

## УДК 624.05-044.4

А. В. РАДКЕВИЧ<sup>1</sup>, М. І. НЕТЕСА<sup>2</sup>, А. М. НЕТЕСА<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Каф. «Будівельне виробництво та геодезія», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (098) 307 81 44, ел. пошта anatolij.radkevich@gmail.com, ORCID 0000-0001-6325-8517

<sup>2</sup>Каф. «Будівельне виробництво та геодезія», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (067) 195 50 27, ел. пошта andreynetesas@meta.ua, ORCID 0000-0002-9134-8023

<sup>3\*</sup>Каф. «Будівельне виробництво та геодезія», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (063) 769 25 51, ел. пошта andreynetesas@meta.ua, ORCID 0000-0002-3364-3446

## Підвищення ефективності поєднання будівельно-монтажних робіт під час улаштування нульового циклу в умовах ущільненої забудови

**Мета.** Розвиток урбанізації в умовах ХХІ сторіччя характеризується зростанням частки багатофункціональних інфраструктурних комплексів серед загального обсягу нового та відновленого будівництва. Значним попитом характеризуються проекти з розвиненою стилістичною частиною та при розміщенні паркувальних майданчиків в просторі підземних поверхів. Такі рішення дозволяють ефективно використати підземний простір при мінімізації заповнення 1–5 поверхів. Остання вимога є характерною для забудови історичних центрів, де містобудівними обмеженнями регламентується гранична висота будівлі. Дослідження спрямовано на підвищення ефективності виконання робіт за умови їх суміщення під час улаштування нульового циклу багатофункціональних комплексів, які зводять в історичній частині міст, в умовах ущільненої забудови та вкрай обмеженого простору. **Методика.** Автори провели огляд світового досвіду влаштування багатофункціональних комплексів і запровадили передовий досвід прийняття організаційно-технологічних рішень під час розробки проектно-технологічної документації з улаштування нульового циклу об'єкта «Нове будівництво багатофункціонального комплексу з автопаркінгом за адресою вул. Володимира Вернадського, 25, м. Дніпро». Розглянуто основні будівельні процеси влаштування нульового циклу в складних умовах ущільненої забудови та визначено критичні елементи під час їх проектування. Удосконалено технологічну послідовність виконання суміжних робіт різними підрядними організаціями з метою створення резерву часу та підвищення надійності всього технологічного процесу. **Результати.** Визначено організаційно-технологічні рішення, що дозволяють виконувати суміщення будівельно-монтажних процесів улаштування нульового циклу багатофункціональних комплексів за значної кількості субпідрядних організацій в умовах ущільненої забудови, а також у складних гідрогеологічних умовах або під час будівництва в просторі історичної забудови центральної частини міст. **Наукова новизна.** Автори вперше провели наукове дослідження в галузі влаштування нульового циклу з огляду на розташування будівельної техніки в умовах обмеженого простору будівельного майданчика в історичній частині м. Дніпро та запропонували ряд рішень, що забезпечили підвищення надійності основного будівельного процесу. **Практична значимість.** На основі отриманих результатів можна корегувати розташування будівельної техніки та визначення раціональної послідовності будівельно-монтажних робіт, а також прогнозувати подальший розвиток технології будівельного виробництва. Ці дослідження можуть бути корисними під час вивчення дисциплін «Технологія будівельного виробництва», «Технологія спеціальних робіт», для організації науково-практичних семінарів, курсів підвищення кваліфікації тощо.

*Ключові слова:* умови ущільненої забудови; багатофункціональний комплекс; організаційно-технологічні фактори; підземний паркінг; історична частина міста; стилістична; шпунтове огороження

### Вступ

Розвиток урбанізації в умовах ХХІ сторіччя характеризується зростанням частки багатофункціональних інфраструктурних комплексів серед загального обсягу нового та відновленого

будівництва [1, 6, 8]. Зокрема, значний попитом мають проекти з розвиненою стилістичною частиною та розміщенням паркувальних майданчиків у просторі підземних поверхів [10]. Такі рішення дозволяють ефективно використати

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

підземний простір за мінімізації заповнення 1–5-го поверхів [7]. Остання вимога є характерною для забудови історичних центрів, де містобудівними обмеженнями регламентовано граничну висоту будівлі (2–4). На рис. 1 показаний приклад улаштування підземного паркінгу під час реконструкції будівлі: в'їзд до багаторівневого паркінгу виконано безпосередньо з вулиці, а шляхом раціонального використання ефективних архітектурних рішень він практично не виділяється із загального ансамблю будівлі. Таким чином, зовнішнє естетично-психологічне сприйняття окремих будівель та вулиці в цілому не погіршується.

**Мета**

Враховуючи вищезгадане, автори ставлять за мету проаналізувати організаційно-технологічні рішення, прийняті під час спорудження нульового циклу багатофункціонального комплексу в історичній частині міста, та сформувати принципи поєднання будівельно-монтажних процесів в умовах ущільненої забудови для узгодженості роботи кількох субпідрядних організацій в умовах обмеженого будівельного майданчика та високої механізації із застосуванням габаритної будівельної техніки.



Рис. 1. В'їзд до підземного паркінгу в реконструйованій будівлі готелю, вул. Альянс, 27, м. Будапешт, Угорщина

Fig. 1. Entrance to the underground parking in the renovated hotel building, Alliance St, 27, Budapest, Hungary

**Методика**

Під час планування робіт в умовах ущільненої забудови, через суттєве обмеження простору будівельного майданчика, необхідно ретельно планувати послідовність виконання будівельно-монтажних робіт [12]. Особливу увагу слід приділяти роботам етапу нульового циклу, оскільки в цей період виникає потреба сумі-

щення дій цілої низки спеціалізованих бригад із високим рівнем механізації, а також суттєво обмежений простір монтажного горизонту [9]. Ускладнення виникає і під час будівництва в складних гідрогеологічних умовах [5], а також у разі близького розташування навколишніх будівель і споруд, коли значно обмежений простір для влаштування котловану та розташування укосів [11].

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

В історичній частині м. Дніпро по вул. Володимира Вернадського, 25, зводять сучасний багатофункціональний комплекс з авто паркінгом. Проектом передбачене зведення будівлі змінної поверховості, від 5 до 12 поверхів, із виходом на вул. Володимира Вернадського 5-поверхової частини для задоволення містобудівних умов та обмежень. Крім того, передбачене влаштування 3-поверхового підземного паркінгу. Конструктивна система будівлі – каркасна, з монолітним залізобетонним каркасом. Фундаменти – пальові та плитні. Для запобігання впливу будівлі на навколишню забудову та утримання ґрунтового масиву передбачено шпунтове огородження котловану з залізобетонних бурюін'єкційних та буронабивних паль.

## Результати

На етапі планування організаційно-технологічних рішень процесу влаштування нульового циклу передбачена така послідовність виконання робіт. Від перетину осей 4 та Д виконують шпунтове огородження котловану. Для цього проводять локальну розробку ґрунту з формуванням тераси. Далі паралельно з процесом влаштування паль виконують влаштування фундаментної балки для об'єднання роботи паль. Поступово продовжують подальші роботи з формування тераси до позн. 94,600 у межах осей 1–4. Розташування будівельної техніки та організацію будівельного майданчика показано на рис. 2.

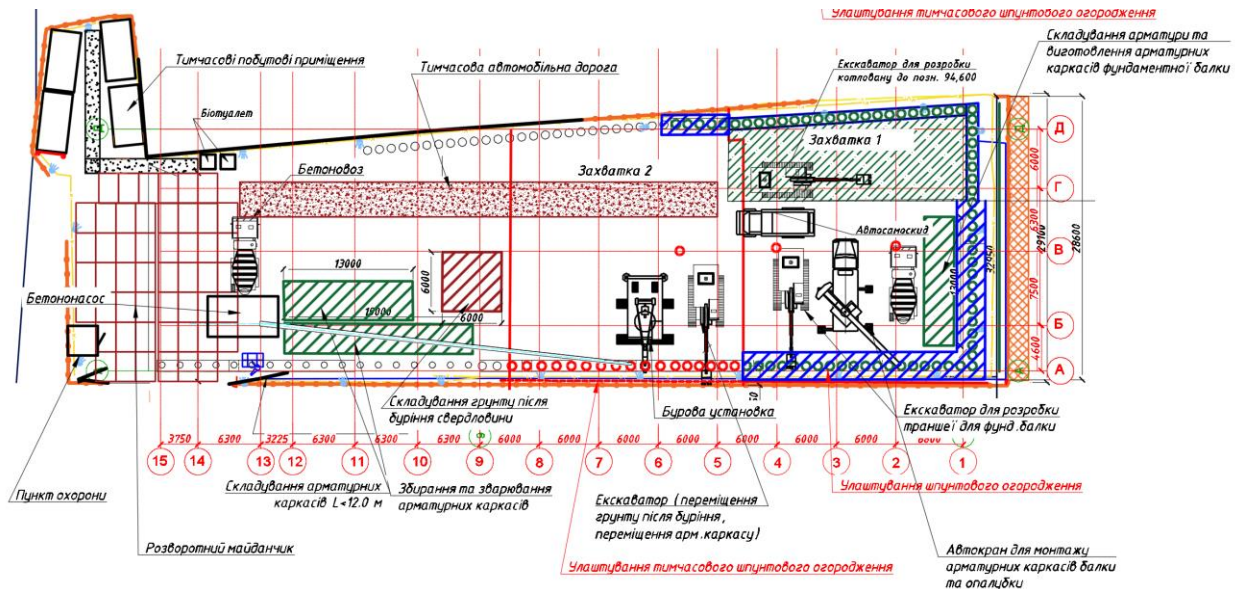


Рис. 2. Організація будівельного майданчика на етапі влаштування шпунтового огородження котловану в межах осей 1–9. Авторське креслення

Fig. 2. Organization of the construction site at the stage of installation of sheet pile wall of the pit within the axes 1–9. Author's drawing

Крім указаних робіт, з цієї поверхні також були влаштовані палі по осі В для подальшого спирання на них розпірних конструкцій. Система розпірних конструкцій за проектом повинна стримувати шпунтове огородження котловану та утримувати елементи навколишньої забудови до зведення монолітного залізобетонного каркаса в осях 1–9. Проте вказана система суттєво обмежує простір виконання робіт та

створює значні ускладнення роботи будівельної техніки.

Під час подальших робіт забезпечено пересування процесу влаштування шпунтового огородження до осей 5–15 з метою звільнення майданчика в межах осей 1–5 та початку влаштування там розподільної системи для майбутнього влаштування розпорок (рис. 3) та безпосереднього монтажу розпірних конструкцій (рис. 4).

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

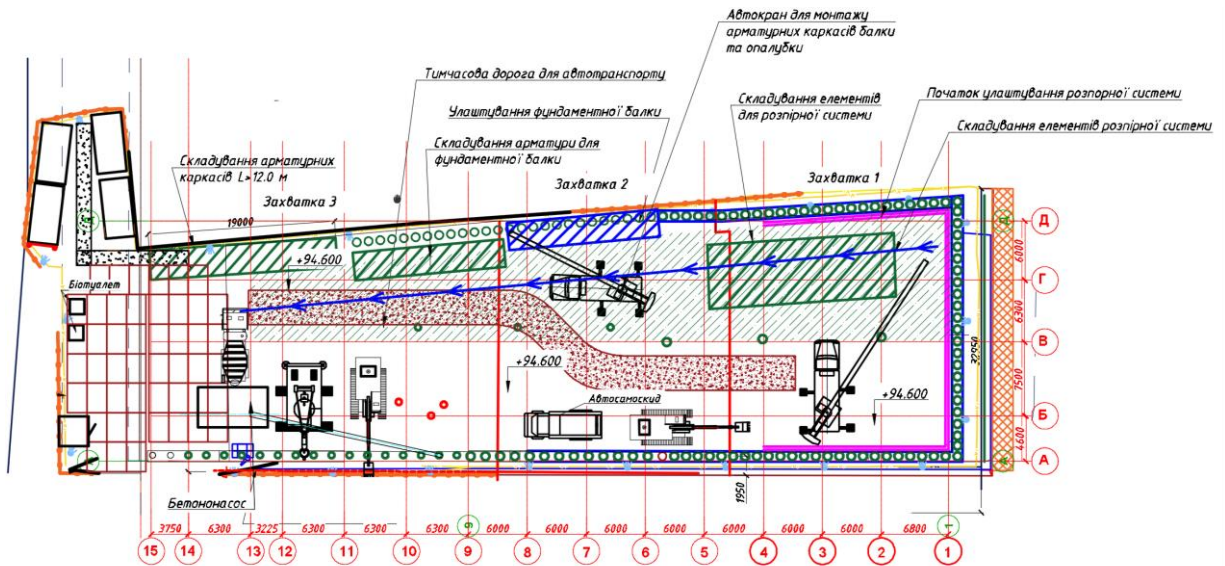


Рис. 3. Початок улаштування розпірної системи. Навішування анкерів.  
Авторське креслення

Fig. 3. Beginning of the cross-tie system arrangement. Hanging anchors.  
Author's drawing

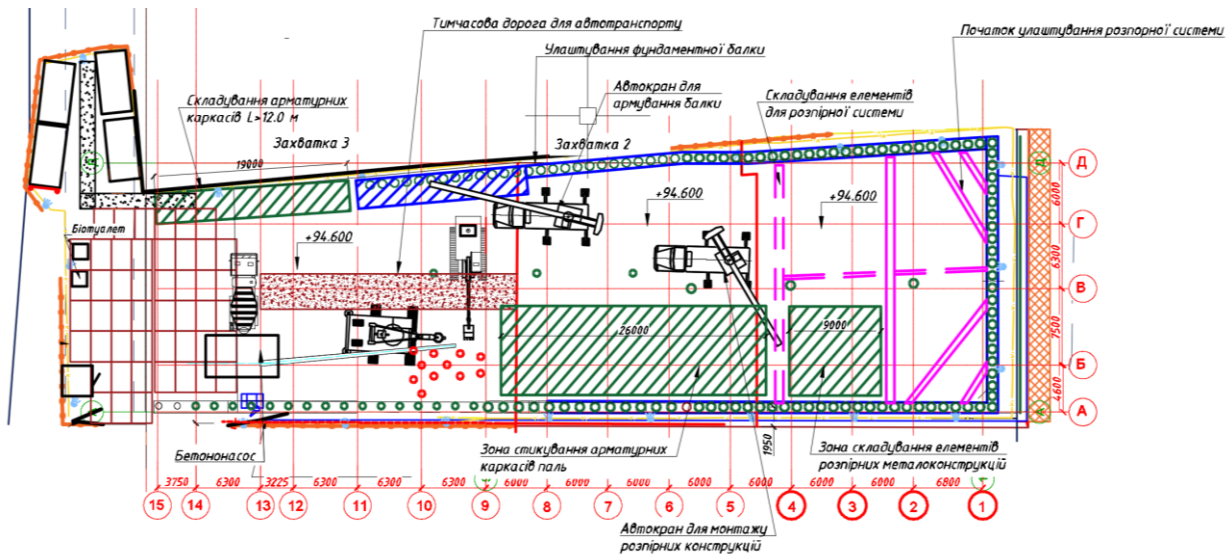


Рис. 4. Улаштування розпірок в осях 1–4.  
Авторське креслення

Fig. 4. Cross-bar arrangement in axes 1–4.  
Author's drawing

У межах осей 9–10 та А–Б також улаштовано буронабивні палі для майбутнього кранового фундаменту. Розміщення крана було передбачено на фундаментній плиті, тому підкрановий ростверк спроектовано так, щоб збігалися

верх фундаменту та верх основної плити. Проте через складність доставки на будівельний майданчик габаритної бурової установки масою близько 100 т і неможливість її спуску в котлован підкранові палі виконано з поверхні, з по-

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

дальшим зрубуванням до проектної позначки після розробки котловану.

Після завершення шпунтового огородження та набуття бетоном міцності, а також завершення влаштування розпірної системи передбачено розробку котловану з улаштуванням

в'їзду по вісі Г в межах осей 9–12. При цьому для забезпечення фронту робіт з улаштування кранового фундаменту спочатку передбачена розробка ґрунту в просторі між осями 8–11 та А–В, потім подальше розвинення в напрямі осей 1–4 (рис. 5).

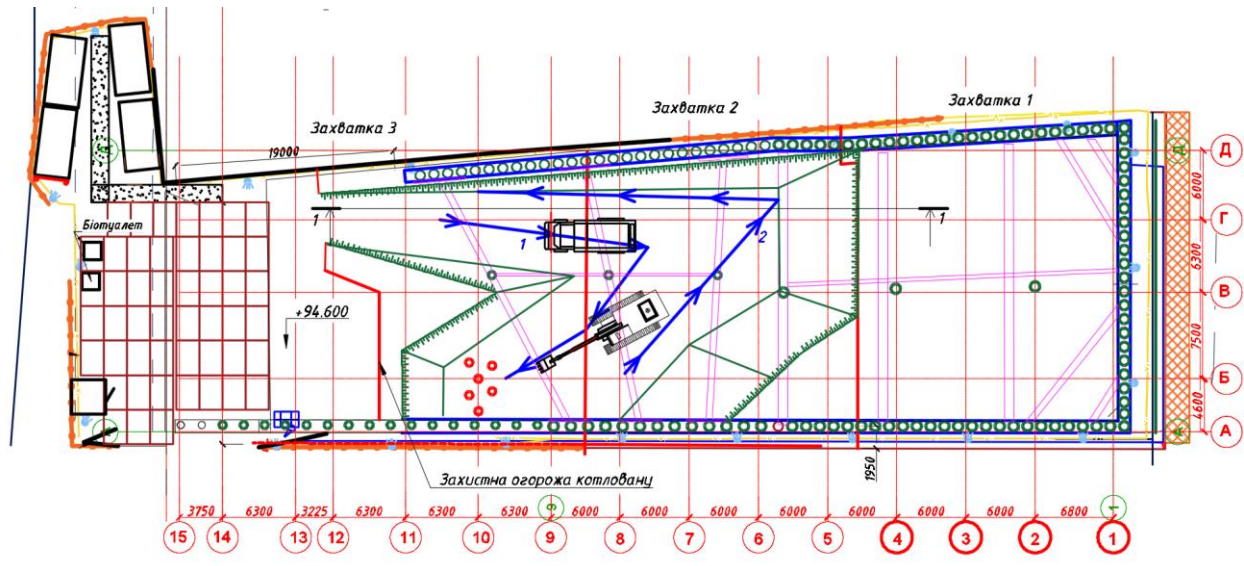


Рис. 5. Розробка котловану з боку осі 12, улаштування в'їзду в котлован. Авторське креслення

Fig. 5. Development of the pit from the axis 12, arrangement of the entrance to the pit. Author's drawing

Під час проектування в'їзду особливу увагу приділено технічним характеристикам машин, задіяних у розробці котловану – екскаватора (на вимогу субпідрядника, мінімальна висота від рівня дна котловану до найближчої розпірної конструкції мала складати 5,0 м) та автосамос-

кида MAN TGS 41.400 8X4 (габаритна висота 3,6 м; максимальний ухил в'їзду заповненого автосамоскида 25°). Розріз по в'їзду в котлован із зазначенням критичних розмірів указаний на рис. 6.

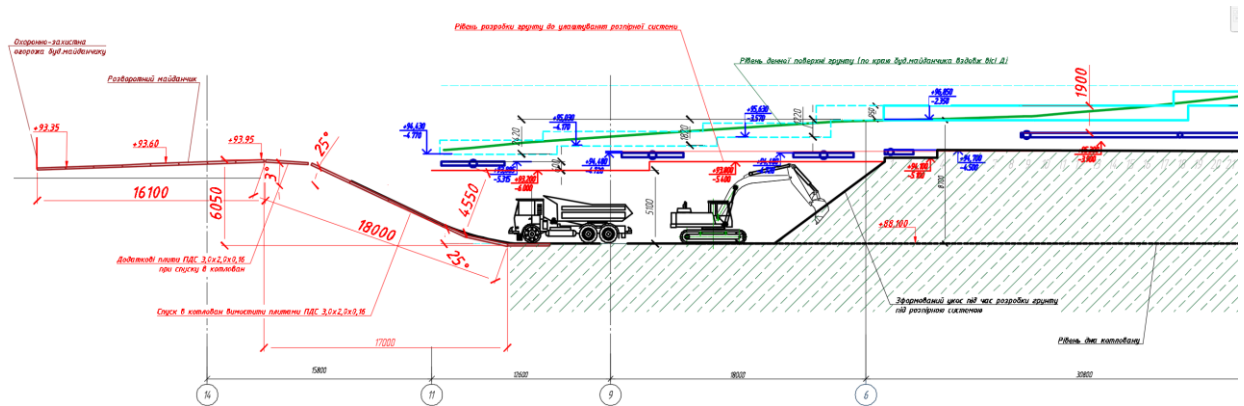


Рис. 6. В'їзд у котлован. Основні обмежувальні розміри. Розріз. Авторське креслення

Fig. 6. Entrance to the pit. The main limiting dimensions. Cut. Author's drawing

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

Унаслідок обмеження під'їздів до будівельного майданчика, а також недопущення перекривання вул. Вернадського, на етапі укладання бетонної суміші для фундаментної плити прийнято рішення виконувати бетонування одночасно двома бетононасосами. Перший бетононасос установлюють на поверхні котловану поблизу осі 12 за межами можливого обрушення ґрунту, він приймає бетонну суміш із бетоновозів та подає її до бетононасоса № 2. Бетона-

сос № 2, стоячи в котловані, виконує безпосередню подачу бетонної суміші до місця укладання, розташовуючи стрілу над розпірними конструкціями та рухаючись поступово в напрямку від осі 1 до осі 9. Схема розташування будівельної техніки на цьому етапі виконання робіт показана на рис. 7. Безпосередня подача бетонної суміші в приймальний бункер бетононасоса № 2 бетононасосом № 1 показана на рис. 8.

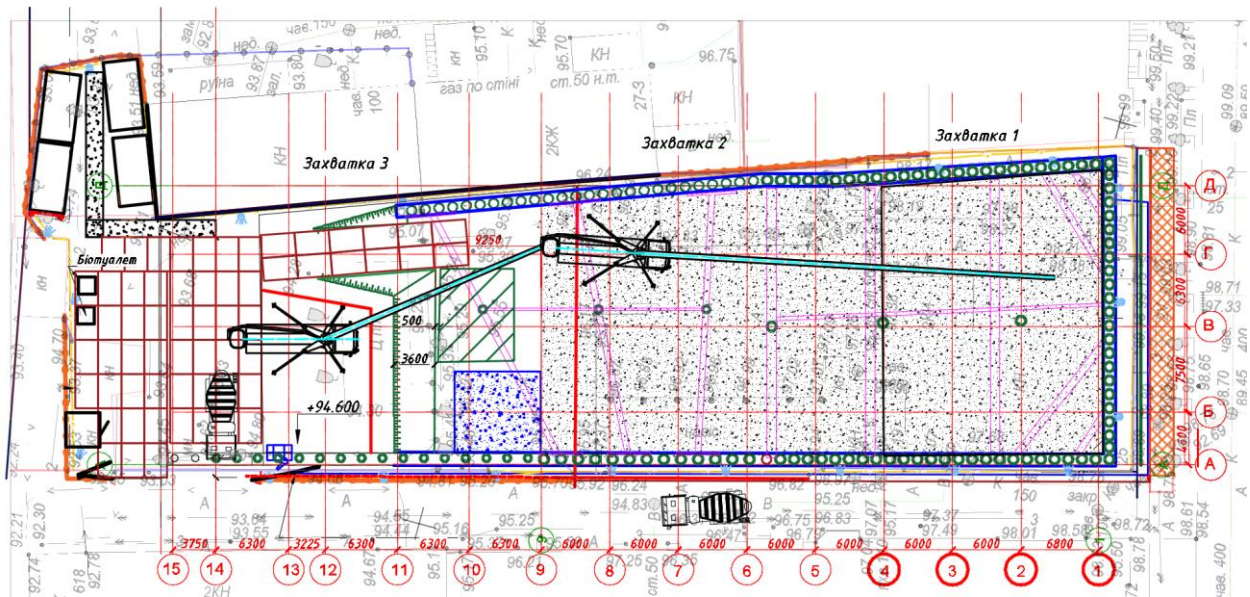


Рис. 7. Розташування будівельної техніки на етапі бетонування фундаментної плити.

Авторське креслення

Fig. 7. Location of construction equipment at the stage of concreting the ground slab.

Author's drawing

За рахунок використання ефективних бетононасосів Daewoo (робочий радіус – до 48 м, діаметр бетоноводу – 120 мм, продуктивність подачі бетонної суміші – до 120 м<sup>3</sup>/год) була забезпечено безперервну подачу раціонально спроектованої бетонної суміші (рухливість – П5, клас за міцністю – С16/20). При цьому необхідність одночасного використання двох бетононасосів та відповідні витрати коштів на оренду спецтехніки компенсовано ефективним вивантаженням бетоновозів без затримки на місці розвантаження внаслідок наявності роз-

воротного майданчика та 12-метрових воріт на в'їзді до будівельного майданчика.

За рахунок ефективного планування послідовності виконання робіт вдалося раціонально поєднати виробничі процеси спеціалізованих підрядних організацій на етапі влаштування нульового циклу. Унаслідок постійного використання спланованого фронту робіт в умовах обмеженості будівельного майданчика забезпечено високу надійність виробничого процесу з можливістю застосування резервів часу для ефективного виконання робіт.

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО



Рис. 8. Подача бетонної суміші бетононасосом № 1 до приймального бункера бетононасоса № 2 в умовах обмеженості будівельного майданчика.

Фото автора на будівельному майданчику

Fig. 8. Supply of concrete mix by concrete pump no. 1 to the receiver hopper of concrete pump no. 2 under the conditions of limited construction site.

Photo by the author on a construction site

### Наукова новизна та практична значимість

У цій роботі на основі аналізу попередніх досліджень і застосування передового досвіду в проектуванні раціональних технологічних процесів в умовах будівельного майданчика виконано дослідження в галузі організації будівельного виробництва. Доведено, що найбільш перспективними для подальших досліджень є організаційно-технологічні рішення з раціо-

нального поєднання спеціалізованих підрядних організацій для забезпечення їх ефективної сумісної роботи в умовах ущільненої забудови.

### Висновки

Аналіз отриманих рішень щодо забезпечення надійного функціонування будівельного майданчика в умовах обмеженості простору внаслідок ущільненої навколишньої забудови дав змогу зробити такі висновки:

1. Стан розвитку сучасної будівельної техніки та наявних організаційно-технологічних параметрів для процесів улаштування спеціальних робіт на території України дозволяє виконувати складні проєктні рішення зі зведення нових багатофункціональних інфраструктурних комплексів, у тому числі в складних гідрогеологічних умовах, а також в історичній частині міст.

2. Урбанізація та розвиток автотранспорту призводять до підвищення потреби в наявних місцях паркування, зокрема в просторі підземних поверхів нових та реконструйованих будівель.

3. Раціональне проектування будівельних процесів з огляду на можливість їх суміщення та підвищення надійності внаслідок створення резервів часу дозволяє підвищити ефективність улаштування нульового циклу багатоповерхових будівель і споруд і, як наслідок, забезпечити надійне виконання робіт. Проте необхідно вдосконалювати теоретичні та практичні засоби проектування, оцінки й аналізу відповідних рішень для створення комплексної методики всебічного оцінювання можливих рішень та вибору найбільш раціональної послідовності виконання робіт. В умовах ринкової економіки й необхідності створення надійної системи функціонування підрядних організацій під час втілення особливо складних проєктів багатофункціональних інфраструктурних комплексів відповідні заходи призводять до підвищення інвестиційної сприятливості проєктних рішень, і загального інвестиційного клімату регіонів та України в цілому.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вяткін К. І. Етапи розвитку містобудівних систем: ретроспективний аналіз та тенденції. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2021. № 59. С. 189–202.  
DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2021.59.189-202>
2. ДБН Б.2.2-12:2019 *Планування та забудова територій*. [Чинний від 2019-01-10]. Київ, 2019. 185 с.
3. ДБН В.1.2-12-2008 *Система надійності та безпеки в будівництві. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки*. [Чинний від 2009-01-01]. Київ, 2008. 34 с.
4. ДБН В.2.2-41:2019 *Висотні будівлі. Основні положення*. [Чинний від 2020-01-01]. Київ, 2008. 59 с.
5. Заяць Є. І., Млодецький В. Р., Ткач Т. В., Нетеса А. М. Застосування криволінійної підпірної стіни при будівництві багатоповерхових будівель. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2020. Вип. 43. С. 115–123.
6. Лойко В. В., Жукова Ю. М., Сундук А. М., Швець П. А. Глобальні урбаністичні тенденції розвитку міст як окремих соціально-економічних систем. *Економіка та держава*. 2021. № 9. С. 10–18.  
DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2021.9.10>
7. Пшінько О. М., Радкевич А. В., Нетеса М. І., Косячевська С. М. Особливості зведення багатоповерхових будівель громадсько-житлового призначення з підземними поверхами та розвиненою стилобатною частиною в умовах ущільненої забудови. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2020. Вип. 43. С. 104–114.
8. Соколан Ю., Кучеренко Л. Аналіз досвіду планування системи благоустрою житлових територій при реконструкції. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2021. № 2. С. 17–25.  
DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2021-295-2-17-25>
9. Трофимович Н. В. Пропозиції щодо проектування та будівництва житлових будинків у складних інженерногеологічних умовах у міській забудові. *Наука, техніка і технології: глобальні та сучасні тенденції*. 2021. С. 197–202. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-046-9-48>
10. Тютюкін О. Л., Ігнатенко Д. Ю. Визначення раціональних параметрів підпірних конструкцій із ґрунтоцементних паль на зсувонебезпечних схилах. *Наука та прогрес транспорту*. 2021. № 6 (90). С. 97–105.  
DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2020/225281>
11. Ihnatenko D. Y., Petrenko V. D., Tiutkin O. L. Interaction of soil-cement pile supporting structures with the body of a landslide. *Science and Transport Progress*. 2017. № 5 (71). P. 115–123.  
DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2017/113619>
12. Pshynko O., Radkevych A., Netesa M., Netesa A. (2020). Problems of Development of an Underground Transport Infrastructure of Cities. *Transport Problems*. 2020. Vol. 15. Iss. 1. P. 81–91.  
DOI: <https://doi.org/10.21307/tp-2020-008>

A. V. RADKEYUCH<sup>1</sup>, M. I. NETESA<sup>2</sup>, A. M. NETESA<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Dep. «Construction Production and Geodesy», Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (098) 307 81 44, e-mail [anatolij.radkevich@gmail.com](mailto:anatolij.radkevich@gmail.com), ORCID 0000-0001-6325-8517

<sup>2</sup>Dep. «Construction Production and Geodesy», Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (067) 195 50 27, e-mail [andreynetesa@meta.ua](mailto:andreynetesa@meta.ua), ORCID 0000-0002-9134-8023

<sup>3\*</sup>Dep. «Construction Production and Geodesy», Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (063) 769 25 51, e-mail [andreynetesa@meta.ua](mailto:andreynetesa@meta.ua), ORCID 0000-0002-3364-3446

## Improving the Efficiency of Combination of Construction and Installation Works During the Underground Phase Under Conditions of Compacted Construction

**Purpose.** The urbanization development in the twenty-first century is characterized by increasing the share of multifunctional infrastructure complexes among the total volume of new and renovated construction. Projects with a developed stylobate part are characterized by significant demand, as well as placing parking lots in the space of



## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

underground floors. Such solutions make it possible to effectively use the underground space while minimizing the filling of 1–5 floors. The latter requirement is typical for the construction of historic centers, where urban restrictions regulate the maximum height of the building. The research is aimed at increasing the efficiency of works provided they are combined during the arrangement of underground phase of multifunctional complexes, which are built in the historic part of cities, in a densely built-up area and extremely limited space. **Methodology.** The authors reviewed the world experience in the installation of multifunctional complexes and introduced best practices in organizational and technological solutions during the development of design and technological documentation for the arrangement of underground phase of the object «New construction of a multifunctional complex with parking at 25 Volodymyra Vernadskoho Street, Dnipro.» The main construction processes of the underground phase arrangement in difficult conditions of compacted construction are considered and the critical elements during their design are determined. The technological sequence of performing related works by various contractors has been improved in order to create a time reserve and increase the reliability of the entire technological process. **Findings.** Organizational and technological solutions have been identified that allow combining construction and installation processes of underground phase of multifunctional complexes with a significant number of subcontractors under conditions of compacted construction, as well as under complex hydrogeological conditions or during construction in the historic buildings of the central part of cities. **Originality.** The authors for the first time conducted research in the field of underground phase arrangement given the location of construction equipment in the limited space of the construction site in the historic part of Dnipro and proposed a number of solutions to increase the reliability of the main construction process. **Practical value.** Based on the results obtained, one can correct the location of construction equipment and determine the rational sequence of construction and installation works, as well as predict the further development of construction technology. These studies can be useful during the study of disciplines «Technology of Construction Production», «Technology of special works», for the organization of scientific and practical seminars, refresher courses and more.

**Keywords:** conditions of compacted buildings; multifunctional complex; organizational and technological factors; underground parking; historical part of the city; stylobate; sheet pile wall

## REFERENCES

1. Viatkin, K. (2021). Stages development of urban construction systems: retrospective analysis and trends. *Current Problems of Architecture and Urban Planning*, 5, 189-202. (in Ukrainian)
2. *Planuvannya ta zabudova terytoriy*, 185 DBN B.2.2-12:2019. (2019). (in Ukrainian)
3. *Systema nadiynosti ta bezpeky v budivnytstvi. Budivnytstvo v umovakh ushchil'nenoyi zabudovy. Vymohy bezpeky*, 34 DBN V.1.2-12-2008. (2008). (in Ukrainian)
4. *Vysotni budivli. Osnovni polozhennya*, 59 DBN V.2.2-41:2019. (2008). (in Ukrainian)
5. Zaiats, Y. I., Mlodetskiy, V. R., Tkach, T. V., & Netesa, A. M. (2020). Application of a curved retaining wall in the construction of multi-storey buildings. *Ways to Improve Construction Efficiency*, 43, 115-123. (in Ukrainian)
6. Loiko, V., Zhukova, Y., Sunduk, A., & Shvets, P. (2021). Global urban tendencies of city development as individual socio-economic systems. *Ekonomika Ta Derzhava*, 9, 10-18. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2021.9.10> (in Ukrainian)
7. Pshynko, A. M., Radkevych, A. V., Netesa, M. I., & Kosiachevska, S. M. (2020). Features of erection of multi-story public-residential buildings with underground floors and developed stylobate part in conditions of compacted construction. *Ways to Improve Construction Efficiency*, 43, 104-114. (in Ukrainian)
8. Sokolan, I., & Kucherenko, L. (2021). Analysis of planning experience of inhabited localities urban beautification in view of reconstruction. *Herald of Khmelnytskyi National University*, 2, 17-25. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2021-295-2-17-25> (in Ukrainian)
9. Trofymovych, N. V. (2021). Propozytsiyi shchodo proektuvannya ta budivnytstva zhytlovykh budynkiv u skladnykh inzhenernoheolohichnykh umovakh u mis'kiy zabudovi. *Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions*, 197-202. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-046-9-48> (in Ukrainian)
10. Tyutkin, O. L., & Ignatenko, D. Yu. (2021). Visualization of rational parameters of supporting structures from runtoement cement piles on landslide slopes. *Science and Transport Progress*, 6(90), 97-105. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2020/225281> (in Ukrainian)

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

---

11. Ignatenko, D. Y., Petrenko, V. D., & Tyutkin, O. L. (2017). Interaction of soil-cement pile supporting structures with the body of a landslide. *Science and Transport Progress*, 5(71), 115-123.  
DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2017/113619> (in Ukrainian)
12. Pshynko, O., Radkevych, A., Netesa, M., & Netesa, A. (2020). Problems of development of an underground transport infrastructure of cities. *Transport Problems*, 15(1), 81-92.  
DOI: <https://doi.org/10.21307/tp-2020-008> (in Ukrainian)

Надійшла до редколегії: 31.03.2021

Прийнята до друку: 02.08.2021