

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

UDC 658.5.011.8:69:004.358

I. ARUTIUNIAN¹, N. DANKEVYCH², D. SAIKOV^{3*}

¹ Department of Industrial and Civil Engineering, Engineering Educational and Scientific Institute of Zaporizhzhia National University, Sobornyi Av., 226, Zaporizhzhia, Ukraine, 69006, tel. +38 (066) 900 78 28, e-mail iranaarutunan@gmail.com, ORCID 0000-0002-5049-3742

² Department of Industrial and Civil Engineering, Engineering Educational and Scientific Institute of Zaporizhzhia National University, Sobornyi Av., 226, Zaporizhzhia, Ukraine, 69006, tel. +38 (066) 482 42 78, e-mail dankevichnatali28@gmail.com, ORCID 0000-0002-7146-9303

^{3*} Department of Industrial and Civil Engineering, Engineering Educational and Scientific Institute of Zaporizhzhia National University, Sobornyi Av., 226, Zaporizhzhia, Ukraine, 69006, tel. +38 (095) 599 11 56, e-mail vip.s.danil@gmail.com, ORCID 0000-0001-7616-0199

EFFICIENCY EVALUATION OF ORGANISATIONAL PROCESSES SYSTEM IN A BUILDING PRODUCTION WITH SIMULATION MODELING FOR CONTRACTING COMPANIES

Purpose. This paper presents the innovative scientifically-based method on efficiency evaluation of the building production management for contracting companies. Optimisation models are substantially aimed at reducing the influence of negative factors and increasing the quality indexes of the organisational process of construction production. **Methodology.** Methodological approaches of the organisational processes optimisation of construction production are based on the establishment of a well-defined interconnection between the units of the functional structure, the definition of strategies hierarchy of the contracting company. The correlation of duration t and cost c in building production, its influence on the economic appropriateness for projects realisation in civil engineering are analyzed. **Findings.** Using mathematical analysing methods for cumulative distribution function $S(t,c)$ of two-dimensional random value of construction duration and cost, the basic principles are shown that allow to qualitatively and quantitatively determine the level of influence of the construction market external factors on the implementation of organisational processes in the construction industry, in which a large number of forming elements are involved. The implementation of this methodology permits to assess the real state of organisational processes system in building production, its stability, the degree of determinate indicators structuring in a single functional system, to generate an economic justification in complex. On basis of simulation modeling, efficiency of organisational processes system in building production $S(t,c)$ was determined and graphically illustrated. **Originality.** The results of the present study demonstrate that it amounted to 58.08 % within the established limits of acceptable risk (LAR) between 0.35 and 0.65. **Practical value.** It has been shown an implementation practicability of using this methodology by contracting companies at decision-making stage for construction projects initiation with determinate indicators of duration T_d and cost C_d . The creation of theoretical and methodological foundations for the development of structural efficiency evaluation algorithms for the organisation of construction production will allow to achieve for contractor companies the highest level of competitiveness in the market of construction services.

Keywords: building production management; organisational process; limits of acceptable risk; simulation modeling; contracting company

Introduction

The organizational process is the fundamental unit of building production management. By definition it means systematic and targeted change in time and space of quantitative and qualitative characteristics of construction processes in order to produce finished products with specified quality indicators. In broader sense, building production management includes a whole cycle of production

processes and consists of targeting organisational, technical, technological solutions, methods and activities of contracting companies to comply with requirements of production processes rational organisation; work implementers coordinated activities, accounting for their production and economic opportunities and interests; construction works producing with consideration of individual buildings characteristics and conditions; construction products quality, terms and cost of projects, taking

into account the financial conditions (Радкевич, Арутюнян, Данкевич, & Сайков, 2017; Arutiunian, & Saikov, 2019).

Methodology

The intensification of negative factors on construction market is reflected in building production management and implicitly generates an appearance of organizational failures at contracting companies. Resistance to failures is determined by a reliability of organisational processes system, in particular, the probability that at an arbitrary point in time the values of determinable parameters of duration t and cost c of organizational processes do not exceed the LAR (Павлов, 2008). According to the provisions of reliability theory, organizational systems in a process of purposeful functioning can be in two states: reliable and risky. The transition of system from the first state to the second is characterized by occurrence of organisational failure. In contrast to technical systems, in organizational processes system of building production this transition is not instantaneous, but parametric in time.

By the earlier researches (Мамотенко, 2003; Судаков, & Гусаков, (Ред.), 2004; Беркута, Осинська, Галінський, & Вахович, 2010; Радкевич, Арутюнян, & Сайков, 2018а), duration of organisational process t_{ij} and its cost c_{ij} are random variables x , which are characterized by the principals of beta distribution with a probability density function $P(x)$, where i – organisational start code, j – organizational end code. Scientifically, the efficiency evaluation of organisational processes system in building production with a set factor X_d is determined by the probability $S(x)$ of random quantity x falling into the interval $[0, X_d]$ under the condition $x \leq X_d$:

$$S(x) = \int_0^{x_d} P(x) dx. \quad (1)$$

Research of organisational processes in building production by simulation modeling showed that without stochastic works, the probability density function is described by the following equation (Мамотенко, 2003):

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{[(x-x_{min})-(x_0-x_{min})]^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

where x_0 – median of probability distribution; x_{min} – minimum statistical value of random variable x ; σ – standard deviation of random variable x .

Accordingly, probability that project in civil engineering with cost C_d can be complete on term T_d :

$$S(t) = \int_0^{T_d} \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{[(t-t_{min})-(t_0-t_{min})]^2}{2\sigma^2}} \right) dt, \quad (3)$$

$$S(c) = \int_0^{C_d} \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{[(c-c_{min})-(c_0-c_{min})]^2}{2\sigma^2}} \right) dc. \quad (4)$$

For the purposes of this paper, as efficiency evaluation of organisational processes system in building production, it has been taken the optimal ratio value of cumulative distribution function for duration $S(t)$ and cost $S(c)$ of organisational processes within the LAR. Furthermore, it is the possibility of choosing such a plan for implementation of projects that can reduce the duration T_d for a set efficiency, or increase its efficiency for a set duration, in respect that indicator of the project cost C_d .

It is important to emphasize that each organisational process of building production is characterized by the duration t_{ij} , which is the boundary limits:

$$t_{ij}^{min} \leq t_{ij} \leq t_{ij}^{max}, \quad (5)$$

where t_{ij}^{min} – minimum (emergency) duration of organisational process; t_{ij}^{max} – maximum (optimal) duration of organisational process.

According to (Пивоваров, & Хижняк, 2014; Мартиш, 2015; Радкевич, Арутюнян, & Сайков, 2018b; Данкевич, 2020), the combination of indicators “duration-cost” suggests that a decrease in duration of organisational process is proportional to an increase in its cost, i. e. the cost c_{ij} is in the range from c_{ij}^{min} (for optimal duration) to c_{ij}^{max} (for emergency duration), and is shown in Fig. 1.

Using approximation in a straight line, it has been found the change in cost of organisational process Δc_{ij} when changing its duration:

$$\Delta c_{ij} = (t_{ij}^{max} - t_{ij}) h_{ij} \quad (6)$$

$$h_{ij} = \operatorname{tg} \alpha \frac{c_{ij}^{max} - c_{ij}^{min}}{t_{ij}^{max} - t_{ij}^{min}} \quad (7)$$

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

where h_{ij} – costs of building production accelerating compared to the normal duration per unit time; α – inclination angle of the approximation straight line to abscissa axis.

Let $P(x)$ is a probability density function of random quantity x with boundary limits $[x_{ij}^{min}, x_{ij}^{max}]$.

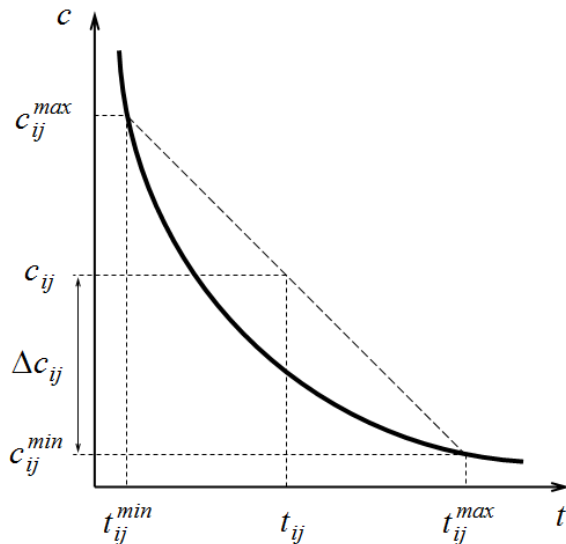


Fig. 1. Schematic presentation of the organisational process cost c on its duration t

By diagram form in Fig. 2, there is some area between the abscissa axis and the graph of probability density function $P(x)$ inside a rectangle bounded by straight lines $x_{ij}=x_{ij}^{max}$, $x_{ij}=x_{ij}^{min}$ and $M=P(x)_{max}$.

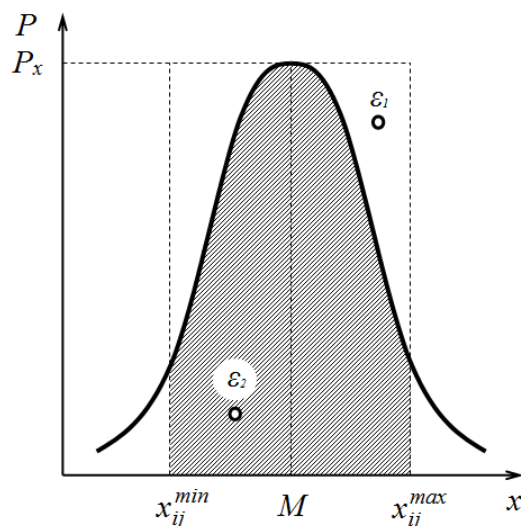


Fig. 2. Graph of probability density function $P(x)$

Then, ε_1 , ε_2 are two uniformly distributed random variables, with ε_1 uniformly distributed in the interval $[x_{ij}^{min}, x_{ij}^{max}]$, ε_2 is in the interval $[0, M]$, where:

$$M = \frac{16}{9(x_{ij}^{max} - x_{ij}^{min})}. \quad (8)$$

If $P(\varepsilon_1) \geq \varepsilon_2$, then value ε_1 is taken as the desired one; if $P(\varepsilon_1) < \varepsilon_2$, then the value $[\varepsilon_1, \varepsilon_2]$ is rejected and a new one is selected. This process continues until the relation $P(\varepsilon_1) \geq \varepsilon_2$ takes place. This method is especially effective in cases where the change of function $P(x)$ in the interval $[x_{ij}^{min}, x_{ij}^{max}]$ is low. Based on the above, the values of random variables of duration t_{ij} and cost c_{ij} of organisational process are described by the following equations:

$$t_{ij} = (t_{ij}^{max} - t_{ij}^{min})\varepsilon + t_{ij}^{min}, \quad (9)$$

$$c_{ij} = \frac{(t_{ij}^{max} - t_{ij})(c_{ij}^{max} - c_{ij}^{min})}{t_{ij}^{max} - t_{ij}^{min}}. \quad (10)$$

Following the study of organisational processes system in building production by simulation modeling, research takes place on the basis of an enlarged project network (EPN). It is developed by a contracting company based on project indicators of buildings in civil engineering. Since duration of organizational process t_{ij} and its cost c_{ij} are random variables x , then the EPN is calculated at $x_{ij}=x_{ij}^{min}$ and $x_{ij}=x_{ij}^{max}$, resulting in x_{min} and x_{max} respectively. The interval $[x_{min}, x_{max}]$ is divided into intervals Δx so that $x_1=x_{min}+\Delta x$, $x_2=x_1+\Delta x$ etc (Мамотенко, 2003; Vanhoucke, Demeulemeester, & Herroelen, 2010; Данкевич, 2019). By repeatedly drawing the model of building production, the number of realisations r_i^x for a random variable x (the number of a random variable hits in each of the set intervals x_i) is generated, and the frequency of random variable is determined:

$$F_1^x = \frac{r_i^x}{n}, \quad (11)$$

where n – draws number of the building production model.

At the same time, earlier work of authors (Данкевич, 2019; Огнёв, Степанова, & Фролова, 2019; Радкевич, Арутюнян, & Сайков, 2019)

shows that $10^3 \dots 10^5$ draws are required to calculate the EPN of construction production by simulation modeling.

Hereby, the probability density of random variable x is calculated as:

$$F_2^x = \frac{F_1^x}{\Delta x} \quad (12)$$

Based on the obtained values F_2 , the probability density functions of duration $P(t)$ and cost $P(c)$ for organisational process are generated. Using the values F_1 , the cumulative distribution function of duration $S(t)$ and cost $S(c)$ in building production are modeled. By mathematical and graphical analysis of generated data, the efficiency evaluation of organisational processes system in building production is produced on the optimal ratio value of cumulative distribution function for the duration $S(t)$ and cost $S(c)$ of organizational processes within LAR, seeing the duration T_d and cost C_d due to the project (Ваколюк, 2013; Konior, 2015a; Konior, 2015b; Kasprowicz, 2017).

Results

Suppose, contracting company A decides to initiate a project with duration $T_d=236$ days and cost $C_d=24,673$ USD ths. Based on the construction factors, the company develops the EPN indicating the sequences, durations and costs of the organisational processes of building production. The EPN developed for projects in civil engineering should determine the duration t_{ij} and cost c_{ij} of the main stages of individual work packages implementation as part of building production management. The purpose of developing the EPN illustrated in Fig. 3, is the rationale for a set organisational duration of construction; determination of deadlines for completion of building or structure individual parts, terms for construction works; determination of a capital investments value; setting delivery dates for the necessary constructions, materials and equipment; an appointment of required number and terms for using of personnel and the of construction equipment main types.

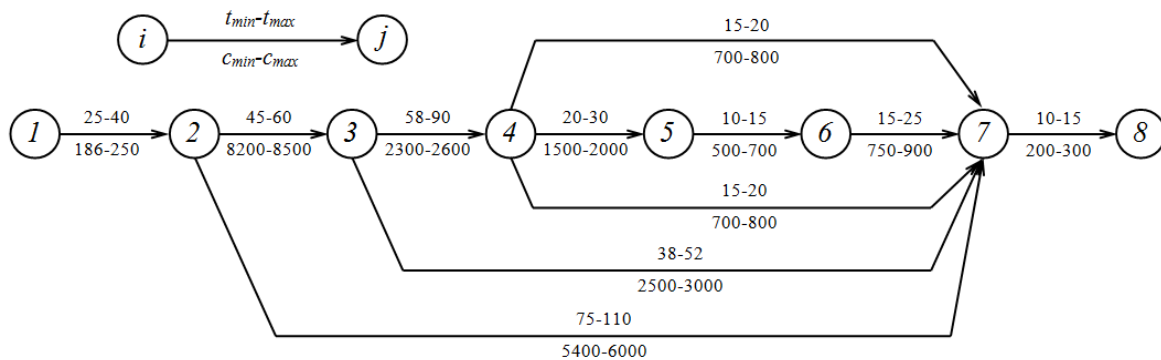


Fig. 3. The enlarged project network (EPN) of construction production, developed by company A

Since the cost of building production includes the costs of individual organisational processes c_{ij} , and the duration is their term intervals t_{ij} , and the value c_{ij} depends on t_{ij} , it is assumed that the project cost of building production C_d also depends on set duration T_d . Therefore, to determine the efficiency of organisational processes system in building production, the laws knowledge of one-dimensional quantities distribution t_{ij} and c_{ij} is not enough, and it is necessary to generate the probability density function $P(t,c)$ and the cumulative distribution function $S(t,c)$ of a random two-dimensional quantity. The early work (Данкевич, 2019) shows, the LAR have a range $0.35 \leq S(t,c) \leq 0.65$: when $S(t,c) \leq 0.35$, there is a

violation risk of the building production terms and going beyond the established budget is extremely large, organisational project decisions should be reviewed; when $S(t,c) \geq 0.65$, the project initiation is not advisable, whereas the variability of excessive and irrational use of construction resources increases.

The draws number of the EPN is taken to $n=103$, the expected value are $M_t=229.05$ days and $M_c=24,596.55$ USD ths, the correlation coefficient is $k=0.75$. The number of realisations is calculated by simulation modeling described in par. 2, and based on the obtained data, a diagram of the realisations frequency $r(t, c)$ and a graph of probability density function $P(t, c)$ are constructed in Fig. 4, 5,

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

the cumulative distribution function of duration t and cost c of building production is modeled in Fig. 6.

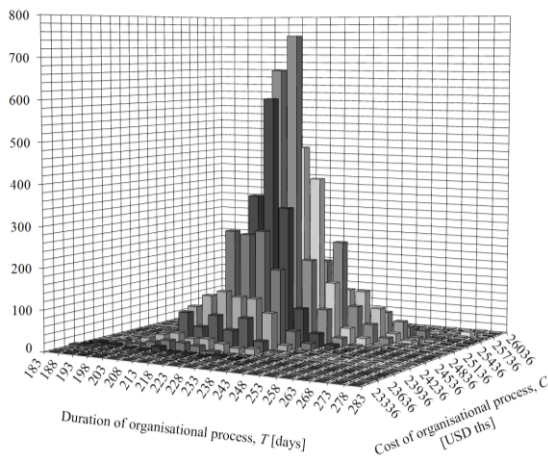


Fig. 4. Diagram of realizations frequency $r(t,c)$ of random two-dimensional value

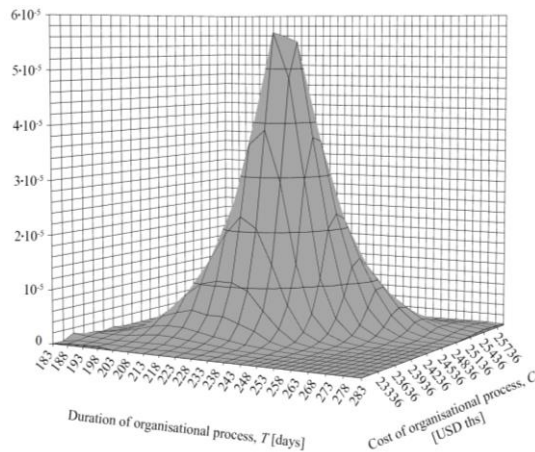


Fig. 5. Graph of probability density function $P(t,c)$ of random two-dimensional value

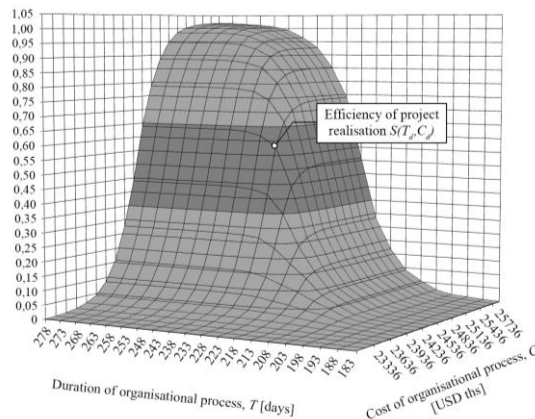


Fig. 6. Graph of cumulative distribution function $S(t,c)$ of random two-dimensional quantity within the LAR

Analysis of results shows that in the duration $T_d=236$ days with a limited cost of building production $C_d=24,673$ USD ths, the project can be implemented, since the efficiency of the developed organisational processes system in building production is $S(T_d, C_d)=0.5808$ in respect that the LAR $0.35 \leq S(T_d, C_d) \leq 0.65$. Therefore, contracting company A can begin the initiation of construction with the project indicators and organisational decisions adopted following the developed EPN for building production. It should also be noted that in order to the risk of an additional volumes occurrence and time for their implementation, the project cost C_d can be increased to 24,686 USD ths, and the duration T_d – continued to 238 days without changing the getting efficiency in 58.08 %.

Originality and practical value

As can be seen from above, this efficiency evaluation of organisational processes system in building production by the simulation modeling allows the relationship tracking between construction works, implementing the organisational features of civil engineering, and also seeing the limited amount of financing (capital investment). As a result, the full interconnection of organisational processes determinate indicators is regulated, which admits to generate a reliable solution for project initiating by contracting companies.

Conclusions

Using mathematical analysing methods for cumulative distribution function $S(t,c)$ of two-dimensional random value of construction duration and cost, the basic principles are shown that allow to qualitatively and quantitatively determine the level of influence of the construction market external factors on the implementation of organisational processes in the construction industry, in which a large number of forming elements are involved. The implementation of this methodology permits to assess the real state of organisational processes system in building production, its stability, the degree of determinate indicators structuring in a single functional system, to generate an economic justification in complex.

This study serves as a window to an understanding of that the proposed calculation procedure is practical and functional in use. It is possible to generate and develop an automated complex for calculating indicators considered in this paper.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Such a complex will adopt in a dialogue mode to make decisions on project initiation, to evaluate the efficiency and, if necessary, to quickly review them, based on modern information technologies and research theory methods. Clearly, some propositions of that research offered are not entirely unique. However, authors submit that the contribution of this paper rests on considering projects in civil engineering, which financed by private investors, as well as at initiation stage of participation in tender by contracting companies.

Acknowledgments

This work was created as part of the scientifically research project No. 21-1 ДВ/18 “The main directions of organisational and technological methods of energy and resource saving in construction, reconstruction, revitalisation and operation of buildings and structures” funded by Industrial and Civil Engineering Department of Zaporizhzhia National University’s Engineering Educational and Scientific Institute.

REFERENCES

- Arutiunian, I., & Saikov, D. (2019). The place of building term reserve in concept of organizational processes optimization for building production of contracting companies. *Proceedings of the 1st International Scientific Conference “Eastern European Conference of Management and Economics”*, 159-161.
- Kasprowicz, T. (2017). Quantitative identification of construction risk. *Archives of Civil Engineering*, 1, 63-75.
- Konior, J. (2015a). Enterprise’s risk assessment of complex construction projects. *Archives of Civil Engineering*, 3, 63-74.
- Konior, J. (2015b). Random and fuzzy measure of unpredictable construction works. *Archives of Civil Engineering*, 3, 75-88.
- Vanhoucke, M., Demeulemeester, E., & Herroelen, W. (2010). Maximizing the net present value of a project with linear time-dependent cash flows. *International Journal of Production Research*, 14, 3159-3181.
- Беркута, А. В., Осинська, В. А., Галінський, О. М., & Вахович, І. В. (2010). Організаційні та економічні аспекти зарубіжного досвіду саморегулювання в будівництві. *Будівельне виробництво*, 35, 3-8.
- Ваклюк, А. С. (2013). Забезпечення надійності процесів організації будівництва. *Техніка будівництва*, 30, 60-62.
- Данкевич, Н. О. (2019). Підвищення ефективності організаційних рішень у складі проекту організації будівництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 16, 38-43.
- Данкевич, Н. О. (2020). Вірогідно-статистичний принцип системотехніки, як інструмент надійності прийняття управлінських рішень. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 43, 67-73.
- Мамотенко, Д. Ю. (2003). *Підвищення ефективності використання інвестицій підприємства на основі методів управління проектами*: дис. канд. екон. наук, Запорізька державна інженерна академія.
- Мартиш, О. (2015). Методи підвищення організаційно-технологічної надійності розробки і реалізації календарних планів у будівництві. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія «Архітектура і сільськогосподарське будівництво»*, 16, 109-115.
- Огнєв, І. А., Степанова, В. С., & Фролова, М. С. (2019). Исследование зависимости продолжительности строительства микрорайона от полной сметной стоимости. *Инвестиции. Строительство. Недвижимость*, 4(15), 38-43.
- Павлов, І. Д. (2008). *Управління проектами і оптимізація рішень в умовах невизначеності та ризику: конспект лекцій*. Запоріжжя: Запорізька державна інженерна академія.
- Пивоваров, М. Г., & Хижняк, О. С. (2014). Організація капітального будівництва: недоліки і шляхи оптимізації втрат. *Держава та регіони. Серія «Економіка та підприємництво»*, 5, 94-97.
- Судаков, К. В., & Гусаков, А. А. (Ред.) (2004). *Информационные модели функциональных систем*. Москва: Фонд «Новое тысячелетие».
- Радкевич, А. В., Арутюнян, І. А., Данкевич, Н. О., & Сайков, Д. В. (2017). Детермінація концептуальних підходів щодо облігаторності впровадження оптимізаційних моделей будівельного виробництва для вітчизняних підрядних підприємств. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 12, 78-86.
- Радкевич, А. В., Арутюнян, І. А., & Сайков, Д. В. (2018a). Оптимізація організаційних процесів будівельного виробництва як формотворча складова конкурентоспроможності підрядних підприємств. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 35, 64-73.
- Радкевич, А. В., Арутюнян, І. А., & Сайков, Д. В. (2018b). Аналіз концепції формування рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств України в умовах динамічних трансформацій вітчизняного будівельного ринку послуг. *Мости*

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

та тунелі: теорія, дослідження, практика, 14, 37-48.

Радкевич, А. В., Арутюнян, І. А., & Сайков, Д. В. (2019). Концептуалізація теоретико-методологічної парадигми розрахунку будівельного заділу в розрізі імплементаційних засад оп-

тимізації організаційних процесів будівельного виробництва підрядних підприємств. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 39, 1, 51-59.

І. А. АРУТЮНЯН¹, Н. О. ДАНКЕВИЧ², Д. В. САЙКОВ^{3*}

¹Кафедра промислового та цивільного будівництва, Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, пр. Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, 69006, тел. +38 (066) 900 78 28, e-mail iranaarutunan@gmail.com, ORCID 0000-0002-5049-3742

²Кафедра промислового та цивільного будівництва, Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, пр. Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, 69006, тел. +38 (066) 482 42 78, e-mail dankevichnatali28@gmail.com, ORCID 0000-0002-7146-9303

^{3*} Кафедра промислового та цивільного будівництва, Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, пр. Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, 69006, тел. +38 (095) 599 11 56, e-mail vip.s.danil@gmail.com, ORCID 0000-0001-7616-0199

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ПІДРЯДНИХ ПІДПРИЄМСТВ МЕТОДОМ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Мета. В роботі відображені інноваційні науково обґрунтовані результати щодо оцінки ефективності організації будівельного виробництва підрядних підприємств. Оптимізаційні моделі змістовно направлені на зниження впливу негативних чинників та збільшення якісних показників організаційного процесу будівельного виробництва. **Методика.** Методологічні підходи до оптимізації процесів організації будівельного виробництва базуються на встановленні чіткої взаємозалежності між структурними одиницями функціонального апарату, визначенні ієрархії стратегій підрядної організації. Проаналізовано залежність тривалості та вартості будівельного виробництва, їх вплив на оцінку економічної доцільності реалізації проектів із зведення об'єктів цивільного будівництва. **Результати.** Шляхом математичних методів аналізу двовимірної випадкової величини тривалості і вартості будівництва $S(t,c)$ показані основні принципи, що дозволяють якісно і кількісно визначати рівень впливу зовнішніх факторів будівельного ринку на хід реалізації організаційних процесів будівельного виробництва, в яких задіяна велика кількість формотворчих елементів. Імплементація цієї методики дозволяє оцінити реальний стан системи організаційних процесів будівельного виробництва, її стійкість, ступінь структуризації детермінованих показників в єдиній функціональній системі, згенерувати економічне обґрунтування системи організаційних процесів будівельного виробництва. На основі реалізації імітаційного моделювання визначена і графічно зображена ефективність системи організаційних процесів будівництва $S(t,c)$. **Наукова новизна.** В результаті дослідження показник ефективності склав 58,08 % в межах встановлених границь допустимого ризику (ГДР) між 0,35 і 0,65. **Практична значимість.** Показана імплементаційна доцільність використання зазначеної методики підрядними підприємствами на етапі прийняття рішень з ініціації будівельних проектів з детермінованими показниками тривалості та вартості. Створення теоретико-методичних основ розробки структурних алгоритмів оцінки ефективності будівельного виробництва дозволить підрядним підприємствам досягти найбільшого рівня конкурентоспроможності на ринку будівельних послуг.

Ключові слова: організація будівельного виробництва; організаційний процес; межа допустимого ризику; імітаційне моделювання; підрядне підприємство

REFERENCES

- Arutiunian, I., & Saikov, D. (2019). The place of building term reserve in concept of organizational processes optimization for building production of contracting companies. *Proceedings of the 1st International Scientific Conference "Eastern European Conference of Management and Economics"*, 159-161. (in English)
- Kasprowicz, T. (2017). Quantitative identification of construction risk. *Archives of Civil Engineering*, 1, 63-75. (in English)

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

- Konior, J. (2015a). Enterprise's risk assessment of complex construction projects. *Archives of Civil Engineering*, 3, 63-74. (in English)
- Konior, J. (2015b). Random and fuzzy measure of unpredictable construction works. *Archives of Civil Engineering*, 3, 75-88. (in English)
- Vanhoucke, M., Demeulemeester, E., & Herroelen, W. (2010). Maximizing the net present value of a project with linear time-dependent cash flows. *International Journal of Production Research*, 14, 3159-3181. (in English)
- Berkuta, A. V., Osynska, V. A., Halinskyi, O. M., & Vakhovych, I. V. (2010). Orhanizatsiini ta ekonomichni aspekty zarubizhnogo dosvidu samorehuliuвання v budivnytstvi. *Budivne vyrobnytstvo*, 35, 3-8. (in Ukrainian)
- Vakoliuk, A. S. (2013). Zabezpechennia nadiinosti protsesiv orhanizatsii budivnytstva. *Tekhnika budivnytstva*, 30, 60-62. (in Ukrainian)
- Dankevych, N. O. (2019). Pidvyshchennia efektyvnosti orhanizatsiinykh rishen u skladi proektu orhanizatsii budivnytstva. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 16, 38-43. (in Ukrainian)
- Dankevych, N. O. (2020). Virohidno-statystychni pryntsyp systemotekhniki, yak instrument nadiinosti pryiniattia upravlinskykh rishen. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 43, 67-73. (in Ukrainian)
- Mamotenko, D. Yu. (2003). *Pidvyshchennia efektyvnosti vykorystannia investytsii pidpriemstva na osnovi metodiv upravlinnia proektamy*: dys. kand. ekon. nauk, Zaporizka derzhavna inzhenerna akademiia. (in Ukrainian)
- Martysh, O. (2015). Metody pidvyshchennia orhanizatsiino-tehnolohichnoi nadiinosti rozrobky i realizatsii kalendarnykh planiv u budivnytstvi. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii «Arkhitektura i silskohospodarske budivnytstvo»*, 16, 109-115. (in Ukrainian)
- Ognev, I. A., Stepanova, V. S., & Frolova, M. S. (2019). Issledovanie zavisimosti prodolzhitel'nosti stroitel'stva mikrorayona ot polnoy smetnoy stoimosti. *Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost*, 4(15), 38-43. (in Russian)
- Pavlov, I. D. (2008). *Upravlinnia proektamy i optymizatsiia rishen v umovakh nevyznachenosti ta ryzyku: konspekt leksii*. Zaporizhzhia: Zaporizka derzhavna inzhenerna akademiia. (in Ukrainian)
- Pyvovarov, M. H., & Khyzhniak, O. S. (2014). Orhanizatsiia kapitalnoho budivnytstva: nedoliky i shliakhy optymizatsii vtrat. *Derzhava ta rehiony. Serii «Ekonomika ta pidpriemnytstvo»*, 5, 94-97. (in Ukrainian)
- Sudakov, K. V., & Gusakov, A. A. (Red.) (2004). *Informatsionnye modeli funktsionalnykh sistem*. Moskva: Fond «Novoe tysyacheletie». (in Russian)
- Radkevych, A. V., Arutiunian, I. A., Dankevych, N. O., & Saikov, D. V. (2017). Determinatsiia kontseptualnykh pidkhodiv shchodo oblihatornosti vprovadzhenia optymizatsiinykh modelei budivelnogo vyrobnytstva dlia vitchyznianskykh pidriadnykh pidpriemstv. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 12, 78-86. (in Ukrainian)
- Radkevych, A. V., Arutiunian, I. A., & Saikov, D. V. (2018a). Optymizatsiia orhanizatsiinykh protsesiv budivelnogo vyrobnytstva yak formotvorcha skladova konkurentospromozhnosti pidriadnykh pidpriemstv. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 35, 64-73. (in Ukrainian)
- Radkevych, A. V., Arutiunian, I. A., & Saikov, D. V. (2018b). Analiz kontseptsii formuvannia rivnia konkurentospromozhnosti pidriadnykh pidpriemstv Ukrainy v umovakh dynamichnykh transformatsii vitchyznianskykh budivelnogo rynku posluh. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 14, 37-48. (in Ukrainian)
- Radkevych, A. V., Arutiunian, I. A., & Saikov, D. V. (2019). Kontseptualizatsiia teoretyko-metodolohichnoi paradymy rozrakhunku budivelnogo zadilu v rozrizi implementatsiinykh zasad optymizatsii orhanizatsiinykh protsesiv budivelnogo vyrobnytstva pidriadnykh pidpriemstv. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 39, 1, 51-59. (in Ukrainian)

Надійшла до редколегії 01.02.2021.

Прийнята до друку 23.02.2021.