



ISSN 2409-9074

# **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

Серія: ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ,  
БУДІВНИЦТВО

**Випуск 1 (52)' 2019**

---

# **ACADEMIC JOURNAL**

Series: INDUSTRIAL MACHINE BUILDING,  
CIVIL ENGINEERING

**Issue 1 (52)' 2019**



Міністерство освіти і науки України  
Полтавський національний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка

---

Ministry of Education and Science of Ukraine  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

# **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

Серія: ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ,  
БУДІВНИЦТВО

**Випуск 1 (52)' 2019**

---

# **ACADEMIC JOURNAL**

Series: INDUSTRIAL MACHINE BUILDING,  
CIVIL ENGINEERING

**Issue 1 (52)' 2019**

Полтава – 2019

---

Poltava - 2019



[www.znp.pntu.edu.ua](http://www.znp.pntu.edu.ua)  
<http://journals.pntu.edu.ua/znp>

## **Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво / Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка**

Збірник наукових праць видається з 1999 р., періодичність – двічі на рік.

Засновник і видавець – Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ 8974 від 15.07.2004 р.

Збірник наукових праць уключений до переліку наукових фахових видань, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт (Наказ МОН України №1279 від 06.11.2014 року).

Збірник наукових праць рекомендовано до опублікування вченою радою Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, протокол № 18 від 05.07.2019 р.

У збірнику представлені результати наукових і науково-технічних розробок у галузі машинобудування, автомобільного транспорту та механізації будівельних робіт; із проектування, зведення, експлуатації та реконструкції будівельних конструкцій, будівель і споруд; їх основ та фундаментів; будівельної фізики та енергоефективності будівель і споруд.

Призначений для наукових й інженерно-технічних працівників, аспірантів і магістрів.

### **Редакційна колегія:**

<i>Пічугін С.Ф.</i>	– <i>головний редактор</i> , д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна), <a href="mailto:pichugin.sf@gmail.com">pichugin.sf@gmail.com</a>
<i>Винников Ю.Л.</i>	– <i>заступник головного редактора</i> , д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна), <a href="mailto:vynnykov@ukr.net">vynnykov@ukr.net</a>
<i>Ільченко В.В.</i>	– <i>відповідальний секретар</i> , к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна), <a href="mailto:znpbud@gmail.com">znpbud@gmail.com</a>
<i>Болтрік М.</i>	– д.т.н., професор, Білостоцький технологічний університет (Польща)
<i>Ємельянова І.А.</i>	– д.т.н., професор, Харківський національний університет будівництва та архітектури (Україна)
<i>Галінська Т.А.</i>	– к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Гасімов А.Ф.</i>	– к.т.н., доцент, Азербайджанський архітектурно-будівельний університет (Азербайджан)
<i>Качинський Р.</i>	– д.т.н., професор, Білостоцький технологічний університет (Польща)
<i>Коробко Б.О.</i>	– д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Косіор-Казберук М.</i>	– д.т.н., професор, Білостоцький технологічний університет (Польща)
<i>Камал М.А.</i>	– д.т.н., доцент, Мусульманський університет Алігарха (Індія)
<i>Молчанов П.О.</i>	– к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Назаренко І.І.</i>	– д.т.н., професор, Київський національний університет будівництва та архітектури (Україна)
<i>Нестеренко М.П.</i>	– д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Павліков А.М.</i>	– д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Погрібний В.В.</i>	– к.т.н., с.н.с., Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Савик В.М.</i>	– к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Семко О.В.</i>	– д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Шаповал В.Г.</i>	– д.т.н., професор, Національний гірничий університет (Україна)
<i>Стороженко Л.І.</i>	– д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Сулевська М.</i>	– д.т.н., професор, Білостоцька політехніка (Польща)
<i>Тур В.В.</i>	– д.т.н., професор, Брестський державний технічний університет (Білорусь)
<i>Васильєв Є.А.</i>	– к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Вінеке-Тумауі Б.</i>	– д.т.н., професор, Університет прикладних наук м. Банденбург (Німеччина)
<i>Панг С.</i>	– к.т.н., професор, Китайський університет нафти – Пекін (Китай)
<i>Жусупбеков А.Ж.</i>	– д.т.н., професор, Євразійський національний університет ім. Л.М. Гумільова (Казахстан)
<i>Зоценко М.Л.</i>	– д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (Україна)
<i>Зурло Франческо</i>	– д.т.н., професор, Міланська політехніка (Італія)

Адреса видавця та редакції – Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Науково-дослідницька частина, к. 320Ф, Першотравневий проспект, 24, м. Полтава, 36011.

тел.: (05322) 29875; e-mail: [v171@pntu.edu.ua](mailto:v171@pntu.edu.ua); [www.pntu.edu.ua](http://www.pntu.edu.ua)

Макет та тиражування виконано у поліграфічному центрі

Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка,

Першотравневий проспект, 24, м. Полтава, 36011.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,

видавничих і розповсюджувачів видавничої продукції (ДК № 3130 від 06.03.2008 р.).

Комп'ютерна верстка – В.В. Ільченко. Коректори – Я.В. Новічкова, М.В. Москаленко.

Підписано до друку 09.07.2019 р.

Папір ксерокс. Друк різнограф. Формат 60x80 1/8. Ум. друк. арк. – 27,32.

Тираж 300 прим.

## Academic journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering / Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

Academic journal was founded in 1999, the publication frequency of the journal is twice a year.

Founder and Publisher is Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University.

State Registration Certificate KB № 8974 dated 15.07.2004.

Academic journal is included into the list of specialized academic publications where graduated thesis results could be presented (Order of Department of Education and Science of Ukraine № 1279 dated 06.11.2014).

Academic journal was recommended for publication by the Academic Board of Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, transactions № 18 of 05.07.2019.

The results of scientific and scientific-technical developments in the sphere of mechanical engineering, automobile transport and mechanization of construction works; designing, erection, operation and reconstruction of structural steels, buildings and structures; its bases and foundations; building physics and energy efficiency of buildings and structures are presented in the collection.

Academic journal is designed for researchers and technologists, postgraduates and senior students.

### Editorial Board:

<i>Pichugin Sergiy</i>	– <i>Editor-in-Chief</i> , DSc, Professor, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Ukraine), pichugin.sf@gmail.com
<i>Vynnykov Yuriy</i>	– <i>Deputy Editor</i> , DSc, Professor, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Ukraine), vynnykov@ukr.net
<i>Ilchenko Volodymyr</i>	– <i>Executive Secretary</i> , PhD, Associate Professor, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Ukraine), znpbud@gmail.com
<i>Boltryk Michal</i>	– DSc, Professor, Dean of the Faculty of Civil and Environmental Engineering, Bialystok Technological University (Poland)
<i>Emeljanova Inga</i>	– DSc, Professor, Professor of Mechanization of Construction Processes Department, Kharkiv National University of Construction and Architecture (Ukraine)
<i>Galinska Tatiana</i>	– PhD, Associate Professor, Associate Professor of Architecture and Town Planning Department, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Ukraine)
<i>Gasimov Akif</i>	– PhD, Associate Professor, Vice-Rector for Academic Work, Azerbaijan Architectural and Construction University (Azerbaijan)
<i>Kaczyński Roman</i>	– DSc, Professor, Vice-Rector for Development, Bialystok Technological University (Poland)
<i>Korobko Bogdan</i>	– DSc, Professor, Professor of Building Machines and Building Equipment Department, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Ukraine)
<i>Kosior-Kazberuk Marta</i>	– DSc, Professor, Vice-Rector for Education and International Cooperation, Bialystok Technological University (Poland)
<i>Kamal Mohammad Arif</i>	– DSc, Associate Professor, Architecture Section, Aligarh Muslim University (India)
<i>Molchanov Petro</i>	– PhD, Associate Professor, Associate Professor of Equipment of Oil and Gas Fields Department, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Ukraine)
<i>Nazarenko Ivan</i>	– DSc, Professor, Head of Technological Processes Mechanization Department, Kyiv National Civil Engineering and Architecture University (Ukraine)
<i>Nesterenko Mykola</i>	– DSc, Professor, Professor of Building Machines and Building Equipment Department, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Ukraine)
<i>Pavlikov Andriy</i>	– DSc, Professor, Head of Reinforced Concrete and Masonry Structures and Strength of Materials Department, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Ukraine)
<i>Pohribnyi Volodymyr</i>	– PhD, Associate Professor of Reinforced Concrete and Masonry Structures and Strength of Materials Department, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Ukraine)
<i>Savlyk Vasyl</i>	– PhD, Associate Professor, Associate Professor of Equipment of Oil and Gas Fields Department, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Ukraine)
<i>Semko Oleksandr</i>	– DSc, Professor, Head of Architecture and Town Planning Department, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Ukraine)
<i>Shapoval Volodymyr</i>	– DSc, Professor, Professor of Civil Engineering and Geomechanics Department, National Mining University (Ukraine)
<i>Storozhenko Leonid</i>	– DSc, Professor, Professor of Metal, Wood and Plastics Structures Department, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Ukraine)
<i>Sulewska Maria</i>	– DSc, Professor of Geotechnical Department, Bialystok University of Technology (Poland)
<i>Tur Viktor</i>	– DSc, Professor, Head of Concrete Technology and Building Materials, Brest State Technical University (Belarus)
<i>Vasyliov Ievgen</i>	– PhD, Associate Professor, Associate Professor of Building Machines and Equipment Department, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Ukraine)
<i>Wieneke-Toutaoui Burghilde</i>	– DSc, Professor, President of Brandenburg University of Applied Sciences (Germany)
<i>Pang Xiongqi</i>	– PhD, Professor, State Key Laboratory of Oil and Gas Resource and Prospecting, Vice-president China University of Petroleum – Beijing (China)
<i>Zhusupbekov Askar</i>	– DSc, Professor, Head of Buildings and Structures Design Department, Director of Geotechnical Institute, Eurasia National L.N. Gumiliov University (Kazakhstan)
<i>Zotsenko Mykola</i>	– DSc, Professor, Head of Oil and Gas Extraction and Geotechnical Department, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Ukraine)
<i>Zurlo Francesco</i>	– PhD, Associate Professor of Department of Design, Polytechnic University of Milan (Italia)

Address of Publisher and Editorial Board – Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,

Research Centre, room 320-F, Pershotravnevyi Avenue, 24, Poltava, 36011, Ukraine.

tel.: (05322) 29875; e-mail: v171@pntu.edu.ua; www.pntu.edu.ua

Layout and printing made in the printing center of Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,  
Pershotravnevyi Avenue, 24, Poltava, 36011, Ukraine.

Registration certificate of publishing subject in the State Register of Publishers Manufacturers  
and Distributors of publishing products (DK № 3130 from 06.03.2008).

Desktop Publishing – V.V. Ilchenko. Corrections – Y.V. Novichkova, M.V. Moskalenko.

Authorize for printing 09.07.2019.

Paper copier. Print rizograf. Format 60x80 1/8. Conventionally printed sheets – 27,32.

Circulation 300 copies.

UDC 69,055 : 69,003

## Optimization of shopping center construction under organizational and financial constraints

Meneiliuk Ivan<sup>1</sup>, Nikiforov Oleksiy<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Kharkiv National University of Construction and Architecture <https://orcid.org/0000-0001-7075-2898>

<sup>2</sup> Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture <https://orcid.org/0000-0001-7002-7055>

\*Corresponding author E-mail: [nikiforov.aleksey@yahoo.com](mailto:nikiforov.aleksey@yahoo.com)

The article presents the results of optimizing the construction duration of the object and the average monthly financing intensity of the shopping center construction under organizational and financial constraints, namely: the work processes alignment – 68-76%; the maximum monthly financing intensity – 40 million UAN; number of work brigades – 1-2; the maximum construction duration – 360 days. There were developed the method for optimizing and the results of numerical modeling of organizational and financial decisions were obtained. The most efficient models of construction were identified by graphical way under limited conditions of their implementation.

**Keywords:** organization of construction, civil engineering, trade and entertainment center, the duration, the intensity of the funding.

## Оптимізація моделі будівництва торгово-розважального центру при організаційно-фінансових обмеженнях

Менейлюк І.О.<sup>1</sup>, Нікіфоров О.Л.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Харківський національний університет будівництва та архітектури

<sup>2</sup> Одеська державна академія будівництва та архітектури

\*Адреса для листування E-mail: [nikiforov.aleksey@yahoo.com](mailto:nikiforov.aleksey@yahoo.com)

У статті представлені результати оптимізації тривалості зведення об'єкта і середньомісячної інтенсивності фінансування будівництва торговельно-розважального центру в умовах організаційно-фінансових обмежень, а саме: сумісність процесів – 68-76%; максимальна місячна інтенсивність фінансування – 40 млн. грн.; кількість бригад – 1-2; максимальна тривалість робіт – 360 днів. Аналіз інформаційних джерел показав, що умови житлового будівництва надзвичайно мінливі, тому важливо дослідити вплив зміни організаційних рішень на основні показники, насамперед на тривалість будівництва та інтенсивність фінансування. Розроблено методику оптимізації організаційних рішень будівництва торговельно-розважального центру із використанням сучасних програмних продуктів з галузі управління проектами. Шляхом організаційного моделювання у пакеті MS Excel побудовані достовірні моделі процесу будівництва. Згідно плану експерименту зафіксовані значення наступних показників: тривалість виконання будівельно-монтажних робіт, максимальна місячна інтенсивність фінансування проекту та середньомісячна інтенсивність фінансування будівельних робіт. Для подальших досліджень була вибрана поліноміальна модель другого ступеню, що відповідає плану експериментів. На цій основі побудовані експериментально-статистичні моделі зміни показників від факторів, що варіюються: інтенсивність використання робочого часу, кількість робочих бригад та суміщення робіт. Графічним способом визначені найбільш ефективні моделі будівництва в обмежених умовах їх реалізації: «тривалість виконання будівельно-монтажних робіт» дорівнює 244 дні (60 робочих годин у тиждень, 2 робочі бригади, суміщення робіт 68%); «середньомісячна інтенсивність фінансування» дорівнює 15000 тис. грн. (80 робочих годин на тиждень, 1 робоча бригада, суміщення робіт 68%).

**Ключові слова:** організація будівництва, цивільне будівництво, торговельно-розважальний центр, тривалість, інтенсивність фінансування.

## Introduction

The volume of civil construction in Ukraine was increased by 3.4 times (from 19 659,1 million UAN to 66 791,6 million UAN) for the period 2010-18 years. At the same time, the conditions of the civil construction are more complex than other types of construction for two main reasons: complicated engineering facilities as well as the instability of the financial situation at the macro and microeconomic levels. In the examination of the regulatory and reference literature comprehensive systematic recommendations for the choice of organizational and financial decisions on the topic has not been found. Research topic is extremely relevant, given the high social, economic and technical effect of solving the problem of rational selection of organizational solutions for civil construction.

## Review of research sources and publications

Now there are 144 shopping centers in Ukraine with the corresponding lease area of 2.5 million m<sup>2</sup> by ICSC standards [1]. ICSC Ukraine Research Group has identified a concept of "shopping center" – an object of commercial real estate, which is planned, built and operated as a single entity, including shops and gross leasable area (GLA) of not less than 5000 m<sup>2</sup>. According to the study, most of the retail space in the largest cities of Ukraine is presented in the format of "traditional/large" (27.9% of gross leasable area of shopping centers), "traditional/average" (23.2%), and the "traditional/small/with day to day – trade dominant" (24.7%). Another 15.8% have a format of "specialized/thematic center/entertainment without dominant" [2-3]. Shopping centers' market development has its own logic, and from year to year it is becoming more diverse. Under these conditions, the study of organizational and financial decisions of new shopping centers construction is relevant [4].

Analysis of works devoted to the optimization of organizational and technological solutions of construction and reconstruction [5-7] leads to the conclusion that the use of experimental statistical modeling is an effective way to solve such problems and can be used for modeling and optimization of operating activity of the construction companies. The papers [8-13] are de-

voted to optimization techniques applied by experimental statistical modeling. It is expedient [5-7] to create operating models of construction enterprise using specialized software for project management.

## Definition of unsolved aspects of the problem

There is not considered the combined effect of a variety of organizational factors on the performance of the construction project in numerous studies aimed at the selection of efficient organizational and technological solutions. The study task is proposed to be solved by numerical simulation of construction processes and optimization of organizational solutions considering existing constraints, using modern software, theory of experiment planning and statistical processing of experimental results.

## Problem statement

Purpose of the article is to optimize the construction duration and the average monthly financing intensity of the shopping center construction under the organizational and financial constraints. The following tasks were set to achieve this goal:

- Development of optimization method of indicators of shopping center construction project.
- Construction of experimental statistical dependencies of construction duration and average monthly financing intensity from the working time use intensity, the number of work brigades and the work processes alignment.
- Analysis and graphic interpretation of the numerical experiment's results.

## Basic material and results

There was proposed to use experimental statistical modeling for effectiveness evaluation of the organizational solutions of the shopping center construction. The essence of this simulation is to monitor the system under consideration by fixing the values of the outgoing parameters when specifying input values parameters. Thus, in the present study, the system is represented as a time schedule. Experimental statistical modeling algorithm is shown on Fig. 1.

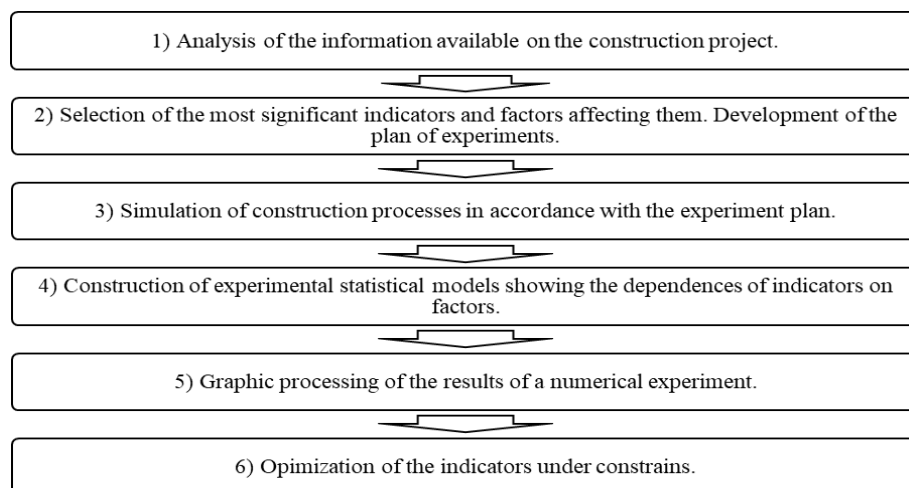


Figure 1 – Research algorithm.

The key indicators are as follows:

–  $Y_1$  – construction duration – the number of calendar time from the start of the first work until the end of the last work at all sections considering the schedule of construction works.

–  $Y_2$  – maximum monthly financing intensity – the maximum amount of the monthly financing for the entire period of construction. It is defined as follows: construction of the work schedule with a cash distribution equal to month period; the resulting financing schedule is analyzed and month with a maximum funding is selected.

–  $Y_3$  – average monthly financing intensity – the funds allocated for the construction of a facility are deleted on the duration of the construction work, expressed in months.

The selected indicators are most affected by the following factors:

–  $X_1$  – working time use intensity – there was provided the following in the development of the experimental design: 40, 60, 80 hours per week;

–  $X_2$  – number of work brigades – there was considered embodiment of the workflow involving 1, 2 or 3 brigades simultaneously;

–  $X_3$  – work processes alignment – the ratio of the length of the construction period  $T_c$  to the total value of the working time of all the processes on all work sections  $\sum_1^N \sum_1^N t_i$  (formula 1).

The transition to the coded factor levels was performed according to the standard formula 2, where:

–  $x_i$  – predetermined level of factor in its normalized form;

–  $X_i$  – predetermined level of factor in its natural form;

–  $X_{i \max}$  – maximum level of factor in its natural form;

–  $X_{i \min}$  – minimum level of factor in its natural form.

$$Y_i = b_0 + b_1 X_1 + b_{11} X_1^2 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_2 X_2 + b_{22} X_2^2 + b_{23} X_2 X_3 + b_3 X_3 + b_{33} X_3^2 \quad (3)$$

$$Y_1 = 243,64 - 73,3 X_1 + 35,94 X_1^2 + 47 X_1 X_2 + 19,5 X_1 X_3 + 121,3 X_2 + 57,94 X_2^2 + 31 X_2 X_3 + 63,8 X_3 + 9,56 X_3^2 \quad (4)$$

$$Y_2 = 36692,83 + 5619,81 X_1 - 2047,95 X_1^2 + 618,65 X_1 X_2 + 1407,68 X_1 X_3 + 11427,04 X_2 - 1998,13 X_2^2 + 2043,24 X_2 X_3 + 6450,97 X_3 + 209,38 X_3^2 \quad (5)$$

$$Y_3 = 20377,52 + 3106,2 X_1 - 1812,37 X_1^2 - 282,55 X_1 X_2 + 23,64 X_1 X_3 + 6104,18 X_2 - 1470,06 X_2^2 + 438,58 X_2 X_3 + 3227,25 X_3 + 1575,09 X_3^2 \quad (6)$$

The polynomial experimental statistical model was selected to solve the problems of the present study. It is general form presented in formula 3. Numerical results of the experiment are shown in table 1. The results of the experimental statistical models calculation for the selected indicators are shown in formulas 4-6.

One of the tasks set by the customer was to determine the minimum duration of the construction work. The following restrictions were imposed while solving this problem:

– Work processes alignment – 68-76%;

– Maximum monthly financing intensity – 40 million UAN.

$$K_s = \frac{T_c}{\sum_1^N \sum_1^N t_i} - 1 \quad (1)$$

$$x_i = \frac{X_i - \frac{X_{i \max} + X_{i \min}}{2}}{\frac{X_{i \max} + X_{i \min}}{2}} \quad (2)$$

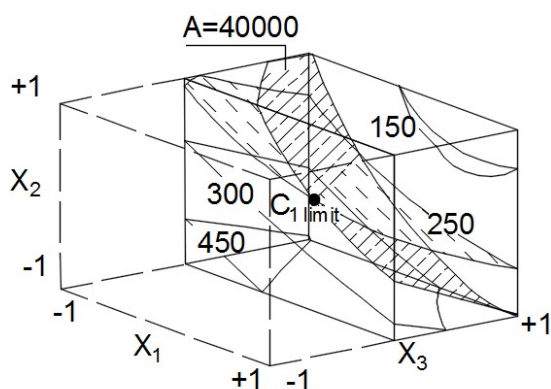
The restrictions are shown on the diagram by shading of following isosurfaces of construction duration and maximum monthly financing intensity values (Fig. 2). It enables to analyze these restrictions.

The effective value of the indicator "construction duration", equal to  $C_1 \text{ limit} = 244$  days, was found after examining the diagram with restrictions. This model is possible at:  $X_1 = 60$  hours per week,  $X_2 = 2$  working brigades,  $X_3 = 68\%$ . The indicator reduces by the increasing of the working time use intensity ( $X_1$ ), the number of work brigades ( $X_2$ ) and the work processes alignment ( $X_3$ ).

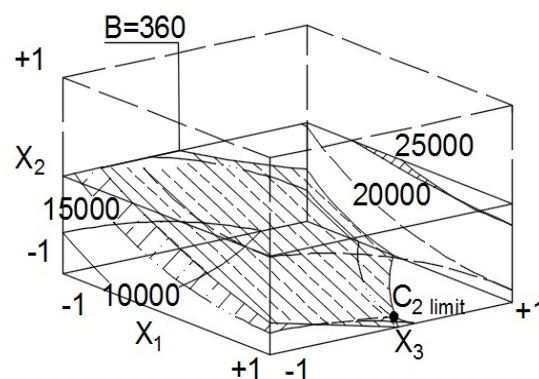


**Table 1 – The results of a numerical experiment**

#	Working time use intensity, hours a week ( $X_1$ )	Number of work brigades, ( $X_2$ )	Work processes alignment, % ( $X_3$ )	Construction duration, days, ( $Y_1$ )	Maximum monthly financing intensity, thsd. UAH, ( $Y_2$ )	Average monthly financing intensity, thsd. UAH, ( $Y_3$ )
1	40	1	61	710	15 171, 713	7247, 944
2	40	1	76	445	20 788 647	11 487 308
3	40	3	61	278	32 012, 947	18 039 328
4	80	1	61	395	21 591 218	12 817, 417
5	40	3	76	190	43 728 903	25 907, 546
6	80	1	76	261	30 764, 955	19 025, 854
7	80	3	61	204	38 833 149	24 353, 094
8	80	3	76	141	58 253 785	30 441 367
9	80	2	68	224	44 725 436	22 139 176
10	40	2	68	335	26 268 165	15 032 774
11	60	3	68	194	50 425 694	25 367 806
12	60	1	68	409	20 667, 557	12 488, 766
13	60	2	76	190	47 045 372	25 907, 546
14	60	2	61	278	28 462 916	18 039 328
15	60	2	68	244	33 285 173	20 294 245



**Figure 2 – Optimization of the construction duration under limitations of the work processes alignment and the maximum monthly financing intensity**



**Figure 3 – Optimization of the average monthly financing intensity under limitations of the number of work brigades and the maximum construction duration**

Next task, set by the customer, was to determine the minimum of the average monthly financing intensity. The restrictions for this task were:

- the number of work brigades – 1-2;
- the maximum construction duration – 360 working days.

These restrictions were shown on the diagram of the average monthly financing intensity (Fig. 3).

The minimal value of the indicator "average monthly financing intensity", equal to  $C_2 \text{ limit} = 15,000$  thsd. UAH, was found after considering the limitations. This model is available when  $X_1 = 80$  hours per week,  $X_2 = 1$  operating brigade,  $X_3 = 68\%$ . The average monthly financing intensity reduces with increasing levels of working time use intensity ( $X_1$ ), the number of work brigades ( $X_2$ ) and the work processes alignment ( $X_3$ ).

### Conclusions

1. The developed methodology and the obtained results confirm the possibility of using the proposed approach to the optimization of the construction duration and average monthly financing intensity for the facilities under consideration.

2. The efficient construction model into the investigated range of the factors has the following parameters: duration of construction – 244 days, the maximum monthly financing intensity – 40 million UAH, the average monthly financing intensity – 15 million UAH. These rates are achieved at 60 working hours a week, using two working brigades, with work processes alignment equal to 68% under constraints (work processes alignment – 68-76%; maximum monthly financing intensity – 40 million USD; number of working brigades no more than 2; construction duration – 360 working days).

## References

1. Официальный сайт организации «ICSC: International Council of Shopping Centers». (2019).  
Взято з <https://www.icsc.org>.
2. ICSC: исследование рынка торговой недвижимости Украины. (2019).  
Взято з <https://commercialproperty.ua>.
3. ICSC представил классификацию торговых центров Украины. (2019).  
Взято з <https://commercialproperty.ua>.
4. Официальный сайт Gagarinn Plaza. (2019).  
Взято з <http://gagarinnplaza.com/>
5. Лобакова, Л.В. (2016). *Організаційне моделювання реконструкції будівель при їх перепрофілюванні*. (Автореф. дис. канд. техн. наук). Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса.
6. Меньлюк, А.И., Ершов, М.Н., Никифоров, А.Л., Меньлюк, И.А. (2016). *Оптимизация организационно-технологических решений реконструкции высотных инженерных сооружений*. Одесса: Интерсервис.
7. Чернов, І.С. (2013). *Вибір ефективних моделей зведення житлових будівель при фінансовій ситуації, що змінюється*. (Автореф. дис. канд. техн. наук). Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса.
8. Загенидзе, И.Г. (1976). *Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем*. Москва: Наука.
9. Anderson, M.J. & Whitcomb, P.J. (2010). Design of Experiments. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. New York: John Wiley & Sons.  
<https://doi.org/10.1002/0471238961.0405190908010814.a01.pub3>
10. Налимов, В.В., Голикова, Т.И. (1980). *Логические основания планирования эксперимента*. Москва: Металлургия.
11. Kumar, R. & Vrat, P. (1989). Using computer models in corporate planning. *Long Range Planning*, 22, 114-120.  
[https://doi.org/10.1016/0024-6301\(89\)90130-1](https://doi.org/10.1016/0024-6301(89)90130-1)
12. Финни, Д. (1970). *Введение в теорию планирования экспериментов*. Москва: Наука.
13. Kempthorne, O. (1952). *The Design and Analysis of Experiments*. N New York: John Wiley & Sons.  
<https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1952.tb02500.x>
1. The official website of the organization «ICSC: International Council of Shopping Centers». (2019).  
Retrieved from <https://www.icsc.org>
2. ICSC: Study of the Ukrainian real estate market. (2019).  
Retrieved from <https://commercialproperty.ua>.
3. ICSC presented the classification of shopping centers in Ukraine. (2019).  
Retrieved from <https://commercialproperty.ua>.
4. The official website of Gagarinn Plaza. (2019).  
Retrieved from <http://gagarinnplaza.com/>
5. Lobakova, L. (2016). *Organizational modeling of buildings reconstruction during their redevelopment* (Master's thesis). Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa.
6. Menejlyuk, A., Ershov, M., Nikiforov, A., & Menejlyuk, I. (2016). *Optimization of organizational and technological solutions of high-rise engineering structures reconstruction*. Odessa: Interservis.
7. Chernov, I. (2013). *Choice of effective models of residential buildings construction at the changing financial situation*. (Master's thesis). Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa.
8. Zadgenidze, I. G. (1976). *Planning the experiment for the study of polycomponent systems*. Moscow: Nauka.
9. Anderson, M.J. & Whitcomb, P.J. (2010). Design of Experiments. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. New York: John Wiley & Sons.  
<https://doi.org/10.1002/0471238961.0405190908010814.a01.pub3>
10. Nalimov, V.V. & Golikova, T.I. (1980). *The logical base for the design of experiment*. Moscow: Metallurgija.
11. Kumar, R. & Vrat, P. (1989). Using computer models in corporate planning. *Long Range Planning*, 22, 114-120.  
[https://doi.org/10.1016/0024-6301\(89\)90130-1](https://doi.org/10.1016/0024-6301(89)90130-1)
12. Finni, D. (1970). Introduction to design of experiments. Moscow: Nauka.
13. Kempthorne, O. (1952). *The Design and Analysis of Experiments*. N New York: John Wiley & Sons.  
<https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1952.tb02500.x>

## CONTENTS

1	<b>The research of the operating mode of the concrete mixture plane depth compactor with a circular vibration exciter</b> Maslov Alexander, Batsaikhan Janar	5
2	<b>Mathematical simulation of the motion law of differential mortar pump piston intended for construction mix</b> Korobko Bogdan, Zhyhylii Serhii, Kivshyk Anton	13
3	<b>Mathematical modeling for the technological process of surface soil compaction by the inertial vibratory rammer</b> Ivanchuk Yaroslav	21
4	<b>Vertical differential grout pump experimental studies methods validation</b> Nadobko Vitaliy	30
5	<b>Research of electric car dynamics</b> Lyutenko Vasyl, Nesterenko Mykola, Durachenko Hryhoriy, Nesterenko Mykola	38
6	<b>Air velocity modeling velocity of the air around the trunk road train with installed rolling roof fairings</b> Mykola Nesterenko, Viktor Virchenko, Maksym Skoryk, Mykola Nesterenko	44
7	<b>High-strength steel grades application for silos structures</b> Pichugin Sergiy, Makhinko Natalia	51
8	<b>Research of the specific steel shells progressive collapse prevention</b> Reznik Petro, Grebenchuk Sergiy, Koreniev Roman, Bondarenko Vitaliy	58
9	<b>Strength analysis of reinforced concrete flexural members at not entirely use of reinforcement resistance</b> Pavlikov Andrii, Harkava Olha	65
10	<b>Calculation of building structures and features of its automation technology</b> Shkurupiy Oleksandr, Mytrofanov Pavlo, Pashchenko Andrii, Kozichko Ivan	70
11	<b>Improved calculation method of reinforced concrete elements strength on inclined sections</b> Dovzhenko Oksana, Pohribnyi Volodymyr, Maliovana Olena, Karabash Leonid	75
12	<b>Experimental researches of the achievements of a current burdening course plates</b> Tegza I.I.	82
13	<b>Accidents features in construction</b> Pichugin Sergiy, Klochko Lina	91
14	<b>Survivability and failure risks of steel frame structures: conceptual framework</b> Chichulina Kseniia, Chichulin Viktor	102
15	<b>Probability of brick structures destruction</b> Kichaeva Oxana	110
16	<b>Improvement of settlement calculations of building foundations by increasing the reliability of determining soil compressibility indices</b> Vynnykov Yuriy, Hajiyev Muhlis, Aniskin Aleksej, Miroshnychenko Irina	115

17	<b>Numerical simulation of hard airdrome coatings stress-strain state when interacting with weak ground base</b> Talakh Svitlana, Dubyk Oleksandr, Lysnytska Kateryna, Ilchenko Volodymyr	124
18	<b>Modeling using the LIRA 9.6 software package of contact interaction of the retaining wall with the base</b> Timchenko Radomir, Krishko Dmytro, Savenko Volodymyr	133
19	<b>Choice substantiation of a folded foundation model via laboratory experiment</b> Timchenko Radomir, Krishko Dmytro, Khoruzhenko Iryna	139
20	<b>Research of the industrial facility underground structures settlement caused by its machinery dynamic loads</b> Aleksandrovykh Vadym	146
21	<b>Dynamic activity of military transportation investigation at the construction site</b> Mykhailovska Olena, Nesterenko Tetiana	154
22	<b>Scientific basis of design structures plaster solutions</b> Paruta Valentyn, Gnyp Olha, Lavrenyuk L.I., Bachinsky Vyacheslav, Grynyova Iryna	160
23	<b>Evaluation of the effectiveness of sealing materials in the repair of asphalt concrete with cross cracks</b> Hustyelyev Oleksandr	166
24	<b>Research of the current Egyptian roads service facilities placement condition</b> Tkachenko Iryna, Lytvynenko Tetyana, Ilchenko Volodymyr, Mohamed Elgandour	170
25	<b>Trends and approaches to reorganization of urban environment</b> Sedin V.L., Kovalov V.V., Kravchunovska T.S., Nechepurenko D.S.	179
26	<b>Energy performance of buildings in EU countries and Ukraine</b> Kariuk Alla, Koshlatyi Oleg, Mishchenko Roman, Shechepak Vira	185
27	<b>Calculation of phase change heat accumulator in complex of energy efficient ventilation system</b> Kutniy Bogdan, Novakh Bogdan	191
28	<b>The scientific and technical activity module development for the department of structures from metal, wood and plastics</b> Dmytrenko Tatyana, Dmytrenko Andriy, Derkach Tatyana, Klochko Lina	197
29	<b>Optimization of shopping center construction under organizational, financial constraints</b> Meneiliuk I.A., Nikiforov A.L.	205
30	<b>Oil and gas complex of Ukraine: analysis and prevention of electrical traumatism</b> Pahomov Roman, Zyma Oleksandr, Dyachenko Evgen	210
31	<b>Formation of multifunctional nano-layered oxide REE-containing materials using nitrate precursors</b> Dryuchko Oleksandr, Storozhenko Dmytro, Bunyakina Natalya, Ivanyska Iryna, Khanyukov Vasyl, Kytayhora Kateryna	216
32	<b>Influence of molybdenum on corrosion and mechanical properties of carbon steel joint welds</b> Makarenko Valerii, Vynnykov Yuriy, Manhura Andrii	226

## ЗМІСТ

1	<b>Дослідження робочого режиму площинного глибинного ущільнювача бетонних сумішей з віброзбудувачем кругових коливань</b> Маслов О.Г., Батсайхан Жанар	5
2	<b>Математичне моделювання закону руху поршня диференціального насоса електромагнітної дії для будівельної суміші</b> Коробко Б.О., Жигілій С.М., Ківшик А.В.	13
3	<b>Математичне моделювання технологічного процесу поверхневого ущільнення ґрунтів інерційною вібротрамбівкою</b> Іванчук Я.В.	21
4	<b>Обґрунтування методики експериментальних досліджень вертикального диференціального розчинонасоса</b> Надобко В.Б.	30
5	<b>Дослідження динаміки електромобіля</b> Лютенко В.Є., Нестеренко М.П., Дураченко Г.Ф., Нестеренко М.М.	38
6	<b>Моделювання швидкості руху повітря навколо магістрального автопоїзда із установленим рухомим даховим обтічником</b> Нестеренко М.П., Вірченко В.В., Шаповал М.В., Нестеренко М.М.	44
7	<b>Використання високоміцних сталей для конструкцій вертикальних силосних ємностей</b> Пічугін С.Ф., Махінько Н.О.	51
8	<b>Дослідження запобігання прогресуючого обвалення металевих оболонок спеціального виду</b> Резнік П.А., Гребінчук С.С., Коренєв Р.В., Бондаренко В.Г.	58
9	<b>Розрахунок несучої здатності залізобетонних згинальних елементів при неповному використанні міцності арматури</b> Павліков А.М., Гарькава О.В.	65
10	<b>Розрахунок будівельних конструкцій та особливості технології його автоматизації</b> Шкурупій О.А., Митрофанов П.Б., Пащенко А.М., Козічко І.В.	70
11	<b>Удосконалена методика розрахунку міцності залізобетонних елементів за похилими перерізами</b> Довженко О.О., Погрібний В.В. Мальована О.О., Карабаш Л.В.	75
12	<b>Експериментальні дослідження надколонної плити збірного безбалкового перекриття</b> Тегза І.І.	82
13	<b>Особливості аварій у будівництві</b> Пічугін С.Ф., Клочко Л.А.	91
14	<b>Живучість і ризики відмови сталевих рамних конструкцій: понятійний апарат</b> Чичуліна К.В., Чичулін В.П.	102
15	<b>Ймовірність руйнування цегляних конструкцій</b> Кічаєва О.В.	110
16	<b>Удосконалення розрахунку осідань основ будівель підвищенням достовірності визначення показників стисливості ґрунту</b> Винников Ю.Л., Гаджієв М.А., Аніскін А., Мірошниченко І.В.	115

17	<b>Чисельне моделювання напружено-деформованого стану жорстких аеродромних покриттів при взаємодії зі слабкою ґрунтовою основою</b> Талах С.М., Дубик О.М., Лисницька К.М., Ільченко В.В.	124
18	<b>Моделювання з допомогою програмного комплексу LIRA 9.6 контактної взаємодії підпірної стіни з основою</b> Тімченко Р.О., Кришко Д.А., Савенко В.О.	133
19	<b>Обґрунтування вибору моделі складчастого фундаменту із застосуванням методики проведення лабораторного експерименту</b> Тімченко Р.О., Кришко Д.А., Хоруженко І.В.	139
20	<b>Дослідження осідань підземних конструкцій промислового цеху від дії динамічних навантажень його обладнання</b> Александрович В.А.	146
21	<b>Дослідження динамічної дії міського транспорту на будівлі</b> Михайловська О.В., Нестеренко Т.М.	154
22	<b>Наукові основи проектування складів штукатурних розчинів</b> Парута В.А., Гнип О.П., Лавренюк Л.І., Бочинський В.В., Гриньова І.І.	160
23	<b>Оцінювання ефективності герметизуючих матеріалів при ремонті асфальтобетонного покриття з поперечними тріщинами</b> Густелев О.О.	166
24	<b>Дослідження існуючого стану розміщення об'єктів сервісу доріг Єгипту</b> Ткаченко І.В., Литвиненко Т.П., Ільченко В.В., Ельгандур М.	170
25	<b>Тенденції та підходи до реорганізації міського середовища</b> Седін В.Л., Ковальов В.В., Кравчуновська Т.С., Нечепуренко Д.С.	179
26	<b>Енергоефективність будівель у країнах ЄС та в Україні</b> Карюк А.М., Кошлатий О.Б., Міщенко Р.А., Щепак В.В.	185
27	<b>Розрахунок сезонного теплоаккумулятора у складі енергоефективної системи вентиляції</b> Кутний Б.А., Новак Б.Р.	191
28	<b>Розроблення модуля управління науковою та науково-технічною діяльністю кафедри конструкцій з металу, дерева та пластмас</b> Дмитренко Т.А., Дмитренко А.О., Деркач Т.М., Клочко Л.А.	197
29	<b>Оптимізація моделі будівництва торгово-розважального центру при організаційно-фінансових обмеженнях</b> Менейлюк І.О., Нікіфоров О.Л.	205
30	<b>Нафтогазовий комплекс України: аналіз і профілактика електротравматизму</b> Пахомов Р.І., Зима О.Є., Дяченко Є.В.	210
31	<b>Формування багатофункціональних наночаруватих оксидних РЗЕ-вмісних матеріалів з використанням нітратних прекурсорів</b> Дрючко О.Г., Стороженко Д.О., Бунякіна Н.В., Іваницька І.О., Ханюков В.О., Китайгора К.О.	216
32	<b>Вплив молібдену на корозійно-механічні властивості зварювальних з'єднань вуглецевої сталі</b> Макаренко В.Д., Винников Ю.Л., Мангура А.М.	226

