

УДК 624.078.7

DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.34.8>

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БОЛТОВИХ З'ЄДНАНЬ ДЛЯ ЗБІРНОГО ЗАЛІЗОБЕТОНУ

Паливода Олександр Анатолійович<sup>1</sup>, Горб Олександр Григорович<sup>2</sup>,  
Лапенко Олександр Іванович<sup>3</sup>

<sup>1</sup> кандидат технічних наук, професор,  
доцент кафедри інфраструктури авіаційного транспорту,  
Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ, Україна,  
e-mail: [oleksandr.palyvoda@npp.nau.edu.ua](mailto:oleksandr.palyvoda@npp.nau.edu.ua), orcid: 0000-0001-9787-9653

<sup>2</sup> кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри комп'ютерних технологій будівництва,  
Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ, Україна,  
e-mail: [oleksandr.horb@npp.nau.edu.ua](mailto:oleksandr.horb@npp.nau.edu.ua), orcid: 0000-0003-3104-7621

<sup>3</sup> доктор технічних наук, доцент,  
професор кафедри комп'ютерних технологій будівництва,  
Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ, Україна,  
e-mail: [oleksandr.lapenko@npp.nau.edu.ua](mailto:oleksandr.lapenko@npp.nau.edu.ua), orcid: 0000-0002-2029-0792

**Анотація.** У цій публікації представлено огляд стану справ у сфері використання збірних залізобетонних конструкцій, розглянуто фактори, які стримують і обмежують розвиток даного напрямку, а також чинники, які стимулюють впровадження збірного залізобетону в майбутньому. Виконано порівняння витрат на улаштування з'єднання збірної залізобетонної колони з фундаментом.

**Метою** дослідження є визначення оптимального варіанту вузла з'єднання збірної залізобетонної колони з фундаментом шляхом виконання техніко-економічних розрахунків запропонованих варіантів на реальному об'єкті будівництва.

**Методологія.** Методи дослідження: аналіз літературних джерел, проектною документації, що стосуються виконання вузла з'єднання збірної залізобетонної колони з фундаментом.

**Результати.** Виконано порівняння техніко-економічних показників, зокрема обсягів і вартості основних операцій та матеріалів (виробів), необхідних для виконання з'єднання збірної залізобетонної колони з фундаментом, на прикладі двох рішень, що мали місце при розробці проектною документації на будівництво підприємства, а саме: болтове з'єднання колон з фундаментом і фундамент стаканного типу.

**Наукова новизна.** Запропоновано аналітичні показники, що дозволяють застосувати оптимальні варіанти при виборі конструктивних рішень для з'єднання збірних залізобетонних конструкцій.

**Практична значущість.** Практична цінність цього дослідження полягає у використанні аналітичних показників і концептуального програмного комплексу для аналізу та оптимізації конструктивних рішень щодо виконання з'єднань збірних залізобетонних конструкцій.

**Ключові слова:** збірний залізобетон, несуча здатність, економічна ефективність, підсилення конструкцій, болтові з'єднання, анкери, закладні деталі.

## ВСТУП

В останні десятиліття промисловість збірного залізобетону в Україні переживає відчутну кризу. У порівнянні з періодом 70–90-х років минулого століття, сьогодні її потужності працюють на 10–20% [5; 11].

Проте, по-перше, необхідність відновлення шляхопроводів та мостових конструкцій після 2022 року вже зараз демонструє потребу у відновленні діяльності підприємств збірного залізобетону [5]. А по-друге, практика європейських країн показує економічну доцільність використання збірних конструкцій в цивільному, житловому та промисловому будівництві [6–10].

Цей досвід буде вельми корисним для нас на етапі відбудови зруйнованих війною об'єктів [13]. Особливо з огляду на нові рішення і технології, розроблені нашими партнерами в останні роки [12; 19], в той час, коли в нашій країні в цій сфері був ледь не повний вакуум.

## АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Перелік рішень, розроблених для задоволення архітектурних вимог, підвищення технологічності і надійності та загалом удосконалення застосування конструкцій зі збірного залізобетону, сьогодні стає цілком пристойним [14–17]. Тож налічує цілу низку напрямків, зокрема такі як: анкерні пластини та закладні деталі, анкерні болти, приховані кронштейни та опорні елементи, з'єднувальні елементи для арматури, монтажні пристосування та ін. Крім того, є ряд рішень, що дозволяють зводити конструкції нестандартної форми, а також спрощують улаштування отворів у перекритті або дозволяють виконувати будівництво із застосуванням комбінацій матеріалів чи елементів, надавати конструкціям більшої несучої здатності та робити їх менш матеріаломісткими [15–17]. На рисунку 1 представлені найбільш характерні серед них.

Проте, на нашу думку, найбільш недооціненими рішеннями для індустріалізації залізобетону на сьогодні є болтові з'єднання у різних інтерпретаціях (рис. 2).

Використання болтових з'єднань, зокрема анкерних болтів, аж ніяк не можна назвати новим. Навпаки – поява цього рішення передувала багатьом іншим. Проте у класичному будівництві застосування з'єднань на болтах широко вживається лише з металевими конструкціями, інколи – для конструкцій із деревини. А от знайти проекти у вільному доступі із застосуванням таких з'єднань для залізобетону – вельми непросто. Адже їх кількість (проектів) відносно незначна, а проектна

та виробнича база не настільки могутні. До того ж певні традиції та концепції проектування прагнуть до обрання класичних, перевірених рішень.

## МЕТА

Нашою метою було – надати всім учасникам процесу будівництва, включаючи виробників та проєктувальників, новий погляд на питання використання рішень із болтовими з'єднаннями; з'ясувати, які чинники стримують або навпаки – стимулюють розвиток такої тенденції. А також запропонувати аналітичні показники, які допоможуть визначити ефективність використання болтових з'єднань для залізобетону, за умови що параметри міцності та жорсткості вузла не будуть знижені при порівнянні з класичними рішеннями.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Як показало вивчення досвіду країн Заходу [6–9], діючі виробничі бази, а також розроблені програмні комплекси цілком здатні забезпечити потреби у вирішенні питань проектування, виробництва та впровадження рішень із застосуванням болтових з'єднань для збірних залізобетонних конструкцій.

І цілком імовірно, що за декілька років на нашому вітчизняному ринку з'являться відповідні продукти із необхідною технічною підтримкою і навіть виробництвом. І, на нашу думку, є всі перспективи, що ці технічні рішення мають гарні перспективи і будуть позитивно сприйняті будівельною спільнотою. Ми, в свою чергу, маємо бути завчасно о того готові.

Практика показує, що застосовують анкерні болти вельми різноманітних конструкцій. Вони відрізняються один від одного способами установки у фундаментах чи в інших бетонних і залізобетонних конструкціях, типом анкеруючих пристосувань і способами передачі навантажень на фундаменту або інші будівельні конструкції (залізобетонні ригелі, колони, перекриття і т.п.) [1; 2].

Болтові з'єднання є досить надійними та міцними. У разі потреби створення за умовами статички типу «жорсткого з'єднання» це цілком реально виконати. Таким чином, наприклад, міцність та жорсткість вузла з'єднання колони з фундаментом стаканного типу або з допомогою анкерних болтів буде еквівалентною.

Загалом процес проектування болтових з'єднань є цілком контрольованим та не громіздким. Зокрема, якщо більш детально зупинитись саме на анкерних болтах, існують відомі алгоритми обчислення ключових параметрів

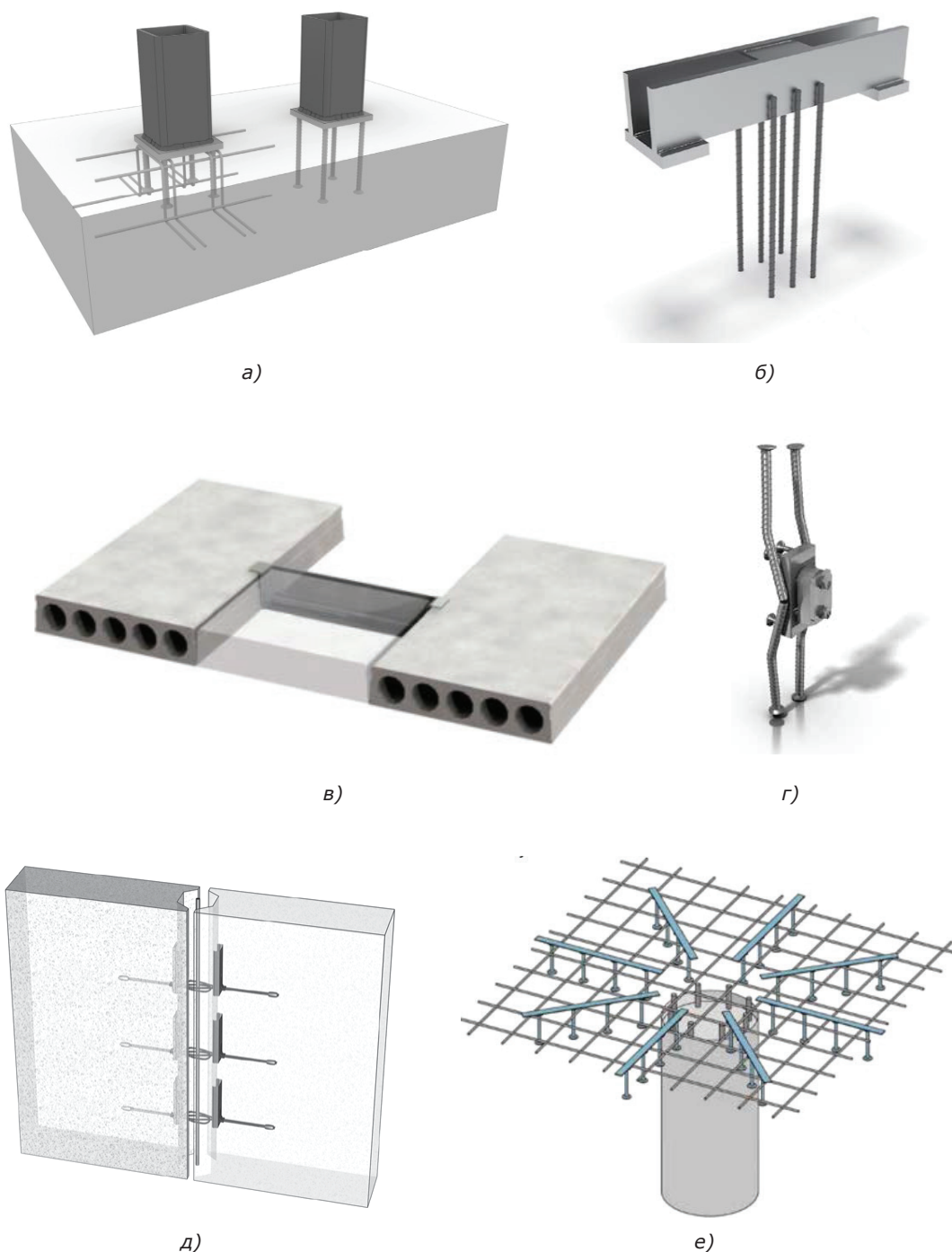


Рис. 1. Рішення для збірного залізобетону: а) анкерні елементи; б) кронштейн для спирання плит типу «2Т»; в) опора для влаштування отворів у перекритті; г) приховані кронштейни для спирання балок; д) армування для запобігання продавлюванню; е) з'єднувальні петлі для стінових панелей

при розрахунку такого рішення. Зокрема при визначенні міцності болтового з'єднання визначають площу поперечного перерізу (діаметр) болтів, їх кількість, призначають глибину анкерування, задаються класом сталі, контролюють зусилля затягування болтів.

Після встановлення будівельної конструкції чи устаткування в проєктне положення болти слід затягувати на величину

попереднього затягування  $F$ , яку для статичних навантажень приймають рівною  $0,75P$ , а для динамічних навантажень –  $1,1P$ ; де  $P$  – розрахункове навантаження, що діє на болт [1].

Згідно [2, 4] площа поперечного перерізу болта (за різьбленням) визначається з умови міцності за формулою:

$$A_s = \frac{k_0 \cdot P}{R_s} \quad (1)$$

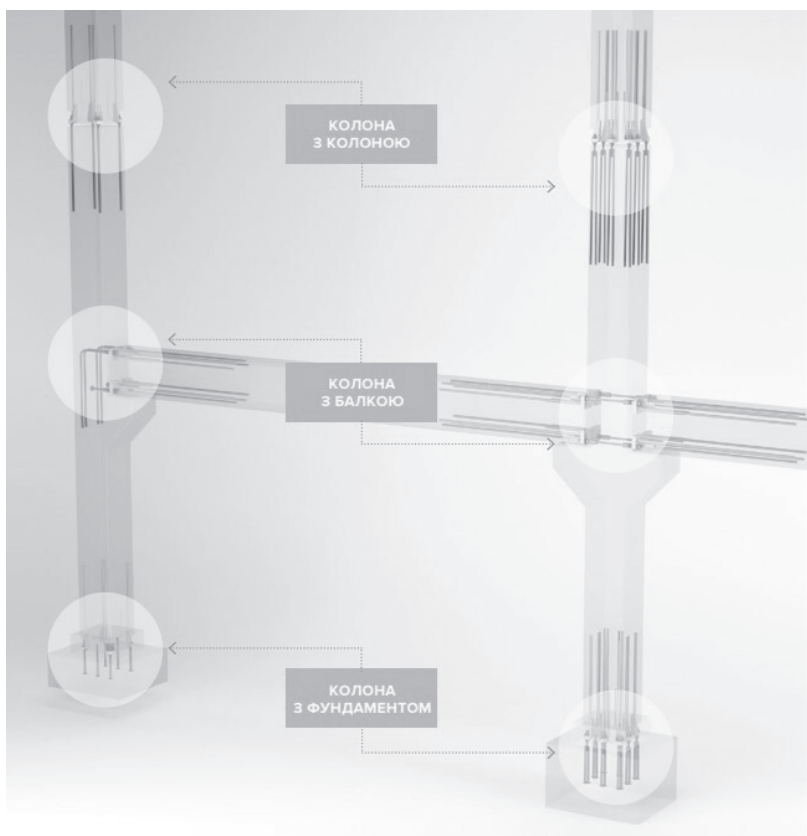


Рис. 2. Застосування болтових з'єднань для збірного залізобетону

де  $k_0 = 1,35$  – для динамічних навантажень;  $k_0 = 1,05$  – для статичних навантажень.

Також для досягнення максимального результату важливо пильнувати конструктивні параметри вузла в цілому (характеристики допоміжних металевих виробів, клас

бетону, наявність захисного покриття у разі необхідності, дотримання технології монтажу і т.д.).

Крім того, для зручності та ефективності проектування подібних рішень, існує ряд програмних комплексів, наприклад Peikko

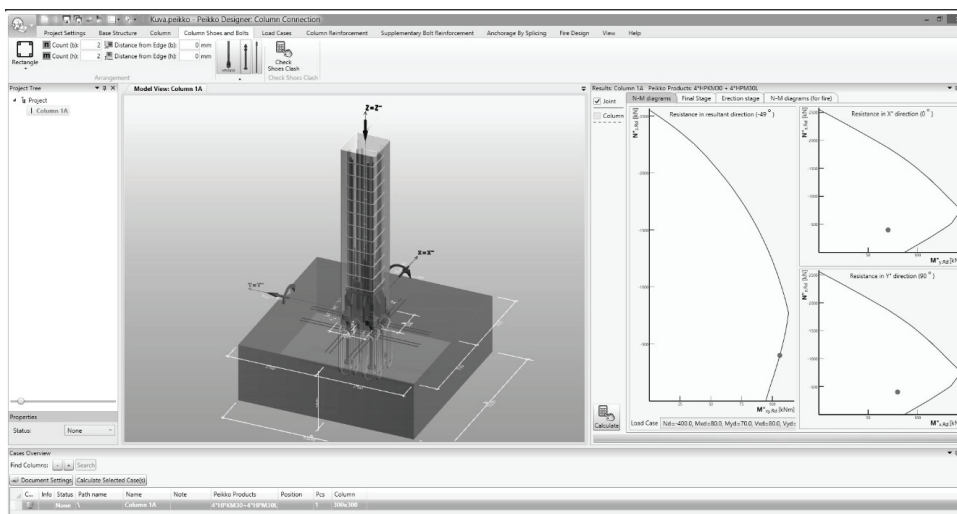


Рис. 3. Характерна модель вузла з'єднання колони з фундаментом

Designer, який включає в себе широкий спектр європейських норм проектування та кількох мов (рис. 3). Перевагою подібного спеціалізованого програмного забезпечення є те, що вони абсолютно синхронізовані із виробничою лінійкою конкретного виробника.

Як відомо, рушійною силою для визначення ефективності того чи іншого рішення, впровадження його у виробництво, налагодження процесу проектування і т. ін. є економічна складова.

Тому авторами було прийнято рішення виконати техніко-економічне порівняння двох типів з'єднання фундаменту з колоною на стадії розробки проектною документації на будівництво заводу зі збирання легкових автомобілів відомого виробника у м. Кошице (Словаччина) [18].

Загалом комплекс складається з декількох виробничих адміністративно-побутових будівель. Сітка колон – переважно має розміри 6 та 12 м. Кількість поверхів – переважно 1 та 2. Нами було обрано корпус для нанесення лакофарбових покриттів.

У даній будівлі передбачено монтаж 172 колон, які поділяються на 9 різновидів, з яких 114 – основні несучі, решта – допоміжні (фахверк і т. ін.).

Схеми двох варіантів конструктиву фундаментної частини зображено на рисунку 4. Розміри фундаментної частини для головної колони Ст.1 наведені у таблиці 1. Кількість колон даного типу: 57 шт.

З таблиці 1 видно, що загальна висота фундаменту зі стаканом сягає 3,4 м, в той час як висота фундаменту під болтове з'єднання лише 1,2 м.

Для створення міцності та жорсткості вузла з болтовим з'єднанням, еквівалентної фундаменту зі стаканом, було підбрано 10 болтів (у комплекті із башмаками) на кожен колону згідно [1; 2] за специфікацією фірми Peikko з допомогою програмного комплексу Peikko Designer. Детальні характеристики болтів та їх вартість (разом із башмаками) зведено до табл. 2.

Для порівняння варіантів влаштування вузла з'єднання колони з фундаментом було означено перелік ключових конструктивних елементів та визначено їх обсяги і вартість для кожного із рішень відповідно (див. табл. 3).

У таблицях, наведених нижче, представлено вартість ключових операцій та конструктивних елементів (виробів, матеріалів), необхідних для виконання вузлів з'єднання колони з фундаментом для всіх 172 колон цеху, а саме: земляні роботи, влаштування фундаменту, обсяги бетону та використання болтових елементів (у 2-му варіанті). Розрахунки цін виконані у валюті євро, станом на 2023 рік.

При цьому варто зазначити, що авторами не було взято до уваги показники з виконання монтажних робіт. Тематику імовірного скорочення трудовитрат, в тому числі і застосування машин та механізмів, буде розглянуто у наступних дослідженнях.

У таблиці 4 наведено загальну вартість фундаменту зі з'єднанням стаканного типу.

У таблиці 5 представлені дані для вузлів із болтовими з'єднаннями колон від Peikko, а також в останньому стовпці наведено різницю витрат на окремі конструктивні елементи за обома варіантами.

Таблиця 1

Розміри елементів фундаменту під колону Ст.1

Елементи фундаменту	Розміри, м		
	Ширина В, м	Довжина L, м	Висота Н, м
Розміри фундаменту (без стакану)	1,6	3,7	1,4
Розміри стакану	1,6	2	2
Розміри фундаменту для болтового з'єднання	1,4	3,7	1,2
Переріз колони	0,8	1,2	-

Таблиця 2

Характеристики анкерних болтів

Найменування	Значення, од. виміру
Тип (марка) болтів та башмаків	PPM + BOLDA
Розміри болтів за специфікацією	PPM45L
Ціна анкерного болта / шт.	72,39 €
Ціна башмака / шт.	158,44 €

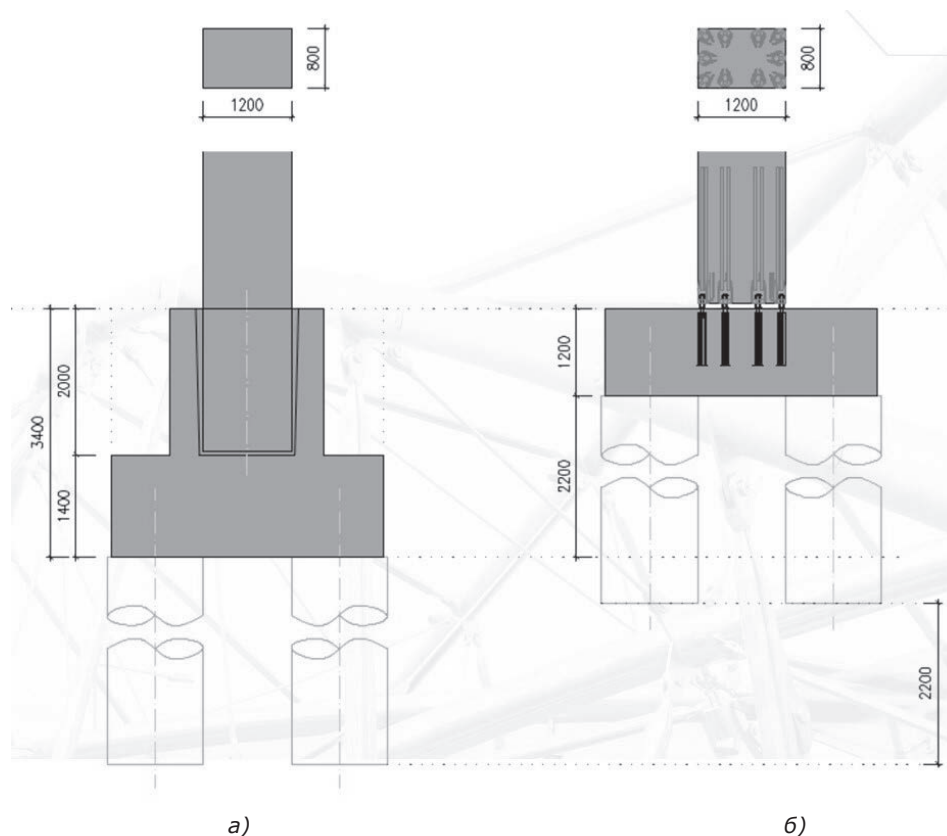


Рис. 4. Схеми конструктивних рішень вузла з'єднання колони з фундаментом:  
а) стаканного типу; б) анкерні болти з башмаками

Таблиця 3

#### Вартість конструктивних елементів вузла з'єднання

Елементи фундаменту	Вартість, €	
	Фундамент стаканного типу	Фундамент із болтовим з'єднанням
Частина колони в стакані	1 728,00	-
Башмаки для колон Peikko	-	1 584,38
Бетон для фундаменту	8 158,16	3 729,60
Болти Peikko	-	723,87
Загальна вартість одного вузла	10 246,16	6 037,85
Загальна вартість всіх вузлів (57 шт.)	584 031,12	344 157,29

Таблиця 4

#### Вартість елементів вузла стаканного типу, €

№ поз.	Кількість колон	Фундамент стаканного типу			Разом
		Стаканний фундамент	Частина колони в стакані	Земляні роботи	
1	57	485 535	98 496	150 798	<b>734 829</b>
2	57	485 535	98 496	150 798	<b>734 829</b>
3	2	12 286	1 814	3 202	<b>17 301</b>
4	3	4 029	641	2 073	<b>6 743</b>
5	4	6 984	1 231	2 887	<b>11 102</b>
6	6	8 787	1 847	3 560	<b>14 194</b>
7	8	9 022	1 710	4 538	<b>15 270</b>
8	12	13 533	2 565	6 807	<b>22 905</b>
9	23	25 938	4 916	13 046	<b>43 901</b>
<b>Σ</b>	<b>172</b>	<b>1 051 649</b>	<b>211 717</b>	<b>337 709</b>	1 601 075

Таблиця 5

## Вартість елементів вузла з болтовим з'єднанням, €

№ поз.	К-ть колон	Фундамент з анкерними болтами				Разом	Різниця вартості 1-го та 2-го рішень
		Опора / фундамент	Анкерний болт + башмак	Земляні роботи			
1	57	212 587	131 570	29 155	<b>373 313</b>	<b>-361 516,76</b>	
2	57	212 587	131 570	29 155	<b>373 313</b>	<b>-361 516,76</b>	
3	2	6 653	1 885	960	<b>9 497</b>	<b>-7 804,71</b>	
4	3	1 742	955	484	<b>3 182</b>	<b>-3 561,35</b>	
5	4	2 323	1 885	646	<b>4 853</b>	<b>-6 248,78</b>	
6	6	3 485	2 826	968	<b>7 280</b>	<b>-6 914,29</b>	
7	8	4 646	2 548	1 291	<b>8 486</b>	<b>-6 784,12</b>	
8	12	6 970	5 654	1 937	<b>14 560</b>	<b>-8 345,16</b>	
9	23	13 358	10 835	3 712	<b>27 906</b>	<b>-15 994,89</b>	
<b>Σ</b>	<b>172</b>	<b>464 352</b>	<b>289 728</b>	<b>68 309</b>	<b>822 388</b>	-778 686,83	

## ВИСНОВКИ

Результати порівняння обсягів у грошовому еквіваленті основних будівельно-монтажних операцій, а також виробів та матеріалів, необхідних для виконання з'єднання збірної залізобетонної колони з фундаментом, показали, що варіант рішення з болтовими з'єднаннями є більш ефективним за рішення з фундаментом стаканного типу.

Зокрема за рахунок введення більш раціонального рішення, згідно представлених показників, економія складає 48,6% (з урахуванням земляних робіт). При цьому, показники виконання монтажних робіт не порівнювались.

Варто зазначити, що параметри міцності та жорсткості вузла в обох випадках були еквівалентними. Підбір анкерних болтів було виконано з використанням спеціального програмного комплексу Peikko Designer, а також перевірено за традиційною інженерною методикою.

## ЛІТЕРАТУРА

[1] Анкерні болти: конструкція, розрахунок, проектування, технологія влаштування: навч. посіб. / Л.М. Шутенко, М.С. Золотов, В.О. Складар, Н.М. Золотова. Х. : ХНАМГ, 2010. 204 с.

[2] Золотов М.С. Анкерні болти: конструкція, розрахунок, проектування: навч. посібник / М.С. Золотов. Х. : ХНАМГ, 2005. 122 с.

[3] Промисловість. Збірний залізобетон. URL: <https://esu.com.ua/article-16540>.

[4] Сталеві конструкції. Норми проектування: ДБН В.2.6-198:2014. [Чинний від 2015-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2022. 199 с. (Державні будівельні норми).

[5] Тромса Ю.О. PEIKKO: інноваційні рішення для сталого будівництва. *ProfBuild*. 2024. №4 (40). С. 14–15.

[6] ACI (American Concrete Institute). 2019. *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI*

*318-19) and Commentary (ACI 318R-19)*. Farmington Hills, MI: ACI.

[7] AISC (American Institute for Steel Construction). 2016. *Specification for Structural Steel Buildings*. ANSI/AISC 360-16. Chicago, IL: AISC.

[8] EOTA (European Organisation for Technical Assessment). 2018. *Design of Structural Connections with Column Shoes*. EOTA technical report TR068. URL: <https://www.eota.eu/sites/default/files/uploads/Technical%20reports/eota-tr-068-design-structural-connections-column-shoes.pdf>.

[9] Eurofins Expert Services Oy. 2018. European Technical Assessment ETA 18/0037. Issued for Peikko Group column shoes. URL: [https://media.peikko.com/file/dl/i/RfLQ/D-1aqGO7KYw-Pc4BvaCTuA/ETA-18-0037\\_HPKM](https://media.peikko.com/file/dl/i/RfLQ/D-1aqGO7KYw-Pc4BvaCTuA/ETA-18-0037_HPKM)

[10] Fisher J. M., L. A. Kloiber. 2006. *Steel Design Guide 1. Base Plate and Anchor Rod Design*. 2nd ed. Chicago, IL: AISC.

[11] Industry. Precast concrete. URL: <https://esu.com.ua/article-16540>.

[12] Kinnunen, J. ETA Tests and ETA Design of HPKM Column Shoe Connections. *Procedia Engineering*. 2017. 172, 521–528. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.061>.

[13] Lapenko O., Tabarkevych N., Makarov V., Palyvoda O. Restoration of roofs and floors of buildings affected by hostilities in Ukraine. *LWRT 2022, LNCE 469*, pp. 77–82, 2024. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-55068-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-031-55068-3_7).

[14] PCI. 2010. *PCI Design Handbook: Precast and Prestressed Concrete*. 7th ed. MNL 120-10. Chicago, IL: PCI. <https://doi.org/10.15554/MNL-120-10>.

[15] Peikko. Column Connections. URL: <https://www.peikko.com/products/precast-products/column-connections/>.

[16] Peikko bolted connections in precast concrete structures. URL: <https://www.peikko.com/download/bolted-connections-in-precast-concrete-structures/>

[17] Products and solutions. Products for precast. URL: <https://www.peikko.com/products/precast-products/>.

[18] Progress in the construction of the Volvo Cars plant in Kosice. URL: [https://www.threads.net/@volvocars/post/C\\_A5E2GIEfy](https://www.threads.net/@volvocars/post/C_A5E2GIEfy).

[19] Yrjölä J., J. Bujnak. Shear Tests on Demountable Precast Column Connections. *Structural Concrete*. 2021. 22 (4), 2432–2442. <https://doi.org/10.1002/suco.202000635>.

## REFERENCES

[1] Shutenko, L.M., Zolotov, M.S., Sklyarov, V.O., & Zolotova, N.M. (2010). *Ankerni bolty: konstruktsiia, rozrakhunok, proektuvannia, tekholohiia vlashtuvannia [Anchor bolts: design, calculation, design, installation technology]*. Kharkiv: KhNAMG [in Ukrainian].

[2] Zolotov, M.S. (2005). *Ankerni bolty: konstruktsiia, rozrakhunok, proektuvannia. [Anchor bolts: design, calculation, design]*. Kharkiv: KhNAMG [in Ukrainian].

[3] Promyslovist. Zbirnyi zalizobeton. [Industry. Precast concrete]. *esu.com.ua*. Retrieved from <https://esu.com.ua/article-16540>. [in Ukrainian].

[4] Stalevi konstruktsiyi. Normy proektuvannia: DBN V.2.6-198: 2014. [Steel structures. Design standards: DBN V.2.6-198: 2014]. (2014). Kyiv: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].

[5] Tromsa, Yu.O. (2024). PEIKKO: innovatsiini rishennia dlia stalogo budivnytstva [PEIKKO: innovative solutions for sustainable construction]. *ProfBuild*, 4 (40), 14–15 [in Ukrainian]

[6] ACI (American Concrete Institute). 2019. *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19)*. Farmington Hills, MI: ACI [in English].

[7] AISC (American Institute for Steel Construction). 2016. *Specification for Structural Steel Buildings*. ANSI/AISC 360-16. Chicago, IL: AISC [in English].

[8] EOTA (European Organisation for Technical Assessment). 2018. *Design of Structural Connections with Column Shoes*. EOTA technical report TR068. <https://www.eota.eu/sites/default/files/uploads/Technical%20reports/eota-tr-068-design-structural-connections-column-shoes.pdf> [in English].

[9] Eurofins Expert Services Oy. 2018. European Technical Assessment ETA 18/0037. Issued for Peikko Group column shoes. [https://media.peikko.com/file/dl/i/RFcflQ/D-1aqGO7KYw-Pc4BvaCTuA/ETA-18-0037\\_HPKM](https://media.peikko.com/file/dl/i/RFcflQ/D-1aqGO7KYw-Pc4BvaCTuA/ETA-18-0037_HPKM) [in English].

[10] Fisher, J. M., & L. A. Kloiber. (2006). *Steel Design Guide 1. Base Plate and Anchor Rod Design*. 2nd ed. Chicago, IL: AISC [in English].

[11] Industry. Precast concrete. *esu.com.ua*. Retrieved from <https://esu.com.ua/article-16540> [in English].

[12] Kinnunen, J. (2017). ETA Tests and ETA Design of HPKM Column Shoe Connections. *Procedia Engineering* 172, 521–528. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.061> [in English].

[13] Lapenko, O., Tabarkevych, N., Makarov, V., & Palyvoda, O. (2024). Restoration of roofs and floors of buildings affected by hostilities in Ukraine. *LWRT 2022, LNCE* 469, pp. 77–82. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-55068-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-031-55068-3_7) [in English].

[14] PCI. (2010). *PCI Design Handbook: Precast and Prestressed Concrete*. 7th ed. MNL 120-10. Chicago, IL: PCI. <https://doi.org/10.15554/MNL-120-10> [in English].

[15] Products and solutions. Products for precast. *peikko.com*. Retrieved from <https://www.peikko.com/products/precast-products/> [in English].

[16] Peikko. Column Connections. *peikko.com*. Retrieved from <https://www.peikko.com/products/precast-products/column-connections/> [in English].

[17] Peikko bolted connections in precast concrete structures. *peikko.com*. Retrieved from <https://www.peikko.com/download/bolted-connections-in-precast-concrete-structures/> [in English].

[18] Progress in the construction of the Volvo Cars plant in Kosice. *threads.net*. Retrieved from [https://www.threads.net/@volvocars/post/C\\_A5E2GIEfy](https://www.threads.net/@volvocars/post/C_A5E2GIEfy) [in English].

[19] Yrjölä, J., & J. Bujnak. (2021). Shear Tests on Demountable Precast Column Connections. *Structural Concrete* 22 (4), 2432–2442. <https://doi.org/10.1002/suco.202000635> [in English].

## ABSTRACT

### **Palyvoda O., Horb O., Lapenko O. Efficiency of using bolted connections for precast concrete**

*This publication provides an overview of the state of affairs in the field of precast concrete structures, considers the factors that hinder and limit the development of this area, as well as the factors that stimulate the introduction of precast concrete in the future. A comparison of the costs of arranging the connection of a precast concrete column to the foundation is made.*

**The aim** of the study is to determine the optimal variant of the connection between a precast concrete column and the foundation by performing technical and economic calculations of the proposed options at a real construction site.

**Methodology.** Research methods: analysis of literary sources, design documentation related to the implementation of the connection of a precast concrete column with the foundation.

**Results.** A comparison of technical and economic indicators, in particular the volume and cost of basic operations and materials (products) required to connect a precast concrete column to the foundation, was made on the example of two solutions



that took place during the development of project documentation for the construction of the enterprise, namely: bolted connection of columns to the foundation and a column-to-pocket foundation.

**Scientific novelty.** Analytical indicators are proposed that allow to apply the best options when choosing structural solutions for connecting precast concrete structures.

**Practical significance.** The practical value of this study lies in the use of analytical indicators and a conceptual software package for analyzing and optimizing the design of precast concrete structures.

**Keywords:** precast concrete, bearing capacity, structural reinforcement, bolted connections, anchors, embedded parts.

#### **AUTHOR'S NOTE:**

**Palyvoda Oleksandr**, Candidate of Technical Sciences, Professor, Associate Professor at the Department of Air Transport Infrastructure, State University «Kyiv Aviation Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: [oleksandr.palyvoda@npp.nau.edu.ua](mailto:oleksandr.palyvoda@npp.nau.edu.ua), orcid: 0000-0001-9787-9653

**Horb Oleksandr**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Air Transport Infrastructure, State University «Kyiv Aviation Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: [oleksandr.horb@npp.nau.edu.ua](mailto:oleksandr.horb@npp.nau.edu.ua), orcid: 0000-0003-3104-7621

**Lapenko Oleksandr**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of Computer Technologies in Construction, State University «Kyiv Aviation Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: [oleksandr.lapenko@npp.nau.edu.ua](mailto:oleksandr.lapenko@npp.nau.edu.ua), orcid: 0000-0002-2029-0792