масивів; використання горизонтальних балок (залізобетонних, металевих) та паль (буронабивних, буроін'єкційних); підсилення ґрунту в зоні фундаментів ін'єкціюванням цементного розчину; комбінована схема з використанням буроін'єктивних паль з одночасним ін'єкціюванням ґрунту.

Аналіз досліджень показує, що основне спрямування при підсиленні фундаментів направлене на ін'єкціювання ґрунтової основи під існуючими фундаментами будівлі, локальне підсилення існуючих фундаментів житлових будинків. Конструктивні і технологічні рішення по реконструкції та підсиленню окремих фундаментів каркасних промислових будинків наведено, головним чином, у джерелах [5–8].

Постановка мети і задачі досліджень. Мета роботи заключається у розробці технології усунення просідання окремого фундаменту під колону та підвищення його несучої здатності. Для досягнення поставленої мети передбачалося розв'язати наступні задачі: розробити металеву конструкцію підйому та вузол з'єднання її з залізобетонною колоною; запропонувати рішення по збільшенню площі залізобетонної підшви фундаменту; визначитися з обладнанням для підйому металевої конструкції з колоною.

Методика досліджень. Дослідження виконувалися на основі аналітичних методів, що ґрунтуються на використанні законів механіки, фізики, опору матеріалів, будівельної механіки тощо та застосовуються для створення математичних моделей об'єктів, розрахунку напружень, деформацій, стійкості, міцності конструкцій. Натурні спостереження – методика, що полягає у довгостроковому спостереженні за осіданням колон промислового будинку до і після підсилення фундаментів під час експлуатації та будівництва.

Результати досліджень. Авторами запропонована і запатентована [4] технологія, яка дозволяє підсилити фундамент та усунути його просідання. Технічний результат полягає у відновленні та підвищенні несучої здатності

фундаменту та поверненні колони у проектне положення, що забезпечить подальшу надійну експлуатацію каркасної будівлі.

Спосіб усунення просідання окремого фундаменту каркасного будинку пояснюється кресленнями, на яких схематично показана поетапна реконструкція фундаменту. На першому етапі (рис.1) виконують розкопування фундаменту, що зазнав просадку до відмітки підшви. Площа дна котлована повинно бути більшою у 1,5-2 рази від площі підшви фундаменту. Це дасть можливість безперешкодно виконувати роботи ланці робітників у цій зоні. На другому етапі (рис.2) виконують посилення фундаменту шляхом збільшення площі і висоти підшви (3) не менше ніж на 40%.

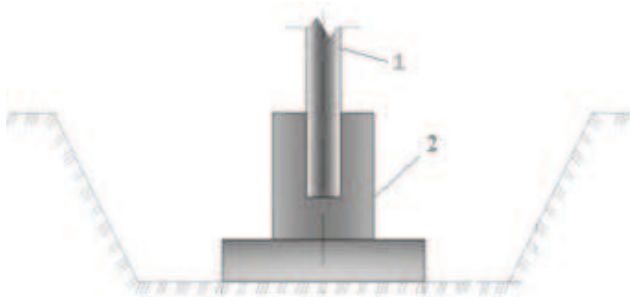


Рис.1. Просівший фундамент у котловані після розкопування

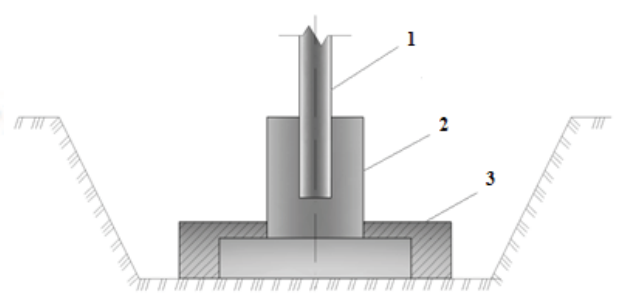


Рис.2. Збільшення площі і висоти підшви фундаменту

Наступним, третім, етапом реконструкції фундаменту є монтаж металевої конструкції (4) для підйому колони (рис.3), яка встановлюється нижніми опорами через прокладки (6) на чотири плоскі гідравлічні домкрати (5), що обпираються на металеві прокладки (6) підсиленої підшви фундаменту. У верхній частині металева конструкція жорстко з'єднується із колоною за допомогою анкерів (8), що попередньо влаштовуються в колонах. Далі

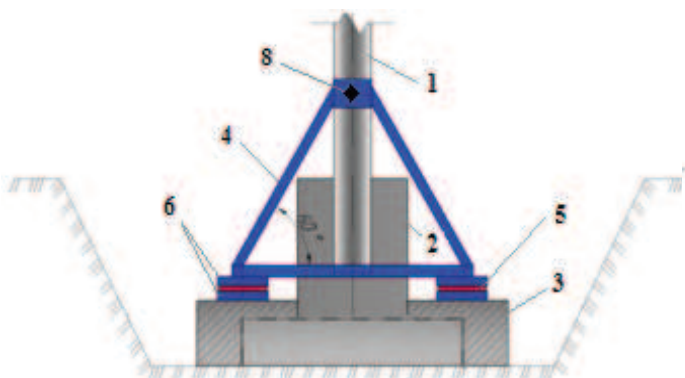


Рис.3. Металева конструкція (4) для підйому колони

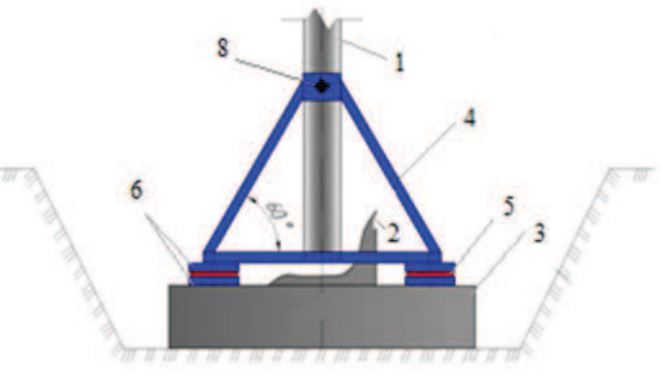


Рис.4. Демонтаж залізобетонного підколонника

включають домкрати на підйом і створюють попереднє напруження в елементах металевої конструкції при зусиллях в домкратах, що дорівнює

0,25N (N – поздовжня сила в колоні (1) від зовнішнього навантаження на момент підйому). На четвертому етапі (рис.4), руйнують підколонник (2) фундамента відбійними молотками із збереженням тіла колони.

із постійним контролем її величини та напружень у колоні. Контроль здійснюють за допомогою датчиків переміщень, нівеліра та ходом домкратів. Допустимі величини підйому повинні не перевищувати 5 мм. Після досягнення заданої проектної величини підйому в зазор, що утворився між підшоною і колоною, встановлюють залізобетонні або металеві прокладки, які фіксують колону в даному положенні. У випадку, якщо ходу домкратів недостатньо для повного підйому колони, то під прокладки домкратів підкладають додаткові прокладки (7) і підйом продовжують до необхідного проектного положення колони. На шостому етапі (рис.6) встановлюють опалубку нового підколонника, укладають арматурні каркаси та виконують бетонування. У підсумку сформовано новий монолітний залізобетонний підколонник із жорстко замоноліченою колоною. (рис. 6).

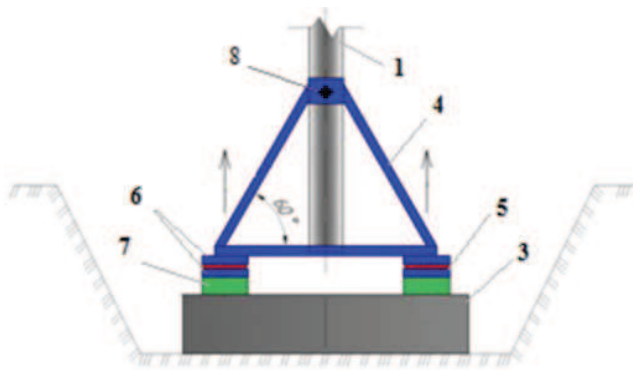


Рис.5. Підйом колони гідравлічними домкратами

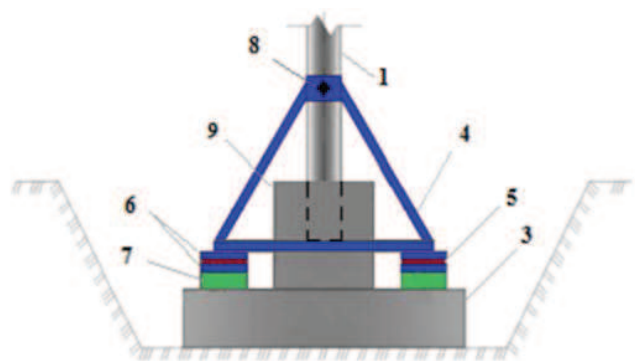


Рис.6. Влаштування залізобетонного підколонник

Після досягнення бетоном міцності не менше 70% розвантажують домкрати, виконують демонтаж опалубки і металевої конструкції підйому колони та проводять комплекс будівельних робіт по зворотній засипці пазух котловану і фундамента (рис.7).

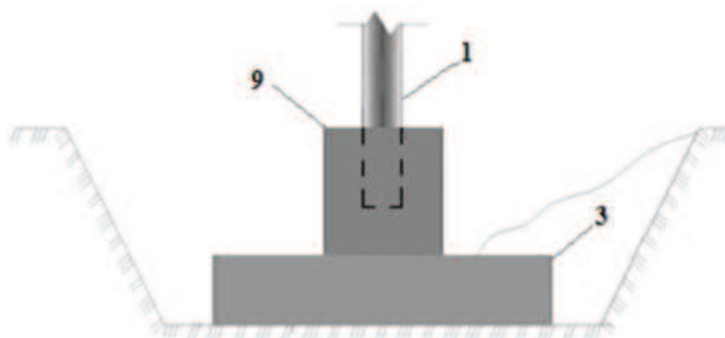


Рис.7. Підсилений фундамент після реконструкції

Висновки та рекомендації. Запропонована технологія реконструкції окремого фундаменту під колону забезпечує підвищення надійності експлуатації промислових каркасних будівель шляхом своєчасного усунення аварійних ситуацій, спричинених понаднормовими просіданнями фундаментів.

За потреби, у випадках, коли під фундаментом в основі під дією різноманітних факторів різко понизилися фізико-механічні властивості ґрунтів (карстові явища, зволоження, набухання і інш.) перед бетонуванням підосви фундамента необхідно виконати його поліпшення через нагнітання в'язучої речовини. В залежності від ґрунту основи це може бути силікатизація, смолізація, цементація [9].

Типове обладнання при виконанні робіт:

- колісний екскаватор-навантажувач (Caterpillar 416F2) з об'ємом ковша 0,76 м³;
- гідравлічні домкрати (20–100 т);
- розподільні сталеві пластини;
- геодезичний нівелір або лазерний рівень;
- насоси для ін'єкційних сумішей;
- розчини типу SikaGrout, MasterFlow, Ceresit CN 83 або спеціальні цементаційні суміші.

Технічні вимоги:

- рівномірність піднімання — не більше 1-2 мм різниці між домкратами;
- висота підйому за один цикл — до 5 мм, загалом — не більше проектної величини (визначається обстеженням);
- роботи виконувати ланкою – 3 робітника;
- обов'язкове авторське та технічне наглядове супроводження.

Витрати матеріалів:

- бетон В-25 – 3-5 м³;
- арматура, листова сталь -100-150 кг.

Відповідно до калькуляції техніко-економічні показники виконання будівельно-монтажних робіт по реконструкції одного фундаменту склали:

- тривалість виконання робіт - 13 робочих днів;
- загальна тривалість - 27 календарних днів.
- технологічні перерви (твердіння бетону) – 14 днів;
- трудомісткість БМР – 41 люд.-дн., 2 маш.-зм.;
- загальна кошторисна вартість – 180 тис. грн;
- вартість БМР – 150 тис. грн., в тому числі заробітна плата – 90 тис. грн.;
- витрати на роботу машин і механізмів – 20 тис. грн;
- накладні витрати – 16 тис. грн;
- вартість матеріалів:
- бетон - 13-20 тис. грн;
- арматура, сталь – 2,8-4.2 тис. грн;
- інші витрати – 10-15 тис. грн.

Використання запропонованого способу дозволяє в місячний термін виконати роботи по реконструкції окремого фундаменту. Роботи можуть виконуватися, як з зовнішньої сторони так і в середині будівлі. Тривалість процесу обумовлена періодом набору бетоном розрахункової міцності. Роботи виконуються ланкою робітників-бетонувальників у кількості 3 чол., а загальна трудомісткість БМР склала 41 люд.-дн., та 2 маш.-зм. Вартість БМР - 150 тис. грн., в тому числі заробітна плата робітників - 90 тис. грн. Розрахунки виконувалися в цінах на поточний період (жовтень 2025 р.).

Аналіз витрат показує, що запропонований процес реконструкції не є дешевим. Однак, зважаючи на те, що альтернативні методи потребують не менших капіталовкладень, а кінцевим результатом є повне відновлення та підвищення несучої здатності основи та фундаменту, запропонована технологія реконструкції є технічно й економічно доцільною.

1. ДБН В.2.1 – 10: 2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Київ, Мінрегіон України, 2018.

DBN V.2.1 – 10: 2018. Osnovy i fundamenti budivel ta sporud. Kyiv, Minrehion Ukrainy, 2018.

2. ДБН В.1.1- 45:2017. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Київ, Мінрегіон України, 2017.

DBN V.1.1- 45:2017. Budivli i sporudy v skladnykh inzhenerno-heolohichnykh umovakh. Kyiv, Minrehion Ukrainy, 2017.

3. Державне підприємство “Науково-дослідний інститут будівельного виробництва” м. Київ. <https://www.ndibv.org/directions/rozrobka-proektiv-najbilsh-efektyvnyh-fundamentiv-u-skladnyh-geologichnyh-umovah>.

Derzhavne pidpriemstvo “Naukovo-doslidnyi instytut budivelnoho vyrobnytstva” m. Kyiv. <https://www.ndibv.org/directions/rozrobka-proektiv-najbilsh-efektyvnyh-fundamentiv-u-skladnyh-geologichnyh-umovah>.

4. Спосіб підймання колони просівшого окремого фундаменту каркасного будинку. Патент на корисну модель № 123585. Березань М.О., Копитько С.В., Вялова А.В., Лисянченко Д.П., Цьмоха В.Р. Опубл. 26.02.2018, Бюл.№ 4.

5. Спосіб підймання окремого фундаменту каркасного будинку. Патент на корисну модель № 128604. Березпнь М.О., Камінський В.С. Опубл.25.09.2018, Бюл.№ 18.

Sposib pidiimannia okremoho fundamentu karkasnoho budynku. Patent na korysnu model № 128604. Berezpn M.O., Kaminskyi V.S. Opubl. 25.09.2018, Biul.№ 18.

6. Спосіб підймання окремого фундаменту під колону каркасного будинку. Патент на корисну модель № 132209. Березань М.О., Меланченко А.М. Опубл. 11.02.2019.; Бюл. № 3.

Sposib pidiimannia okremoho fundamenta pid kolonu karkasnoho budynku. Patent na korysnu model № 132209. Berezan M.O., Melanchenko A.M. Opubl. 11.02.2019.; Biul.№ 3.

7. Спосіб усунення осідання окремого фундаменту каркасного будинку. Патент на корисну модель № 136372. Березань М.О., Кириленко Р.О. Опубл. 12.08.2019.; Бюл. № 15.

8. Hesham Marzouk. Underpinning of existing industrial plant foundation. Canadian Science Publishing. Canadian Journal of Civil Engineering. April 198815(2):176-182.

9. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти: Підручник / М. Л. Зоценко, В. І. Коваленко, А. В. Яковлев, О. О. Петраков, В. Б. Швець, О. В. Школа, С. В. Біда, Ю. Л. Винников. – Полтава: ПНТУ, 2003. – 446 с.

Inzhenerna heolohiia. Mekhanika gruntiv, osnovy i fundamenti: Pidruchnyk / M. L. Zotsenko, V. I. Kovalenko, A. V. Yakovliev, O. O. Petrakov, V. B. Shvets, O. V. Shkola, S. V. Bida, Yu. L. Vynnykov. – Poltava: PNTU, 2003. – 446 s.