

УДК 69.032.22:658.512.4

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.281221.47.813

## МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ УМОВ СПОРУДЖЕННЯ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАРІАНТІВ ПРОЄКТНИХ І ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

КРАВЧУНОВСЬКА Т. С.<sup>1\*</sup>, докт. техн. наук, проф.,

ЗАЯЦЬ Є. І.<sup>2</sup>, докт. техн. наук, проф.,

КОСОЛАПОВ А. Ф.<sup>3</sup>, канд. техн. наук, доц.,

МАРТИШ О. О.<sup>4</sup>, канд. техн. наук, доц.,

ДЬЯЧЕНКО Л. Ю.<sup>5</sup>, канд. техн. наук, доц.

<sup>1\*</sup> Кафедра організації і управління будівництвом, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: [kts789d@gmail.com](mailto:kts789d@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-0986-8995

<sup>2</sup> Кафедра організації і управління будівництвом, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: [zei83dici@gmail.com](mailto:zei83dici@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-7382-919X

<sup>3</sup> Кафедра геолозії, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», пр. Дмитра Яворницького, 19, Дніпро, 49005, Україна, тел. +38 (056) 373-07-69, e-mail: [sgm@sgm.org.ua](mailto:sgm@sgm.org.ua), ORCID ID: 0000-0001-8931-0352

<sup>4</sup> Кафедра організації і управління будівництвом, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: [martysh.oleksandr@pgasa.dp.ua](mailto:martysh.oleksandr@pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0003-4499-2278

<sup>5</sup> Кафедра організації і управління будівництвом, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: [diachenko.larysa@pgasa.dp.ua](mailto:diachenko.larysa@pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0002-8864-2555

**Анотація. Постановка проблеми.** При проєктуванні сучасних висотних будівель до пріоритетних завдань належать: зменшення енергоспоживання, підвищення рівня комфорту, безпеки, ефективності та екологічності. Тому актуальним є завдання створення інструментарію оцінювання тривалості і вартості спорудження висотних будівель, із урахуванням ймовірнісних впливів мінливого зовнішнього середовища, ресурсних обмежень проєкту та дотриманням сучасних вимог до об'єктів будівництва щодо енергоефективності, безпечності, якості та екологічності об'єктів, призначеного, перш за все, для потреб замовників, інвесторів. **Мета статті.** Розроблення методичного підходу до оцінювання умов спорудження висотних будівель та обґрунтування ефективності варіантів проєктних і організаційно-технологічних рішень. **Висновок.** На сьогодні відсутній єдиний підхід до розроблення проєктних і організаційно-технологічних рішень спорудження висотних будівель, із урахуванням вимог до якості, енергоефективності, безпечності та екологічності об'єктів за наявних ресурсних обмежень. Застосування такого інструментарію при оцінюванні, аналізі, обґрунтуванні і виборі раціональних проєктних та організаційно-технологічних рішень дозволить підвищити якість споруджуваних висотних будівель при ефективному використанні ресурсів і одночасному зниженні несприятливих впливів на довкілля завдяки врахуванню комплексного впливу визначальних організаційно-технологічних, технічних та управлінських факторів для мінімізації негативного впливу дестабілізуючих чинників у процесі проєктування і виконання будівельних робіт. Розроблений методичний підхід до оцінювання умов спорудження висотних будівель та обґрунтування ефективності варіантів проєктних і організаційно-технологічних рішень призначений для замовників, інвесторів, а також може бути використаний підрядниками, органами державного управління та місцевого самоврядування, зокрема при формуванні договірних відносин і проведенні підрядних торгів.

**Ключові слова:** організаційно-технологічні рішення; висотна будівля; тривалість; вартість; якість, енергоефективність, безпечність, екологічність

## METHODOLOGICAL APPROACH TO ASSESSING THE CONDITIONS FOR THE CONSTRUCTION OF HIGH-RISE BUILDINGS AND SUBSTANTIATING THE EFFECTIVENESS OF OPTIONS FOR DESIGN AND ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL DECISIONS

KRAVCHUNOVSKA T.S. <sup>1\*</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,  
ZAIATS Ye. I. <sup>2</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,  
KOSOLAPOV A.F. <sup>3</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,  
MARTYSH O.O. <sup>4</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,  
DIACHENKO L.Yu. <sup>5</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

<sup>1\*</sup> Department of organization and management of civil engineering, State Higher Educational Establishment «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskoho str., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-33-66, e-mail: kts789d@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0986-8995

<sup>2</sup> Department of organization and management of civil engineering, State Higher Educational Establishment «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskoho str., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-33-66, e-mail: zei83dici@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7382-919X

<sup>3</sup> Department of geodesy, National Technical University «Dnipro University of Technology», 19, Dmytra Yavornytskoho av., Dnipro 49005, Ukraine, phone +38 (056) 373-07-69, e-mail: sgm@sgm.org.ua, ORCID ID: 0000-0001-8931-0352

<sup>4</sup> Department of organization and management of civil engineering, State Higher Educational Establishment «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskoho str., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-33-66, e-mail: martysh.oleksandr@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4499-2278

<sup>5</sup> Department of organization and management of civil engineering, State Higher Educational Establishment «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskoho str., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-33-66, e-mail: diachenko.larysa@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-8864-2555

**Abstract. Raising of problem.** When designing modern high-rise buildings, the priority tasks are: reducing energy consumption, increasing the level of comfort, safety, efficiency and environmental friendliness. Therefore, the urgent task is to create a toolkit for assessing the duration and cost of erecting high-rise buildings, taking into account the probabilistic effects of a changeable external environment, resource constraints of the project and compliance with modern requirements for construction facilities regarding energy efficiency, safety, quality and environmental friendliness of facilities, designed primarily for the needs of customers, investors. **Purpose of the article.** Development of a methodological approach to assessing the conditions for the construction of high-rise buildings and substantiating the effectiveness of options for design and organizational and technological decisions. **Conclusion.** To date, there is no unified approach to the development of design, organizational and technological decisions for the construction of high-rise buildings, taking into account the requirements for quality, energy efficiency, safety and environmental friendliness of facilities with existing resource constraints. The use of such tools in the assessment, analysis, substantiation and selection of rational design and organizational and technological decisions will improve the quality of high-rise buildings being erected with the efficient use of resources and at the same time reducing adverse environmental impacts by taking into account the complex impact of determining organizational, technological, technical and management factors for minimizing the negative impact of destabilizing factors in the design and production of construction work. The developed methodological approach to assessing the conditions for the construction of high-rise buildings and substantiating the effectiveness of options for design and organizational and technological decisions is focused on customers, investors, and can also be used by contractors, government bodies and local governments, in particular when forming contractual relations and holding contract auctions.

**Keywords:** *organizational and technological decisions; high-rise building; duration; cost; quality, energy efficiency, safety, environmental friendliness*

**Постановка проблеми.** При проектуванні сучасних висотних будівель до пріоритетних завдань належать: зменшення енергоспоживання, підвищення рівня комфорту, безпеки, ефективності та екологічності [4–8].

В зв'язку з цим на сьогодні актуальним є завдання розроблення методу оцінювання, аналізу, обґрунтування і вибору раціональних проектних та організаційно-технологічних рішень спорудження висотних будівель за критеріями тривалості і вартості, із урахуванням ймовірнісних впливів мінливого зовнішнього середовища,

ресурсних обмежень проекту та дотриманням сучасних вимог до об'єктів будівництва щодо енергоефективності, безпеки, якості і екологічності, основними користувачами якого будуть замовники та інвестори.

Аналіз публікацій. За результатами аналізу наукових досліджень Д. Ф. Гончаренка [1], Є. І. Зайця [2], Д. О. Чернишева [3] та інших [4–8], присвячених світовому досвіду висотного будівництва та обґрунтуванню доцільності його застосування при розробленні і реалізації проектів спорудження висотних

будівель в умовах вітчизняного девелопменту, встановлено, що на сьогодні відсутній єдиний підхід до розроблення проєктних і організаційно-технологічних рішень спорудження висотних будівель, із урахуванням вимог до якості, енергоефективності, безпечності та екологічності об'єктів за наявних ресурсних обмежень. Застосування такого інструментарію при оцінюванні, аналізі, обґрунтуванні і виборі раціональних проєктних та організаційно-технологічних рішень дозволить підвищити якість споруджуваних висотних будівель при ефективному використанні ресурсів і одночасному зниженні несприятливих впливів на довкілля завдяки врахуванню комплексного впливу визначальних організаційно-технологічних, технічних та управлінських факторів для мінімізації негативного впливу дестабілюючих чинників у процесі проєктування і виконання будівельних робіт.

**Метою статті** є розроблення методичного підходу до оцінювання умов спорудження висотних будівель та обґрунтування ефективності варіантів проєктних і організаційно-технологічних рішень.

**Результати досліджень.** Обґрунтування проєктних та організаційно-технологічних рішень спорудження висотних будівель засноване на визначенні техніко-економічних показників проєктів, до найважливіших серед яких належать тривалість і вартість, при розрахунку яких необхідно враховувати комплексний вплив визначальних організаційно-технологічних, технічних та управлінських факторів, із урахуванням умов будівництва, вимог до енергоефективності, безпечності, якості та екологічності об'єктів і прийнятного рівня ризику, а також можливості коригування рішень, що розглядаються, з метою забезпечення заданих ресурсних обмежень.

Сутність розробленої методики оцінювання умов спорудження висотних будівель та обґрунтування ефективності варіантів проєктних і організаційно-

технологічних рішень із виконання будівельних робіт при заданих ресурсних обмеженнях представлено на рисунку.

Запропонований підхід передбачає формування множини вихідних даних, множини вимог і обмежень щодо отримання та застосування очікуваного результату, з урахуванням наявних ресурсних обмежень, вимог до енергоефективності, безпечності, якості та екологічності об'єктів, а також прийнятного рівня ризику.

Такий підхід дозволяє здійснювати коригування проєктних і організаційно-технологічних рішень спорудження висотних будівель для забезпечення наявних ресурсних обмежень шляхом поступового наближення до заданих умов.

Коригування рішень здійснюється покроково, до тих пір, поки не буде досягнуто балансу між вимогами замовника та можливостями підрядника.

Вхідними даними для обґрунтування проєктних і організаційно-технологічних рішень спорудження висотних будівель за запропонованою методикою є наступні:

- функціональне призначення будівлі;
- конструктивна система;
- матеріал несучих конструкцій;
- конфігурація будівлі в плані;
- об'ємна форма будівлі;
- максимальна висота будівлі;
- умовна висота будівлі;
- кількість поверхів будівлі, в тому числі технічних поверхів;
- загальна площа будівлі;
- будівельний об'єм будівлі;
- площа земельної ділянки та площа забудови;
- стисненість будівельного майданчика;
- вимоги щодо теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій;
- вимоги щодо споживання енергетичних ресурсів інженерними системами;
- вимоги щодо безпечності території та висотної будівлі;
- вимоги щодо екологічності зовнішнього та внутрішнього середовища висотної будівлі.

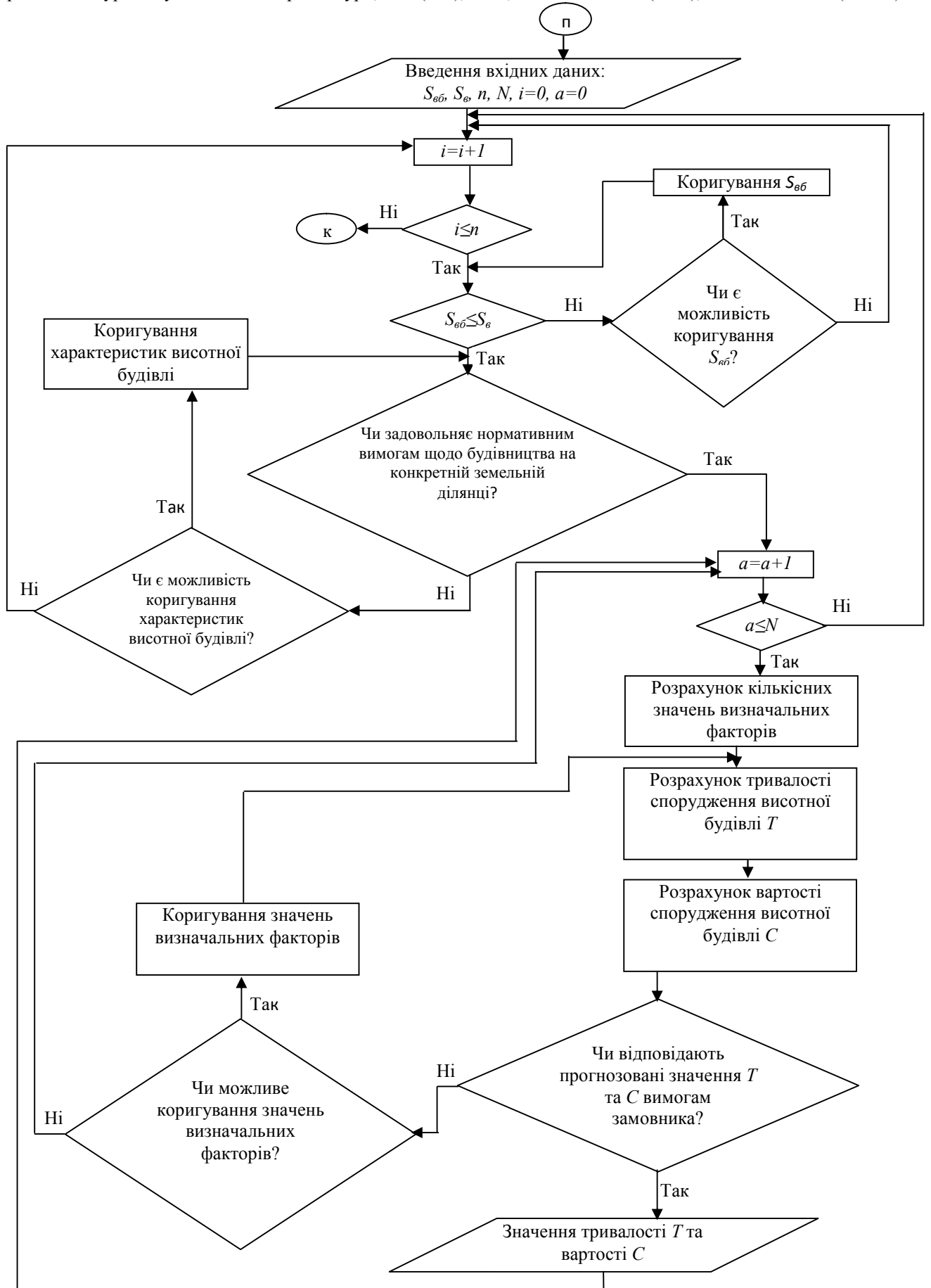


Рис. Послідовність обґрунтування раціональних проектних і організаційно-технологічних рішень спорудження висотних будівель

За запропонованою методикою спочатку необхідно оцінити можливість розміщення висотної будівлі на конкретній земельній ділянці. Для цього порівнюється площа забудови висотної будівлі ( $S_{вб}$ ) з площею вільних ділянок міських територій, які потенційно можуть бути використані для розміщення нової висотної забудови ( $S_v$ ). У разі, якщо площа забудови висотної будівлі перевищує площу земельної ділянки, що розглядається, аналізується можливість зміни площі забудови або здійснюється пошук іншої вільної земельної ділянки, розташованої в межах міста з множини  $n$ .

Після вибору земельної ділянки для спорудження висотної будівлі оцінюються властивості, що характеризують конкретну земельну ділянку, характеристики висотного об'єкту та приймається рішення щодо можливості дотримання усіх нормативних вимог у разі будівництва такого об'єкту, зокрема шляхом коригування характеристик висотного об'єкту.

Значення тривалості і вартості спорудження висотної будівлі розраховуються для різних варіантів повного життєвого циклу висотного об'єкту ( $N$ ).

Здійснюється розрахунок кількісних значень організаційно-технологічних, технічних та управлінських факторів, що здійснюють визначальний вплив на показники ефективності проектних і організаційно-технологічних рішень, а саме:

умовної висоти будівлі ( $h_{ум}$ ),  
фактора складності розробки проектно-кошторисної документації ( $C_{кд}$ ),  
фактора складності виробництва будівельно-монтажних робіт ( $C_{бпр}$ ),  
фактора складності управління інвестиційно-будівельним проектом ( $C_{упр}$ ),  
фактора економічності ( $F_e$ ), фактора комфортабельності ( $F_c$ ), фактора стисненості ( $F_s$ ),

фактора технологічності проектних рішень ( $F_t$ ),

фактора якості будівлі ( $f_{як}$ ),

фактора енергоефективності будівлі ( $f_{ен}$ ),

фактора безпечності будівлі ( $f_{б}$ ),

фактора екологічності будівлі ( $f_{екол}$ ) [2, 5].

Використовуючи розраховані значення організаційно-технологічних, управлінських та інших факторів, визначаються тривалість і вартість спорудження висотної будівлі на підставі достовірних економіко-статистичних моделей, згідно з наявною інформацією:

$$Y = a + b \cdot x ; Y = e^{a+b \cdot x} ; Y = \frac{I}{a + b \cdot x} ;$$

$$Y = a + \frac{b}{x} ; Y = \frac{I}{a + \frac{b}{x}} ; Y = a + b \cdot \ln(x) ;$$

$$Y = a \cdot x^b ; Y = a + b \cdot \sqrt{x} ; Y = (a + b \cdot x)^2 ;$$

$$Y = e^{\frac{a+b}{x}} ;$$

$$Y_x = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + \dots + b_n \cdot x_n$$

Отримані значення тривалості і вартості спорудження висотної будівлі перевіряються на дотримання вимог замовника та відповідність можливостям підрядника.

Після цього, за необхідності, відбувається коригування значень організаційно-технологічних, технічних і управлінських факторів та перерахунок значень тривалості і вартості спорудження висотної будівлі.

Якщо прогнозовані значення тривалості і вартості спорудження висотної будівлі відповідають вимогам замовника, то доцільно визначити значення ризику проекту та порівняти значення ризику, асоційованого з проектом спорудження висотної будівлі, зі значенням допустимого ризику. За потреби, розробляються заходи, спрямовані на зниження рівня ризику проекту.

Таким чином, отримуємо прогнозовані значення тривалості і вартості спорудження висотних будівель, засновані

на оцінюванні умов будівництва, з урахуванням наявних ресурсних обмежень, забезпеченням збалансованості можливостей замовника та підрядника, дотриманням вимог щодо енергоефективності, безпечності, якості та екологічності об'єктів, прийнятного рівня ризику.

Розроблена методика оцінювання умов спорудження висотних будівель та обґрунтування ефективності варіантів проєктних і організаційно-технологічних рішень із виробництва будівельних робіт надає можливість:

- отримання значень тривалості і вартості спорудження висотних будівель залежно від наявної початкової інформації щодо висотного об'єкту та з урахуванням особливостей умов його будівництва;
- розрахунку значень тривалості і вартості спорудження висотних будівель для різних варіантів їх повного життєвого циклу;

- визначати тривалість і вартість спорудження висотних будівель із урахуванням впливу визначальних організаційно-технологічних, технічних та управлінських факторів;
- визначати тривалість і вартість спорудження висотних будівель при заданих ресурсних обмеженнях;
- коригувати значення тривалості і вартості спорудження висотних будівель шляхом варіювання параметрів висотних об'єктів.

**Висновки.** Запропонований методичний підхід до оцінювання умов спорудження висотних будівель та обґрунтування ефективності варіантів проєктних і організаційно-технологічних рішень призначений для замовників, інвесторів, а також може бути використаний підрядниками, органами державного управління та місцевого самоврядування, зокрема при формуванні договірних відносин і проведенні підрядних торгів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гончаренко Д. Ф., Карпенко Ю. В., Меерсдорф Е. И. Возведение многоэтажных каркасно-монолитных зданий: монография. Киев: А+С, 2013. 128 с.
2. Заяць Є. І., Млодецький В. Р., Ткач Т. В., Мартиш О. О. Методи забезпечення управлінської реалізованості календарних планів зведення об'єктів будівництва: монографія. Дніпро: Акцент-ПП, 2019. 148 с.
3. Чернишев Д. О. Методологія, аналітичний інструментарій та практика організації біосферосумісного будівництва. Київ: КНУБА, 2017. 294 с.
4. Beedle L. S., Ali M. M., Armstrong P. J. The skyscraper and the city: design, technology, and innovation. Lewiston: Edwin Mellen Press, 2007. 912 p.
5. Kravchunovska T., Zaiats Ye., Kovalov V., Nechepurenko D., Kirnos K. Choosing the rational management of high-rise building construction projects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 3, № 3 (105). 2020. *Control Processes*. Pp. 24–33. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.205135.
6. Shao Q.-G., Liou J. J. H., Weng S.-S., Chuang Y.-C. Improving the green building evaluation system in China based on the DANP method. *Sustainability*. 2018. № 10 (4). P. 1173. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10041173>.
7. Tamboli A. R. Tall and supertall buildings: planning and design. New York: McGraw-Hill, 2014. 416 p.
8. Zavadskas E. K., Antucheviciene J., Vilutiene T., Adeli H. Sustainable decision-making in civil engineering, construction and building technology. *Sustainability*. 2018. № 10 (1). P. 14. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10010014>.

## REFERENCES

1. Goncharenko D.F., Karpenko Yu.V. and Meersdorf E.I. *Vozvedenie mnogoetazhnykh karkasno-monolitnykh zdaniy* [The construction of multi-storey frame-monolithic buildings]. Kyiv: A+S Publ., 2013, 128 p. (in Russian).
2. Zaiats Ye.I., Mlodetskyi V.R., Tkach T.V. and Martysh O.O. *Metody zabezpechennia upravlinskoi realizovanosti kalendarnykh planiv zvedennia ob'ektiv budivnytstva* [Methods of providing of management realization of calendar plans for building objects: monograph]. Dnipro: Aktsent-PP Publ., 2019, 148 p. (in Ukrainian).
3. Chernyshev D.O. *Metodolohiia, analitychnyi instrumentarii ta praktyka orhanizatsii biosferosumisnoho budivnytstva* [Methodology, analytical toolkit and practice of organizing of biosphero-mixing construction: monograph]. Kyiv: KNUBA Publ., 2017, 294 p. (in Ukrainian).

4. Beedle L.S., Ali M.M. and Armstrong P.J. The skyscraper and the city: design, technology, and innovation. Lewiston, Edwin Mellen Press, 2007, 912 p.
5. Kravchunovska T., Zaiats Ye., Kovalov V., Nechepurenko D. and Kirnos K. Choosing the rational management of high-rise building construction projects. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Control Processes. Vol. 3, no. 3 (105), 2020, pp. 24–33. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.205135.
6. Shao Q.-G., Liou J.J.H., Weng S.-S. and Chuang Y.-C. Improving the green building evaluation system in China based on the DANP method. Sustainability. 2018, no. 10 (4), p. 1173. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10041173>.
7. Tamboli A.R. Tall and supertall buildings: planning and design. New York, McGraw-Hill, 2014, 416 p.
8. Zavadskas E.K., Antucheviciene J., Vilutiene T. and Adeli H. Sustainable decision-making in civil engineering, construction and building technology. Sustainability. 2018, no. 10 (1), p. 14. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10010014>.

Надійшла до редакції: 01.12.2021.