

УДК 69.055 : 69.003

к.т.н. Меньлюк И.А.,

meneyiv@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7075-2898,

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

DOI: 10.32347/2076-815x.2019.70.373-383

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА, БЮДЖЕТА И ИНТЕНСИВНОСТИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЯХ**

*Аннотация.* Представлены результаты численного эксперимента по исследованию изменений продолжительности, бюджета и интенсивности финансирования при строительстве жилого комплекса на примере ЖК «GreenWood». Разработана методика экспериментально-статистического моделирования организационных решений строительства жилого комплекса. Проведён численный эксперимент по моделированию организационных режимов возведения жилого комплекса, определены значения исследуемых показателей согласно плана эксперимента. Найдены пределы варьирования исследуемых показателей и их экстремальные значения в области рассматриваемого факторного пространства.

*Ключевые слова:* организация строительства, гражданское строительство, жилой комплекс, продолжительность, бюджет, интенсивность финансирования.

**Постановка проблемы.** Объем возведения гражданских зданий в Украине за период 2010-2018 гг. вырос в 3,4 раза (с 19 659,1 млн. грн. до 66 791,6 млн. грн.). При этом, условия возведения гражданских зданий являются более сложными по сравнению с другими видами строительства по двум основным причинам: усложненные инженерные условия, а также нестабильность финансовой ситуации на макро- и микроэкономическом уровнях. В изученной нормативной и справочной литературе не было найдено исчерпывающих системных рекомендаций по выбору организационных и финансовых решений по указанной теме. Тема исследования является чрезвычайно актуальной, учитывая высокий социальный, экономический и технический эффект решения проблемы выбора рациональных организационных решений при гражданском строительстве.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В соответствии с исследованиями, среди факторов, которые имеют наибольшее влияние на процесс возведения жилых комплексов, наиболее значимыми являются формы и способы финансирования [13], конструктивно-технологические особенности [1],

инженерные условия строительства [2]. Исследователи выделяют следующие основные показатели жилищного строительства: продолжительность, стоимость, трудоёмкость [7, 12]. Учитывая, что жилищное строительство проводится в нестабильных финансово-экономических условиях [6, 16], важным является исследовать влияние организационных режимов строительства на эти показатели, а также на интенсивность финансирования.

В работе [5] предложены взаимосвязанные математические модели решения комплекса задач подготовки строительства и разработан язык программирования и имитационного моделирования строительных технологий «АИМО», состоящий из компилятора, виртуальной машины (средства моделирования) и визуальной среды разработки для программирования на языке «АИМО». Статьи [3, 14, 15] содержат описание статистического метода определения пределов распределения функций длительности и стоимости строительного проекта на основании производной матрицы вариантов реализации проекта и его сетевой модели. Работа [8] предлагает использование математического аппарата полумарковских процессов организационно-технологического моделирования рационального использования систем механизации.

Анализ работ, посвящённых оптимизации организационно-технологических решений строительства и реконструкции [9, 10] позволяет заключить, что применение экспериментально-статистического моделирования является эффективным способом решения подобных задач и может быть использовано при моделировании и оптимизации операционной деятельности предприятий по строительству и реконструкции элеваторов.

Методикам оптимизации при применении экспериментально-статистического моделирования посвящены работы [4, 11]. Для создания модели операционной деятельности строительного-монтажной организации целесообразно [9, 10] использовать специализированные программы для управления проектами.

**Цель и задачи.** Цель статьи – изучение влияния организационных факторов на продолжительность, бюджет и интенсивность финансирования строительства жилого комплекса на примере ЖК «GreenWood» в г. Одесса. Для достижения данной цели решены следующие задачи:

1. Разработка методики экспериментально-статистического моделирования организационных режимов строительства жилого комплекса.

2. Проведение численного эксперимента и получение зависимостей исследуемых показателей от варьируемых факторов.

3. Анализ и графическая интерпретация результатов численного эксперимента.

**Материалы и методика исследования.** Для оценки эффективности организационных решений при строительстве жилого комплекса предложено использовать теорию экспериментально-статистического моделирования. Суть такого моделирования заключается в наблюдении за исследуемой системой путём фиксации значений исходящих параметров при задании значений входных. При этом, в настоящем исследовании система представлена в виде графика производства работ. Алгоритм экспериментально-статистического моделирования показан на рис 1.

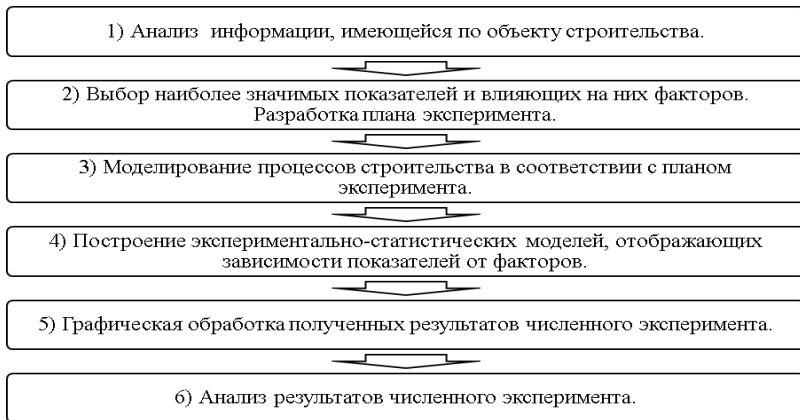


Рис. 1. Алгоритм исследования

Основными являются следующие показатели:

–  $Y_1$  – бюджет строительства – прямые затраты (стоимость труда рабочих, затраты на эксплуатацию механизмов, оборудования и строительной техники, стоимость материалов и конструкций) и общепроизводственные (расходы непромышленного назначения, условно не изменяются в течение всего хода работ).

–  $Y_2$  – продолжительность строительства – время от начала первой работы до окончания последней.

–  $Y_3$  – интенсивность финансирования строительных работ – отношение денежных средств, которые выделяются на возведение объекта с учетом условно постоянных расходов к продолжительности выполнения строительных работ, выраженной в месяцах.

На выбранные показатели наибольшее влияние оказывают следующие факторы:

–  $X_1$  – интенсивность использования рабочего времени – при разработке

плана эксперимента было выбрано 40, 72, 112 рабочих часов в неделю (соответственно: 5 дней в неделю по 8 рабочих часов в 1 смену; 6 дней в неделю по 6 рабочих часов в 2 смены; 7 дней в неделю по 8 рабочих часов в 2 смены);

–  $X_2$  – совмещенность процессов – отношение суммарной длины периодов смещения между парами предыдущих и последующих работ к суммарной продолжительности всех процессов на всех захватках:

$$K = \frac{\sum t_{совм.}}{\sum t_{прод.}} * 100\% = \frac{\sum t_{прод.} - t_{оконч.}}{\sum t_{прод.}} * 100\% \quad (1)$$

где:

–  $\sum t_{совм.}$  – суммарный резерв времени, высвободившийся в результате совмещения работ во времени.

–  $\sum t_{прод.}$  – суммарная продолжительность всех процессов на всех захватках.

–  $t_{оконч.}$  – длительность комплекса строительных работ, полученная в результате смещения работ между собой.

Переход к кодированным уровням факторов выполнен по типовой формуле 2:

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

где  $x_i$  – заданный уровень фактора в нормализованном виде;

$X_i$  – заданный уровень фактора в натуральном виде;

$X_{i\max}$  – максимальный уровень фактора в натуральном виде;

$X_{i\min}$  – минимальный уровень фактора в натуральном виде.

Для решения задач настоящего исследования выбрана полиномиальная экспериментально-статистическая модель, общий вид которой представлен в формуле 3.

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

**Результаты исследования.** Результаты численного эксперимента показаны в таблице 1.

Исследуемые показатели зависят от обоих рассмотренных факторов: интенсивности использования рабочего времени и совмещенности работ. Экспериментально-статистические модели продолжительности (4), бюджета (5) и интенсивности финансирования (6) представлены ниже:

$$Y_1 = 426.33 - 160X_1 - 28.33X_2 + 53.67X_1^2 + 10X_1X_2 \quad (4)$$

$$Y_2 = 483.44 - 9.86X_1 - 1.83X_2 + 4.7X_1^2 + 0.99X_1X_2 \quad (5)$$

$$Y_3 = 334 + 110X_1 + 21.67X_2 + 2.33X_2^2 + 6.5X_1X_2 \quad (6)$$

Таблица 1.

## Результаты экспериментального исследования

Натуральные значения факторов			Показатели		
№	X <sub>1</sub> Интенсивность использования рабочего времени (час/нед.)	X <sub>2</sub> Коэффициент совмещения работ	Y <sub>1</sub> Бюджет, грн.,	Y <sub>2</sub> Продолжитель- ность, дни	Y <sub>3</sub> Интенсивность финансирования, грн./мес.
1	40	15%	500 692 449	680	21 127 503
2	72	15%	485 764 700	453	31 525 938
3	40	20%	497 706 899	639	22 461 608
4	40	25%	495 716 532	599	24 290 989
5	72	20%	483 774 333	426	33 499 622
6	72	25%	480 776 400	399	35 740 422
7	112	15%	478 810 800	340	41 887 733
8	112	20%	478 319 400	320	44 454 877
9	112	25%	477 828 000	299	47 549 010

Для прогнозирования изменений исследуемых показателей при варьировании интенсивности использования рабочего времени и совмещенности процессов, наиболее рационально пользоваться графическими изображениями (рис. 2, а-в) в двухфакторном пространстве.

Исследуемые экспериментально-статистические зависимости, изображенные на рисунке 2 (а-в), имеют экстремумы в следующих точках:

- $Y_{1\max} = 500,862$  млн. грн. при  $X_1 = 40$  рабочих часов в неделю,  $X_2 = 15\%$ ;
- $Y_{1\min} = 477,492$  млн. грн. при  $X_1 = 112$  рабочих часов в неделю,  $X_2 = 25\%$ ;
- $Y_{2\max} = 679$  дней при  $X_1 = 40$  рабочих часов в неделю,  $X_2 = 15\%$ ;
- $Y_{2\min} = 301$  дней при  $X_1 = 112$  рабочих часов в неделю,  $X_2 = 25\%$ ;
- $Y_{3\max} = 47 549 010$  грн./мес. при  $X_1 = 112$  рабочих часов в неделю,  $X_2 = 25\%$ ;
- $Y_{3\min} = 21 127 503$  грн./мес. при  $X_1 = 40$  рабочих часов в неделю,  $X_2 = 15\%$ .

Бюджет и продолжительность строительства ЖК «GreenWood» стремятся к своим максимумам при приближении уровней факторов  $X_1$  и  $X_2$  к минимальным значениям (40 рабочих часов в неделю и совмещенность процессов 15%). При

стремлении тех же факторов к максимальным значениям (112 рабочих часов в неделю и совмещенность процессов 25%), бюджет и продолжительность строительства приближаются к своим минимумам.

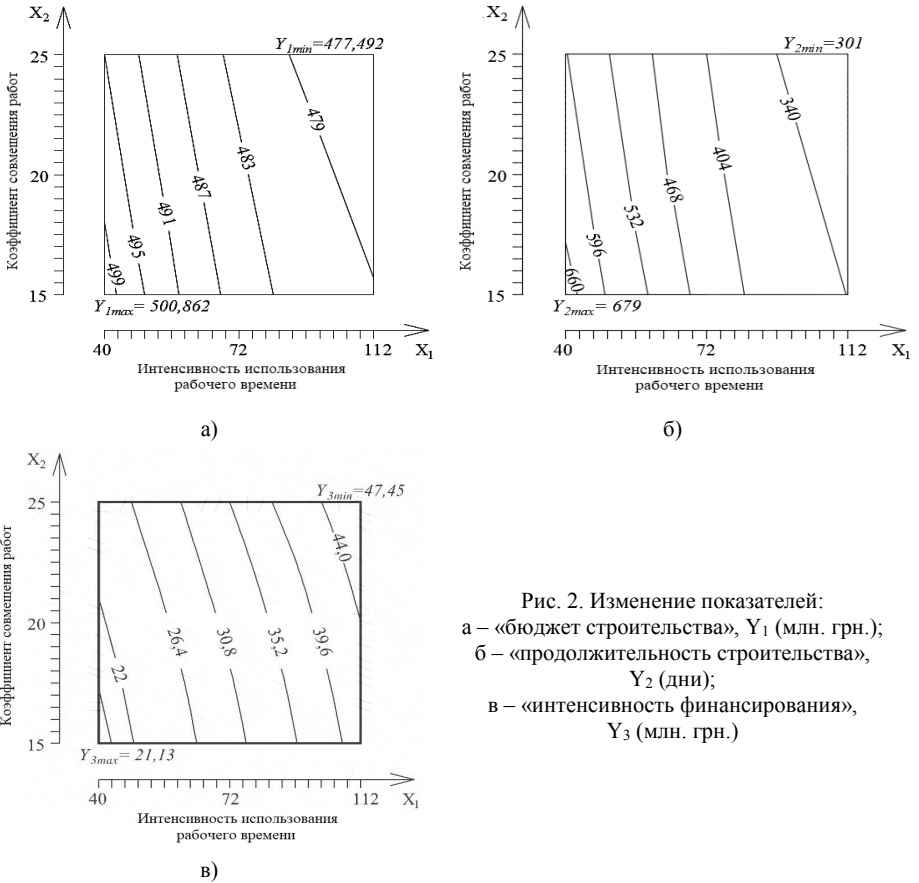


Рис. 2. Изменение показателей:  
 а – «бюджет строительства»,  $Y_1$  (млн. грн.);  
 б – «продолжительность строительства»,  $Y_2$  (дни);  
 в – «интенсивность финансирования»,  $Y_3$  (млн. грн.)

Напротив, интенсивность финансирования возведения ЖК «GreenWood» принимает максимальное значение при значениях уровней факторов  $X_1 = 112$  рабочих часов в неделю и совмещенность процессов  $X_2 = 25\%$ . При значении тех же факторов  $X_1 = 40$  рабочих часов в неделю и совмещенности процессов  $X_2 = 15\%$ , интенсивность финансирования приближается к минимуму.

### Выводы.

1. Применение разработанной методики и анализ полученных экспериментально-статистических моделей позволяет выполнить количественную оценку и анализ зависимостей между показателями времени,

бюджета и интенсивности финансирования и влияющими на них организационными факторами.

2. Показатель времени строительства жилого комплекса «GreenWood» изменяется в пределах от 301 дней (при 112 рабочих часах в неделю, совмещенности процессов 25%) до 679 дней (при 40 рабочих часах в неделю, совмещенности процессов 15%).

3. Бюджет строительства жилого комплекса может изменяться от 500,862 млн. грн. (при 40 рабочих часах в неделю, совмещенности процессов 15%) до 477,492 млн. грн. (при 112 рабочих часах в неделю, совмещенности процессов 25%).

4. Максимум интенсивности финансирования строительства рассматриваемого комплекса равен 47 549 010 грн./мес. при 112 рабочих часах в неделю, совмещенности процессов 25%; минимум равен 21 127 503. грн./мес. при 40 рабочих часах в неделю, совмещенности процессов 15%.

### Литература

1. Большаков В.І., Заяць Є.І. Формування проектних та організаційно-технологічних рішень зведення висотних багатофункціональних комплексів. Вісник ПДАБА. 2016. №5. - С. 71–78.

2. Григоровський П.Є., Надточій М.І. Вплив умов ущільненої забудови на вартість та трудомісткість спорудження житлових будинків. Нові технології в будівництві. 2010. - С. 82–84.

3. Данкевич Н.О. Оцінка організаційно-технологічних рішень будівельного проекту за допомогою імітаційного моделювання. Сучасне промислове та цивільне будівництво. 2013. №9. - С. 43–48.

4. Задгендзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. М.: Наука, 1976. - 390 с.

5. Задоров В.Б., Васильев О.О. Математичні моделі об'єктів і процесів будівництва в середовищі мови імітаційного моделювання «AIMO». Управління розвитком складних систем. 2013. № 14. - С. 105–115.

6. Ковтун М.В. Становлення та розвиток ринку житла України в умовах ринкових перетворень. Науковий вісник Ужгородського університету. 2014. №1. - С. 282–286.

7. Кравчуновська Т.С., Броневицький С.П. Розвиток будівництва доступного житла з урахуванням концепції стійкого розвитку міст. Сборник научных трудов строительство, материаловедение, машиностроение. 2015. №82. - С. 104–110.

8. Кулік М.В. Моделювання організаційно-технологічних параметрів раціонального використання систем механізації. Містобудування та територіальне планування. 2012. №46. - С. 309–314.

9. Лобакова Л.В. Організаційне моделювання реконструкції будівель при перепрофілюванні : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.23.08. Одеська державна академія будівництва та архітектури. Одеса, 2016. - 21 с.

10. Менейлюк А.И., Ершов М.Н., Никифоров А.Л., Менейлюк И.А. Оптимизация организационно-технологических решений реконструкции высотных инженерных сооружений. К.: ТОВ НВП «Інтерсервіс», 2016. - 332 с.

11. Налимов В.В., Голикова Т.И. Логические основания планирования эксперимента. М.: Металлургия, 1980. - 152 с.

12. Нечепуренко Д.С. Систематизація організаційно-технологічних факторів, які впливають на тривалість та вартість реалізації енергозберігаючих проектів комплексної реконструкції житлової забудови. Строительство, материаловедение, машиностроение. 2014. №120. - С. 120–126.

13. Покогілов А.А. Фактори і параметри інвестиційної привабливості об'єктів житлового будівництва. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2011. №37. - С. 285–289.

14. Радкевич А.В., Данкевич Н.О. Вибір ефективного варіанту організаційно-технологічних рішень будівельного проекту. Комунальне господарство міст. 2011. №101. - С. 97–103.

15. Радкевич А.В., Ткач Т.В. Моделі оптимального розподілу капітальних вкладень на стадії календарного планування будівництва. Мосты и тоннели: теория, исследования, практика. 2012. 2012. - С. 71–75.

16. Сафонов Ю.М., Євгєєва В.Г. Про механізми залучення та джерела фінансування інвестицій у будівництво житла в Україні. Інвестиції: практика та досвід. 2013. №16. - С. 18–21.

к.т.н., докторант Менейлюк І.О.,  
Харківський національний університет будівництва та архітектури

### **ЗМІНА ТРИВАЛОСТІ БУДІВНИЦТВА ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ, БЮДЖЕТУ І ІНТЕНСИВНОСТІ ФІНАНСУВАННЯ ПРИ РІЗНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ РІШЕННЯХ**

Подані результати чисельного експерименту з дослідження змін тривалості, бюджету та інтенсивності фінансування при будівництві житлового комплексу на прикладі ЖК «Грінвуд». Аналіз інформаційних джерел показав, що умови житлового будівництва надзвичайно мінливі, тому важливо дослідити вплив зміни організаційних рішень на основні показники, насамперед на інтенсивність фінансування. Розроблено методику експериментально-статистичного



моделювання організаційних рішень будівництва житлового комплексу із використанням сучасних програмних продуктів з галузі управління проектами. Шляхом організаційного моделювання у програмі MS Project та економіко-математичного моделювання у пакеті MS Excel побудовані достовірні моделі процесу будівництва житлового комплексу. Розроблений план експерименту та змодельовані варіанти рішень, що відповідають йому. Згідно плану експерименту зафіксовані значення наступних показників: тривалість, бюджет та інтенсивність фінансування будівництва. 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 та коефіцієнт суміщення робіт. Моделі зміни показників представлено у графічному вигляді. Знайдено межі варіювання показників, що досліджуються, і їхні екстремальні значення в області розглянутого факторного простору. Шляхом аналізу графіків було встановлено, що найменших значень показники бюджету та тривалості будівництва приймають при найбільшому рівні інтенсивності використання робочого часу та найбільшому рівні коефіцієнту суміщення робіт. Натомість, найменші значення інтенсивності фінансування зафіксовані при найменших рівнях факторів, що варіюються.

Ключові слова: організація будівництва, цивільне будівництво, житловий комплекс, тривалість, бюджет, інтенсивність фінансування.

PhD, Doctoral student Meneiliuk I. O.,  
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture

### **CHANGE OF THE DURATION, BUDGET AND FUNDING INTENSITY OF THE RESIDENTIAL CONSTRUCTION UNDER DIFFERENT ORGANIZATIONAL DECISIONS**

The results of the numerical experiment on the study of changes of the duration, budget and financing intensity of the residential construction on the example of “Greenwood” are presented. Analysis of information sources has shown that housing construction conditions are extremely variable, so it is important to study the impact of organizational decisions changes on key indicators, primarily on the funding intensity. The was developed the method of experimental and statistical modeling of organizational solutions for the residential construction with the use of modern project management software. The reliable models of the housing construction process were constructed by organizational modeling in the MS Project program and economical mathematical modeling in the MS Excel package. The experiment plan has been

developed and the variants of solutions, appropriate to it, were simulated. The values of the following indicators were fixed according to the experiment plan: duration, budget of construction and financing intensity. The second degree polynomial model was chosen for further research, which corresponds to the plan of experiments. On this basis, experimental-statistical models of the indicators change from the variables were constructed: working time use intensity and coefficient of work alignment. Models of indicators changes were presented in graphical form. There were found limits of the studied indicators variation and their extreme values in the region of the considered factor space. By analyzing the graphs, it was found that the lowest values of the budget and the duration of construction were taken at the highest level of working time use intensity and at the highest level of coefficient of work alignment. Instead, the smallest funding intensity were recorded at the lowest levels of variables.

Keywords: organization of construction, civil engineering, residential building, duration, budget, financing intensity.

### References

- [1] V.I. Bol'shakov, E.I. Zajac', "Formuvannya proektnih ta organizacijno-tehnologichnih rishen' zvedennya visotnih bagatofunktional'nih kompleksiv", *Visnik PDABA*, no. 5, pp. 71–78, 2016. (ukr.)
- [2] P. E. Grigorovs'kij, M. I. Nadtochij, "Vplyv umov ushchilненоi zabudovy na vartist ta trdomistkist sporudzhennia zhytlovykh budynkiv", *Novi tekhnologii v budivnictvi*, pp. 82–84, 2010. (ukr.)
- [3] N. O. Dankevych, "Otsinka orhanizatsiino-tekhnologichnykh rishen budivelnogo proektu za dopomohoiu imitatsiinoho modeliuвання", *Suchasne promyslove ta tsyvilne budivnytstvo*, no 9, pp. 43–48, 2013. (ukr.)
- [4] I. G. Zadgenidze, *Planirovanie jeksperimenta dlja issledovanija mnogokomponentnykh system*. Moscow: Nauka, 1976. (rus.)
- [5] V. B. Zadorov, O. O. Vasyliiev, "Matematychni modeli ob'ektiv i protsesiv budivnytstva v seredovyshchi movy imitatsiinoho modeliuвання «AIMO»", *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, pp. 105–115, 2013. (ukr.)
- [6] M. V. Kovtun, "Stanovlennia ta rozvytok rynku zhytla ukrainy v umovakh rynkovykh peretvoren", *Naukovij visnik Uzhgorods'kogo universitetu*, no. 1, pp. 282–286, 2014. (ukr.)
- [7] T. S. Kravchunovs'ka, S. P. Bronevic'kij, "Rozvytok budivnytstva dostupnogo zhytla z urakhuvanniam kontseptsii stiikoho rozvytku mist", *Sbornik nauchnykh trudov stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie*, no. 82, pp. 104–110, 2015. (ukr.)
- [8] M. V. Kulik, "Modeliuвання orhanizatsiino-tekhnologichnykh parametriv ratsionalnogo vykorystannia system mekhanizatsii", *Mistobuduvannia ta terytorialne*

*planuvannia*, no 46, pp. 309–314, 2012. (ukr.)

[9] L. V. Lobakova, “Orhanizatsiine modeliuвання rekonstruktsii budivel pry yikh pereprofiluванні”, dis. Cand. Tech. Sciences., Odessa Engineering and Construction Institute, Odessa, 2016. (ukr.)

[10] A.I. Meneiliuk, M.N. Ershov, A.L. Nikiforov, I.A. Meneiliuk, *Optimizacija organizacionno-tehnologicheskikh reshenij rekonstrukcii vysotnykh inzhenernykh sooruzhenij*. Kyiv: Interservis, 2016. (rus.)

[11] V.V. Nalimov, T.I. Golikova, *Logicheskie osnovaniya planirovaniya jeksperimenta*. Moscow: Metallurgiya, 1980. (rus.)

[12] D.S. Nechepurenko, “Systematyzatsiia orhanizatsiino-tehnolohichnykh faktoriv yaki vplyvaiut na tryvalist ta vartist realizatsii enerhozberihaiuchykh proektiv kompleksnoi rekonstruktsii zhytlovoi zabudovy”, *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie*, no. 120, pp. 120–126, 2014. (ukr.)

[13] A.A. Pokotilov, “Faktyory i parametry investytsiinoi pryvablyvosti ob'ektiv zhytlovoho budivnytstva”, *Visnik Dnipropetrovs'kogo nacional'nogo universitetu zaliznichnogo transportu imeni akademika V. Lazaryana*, no.37, pp. 285–289, 2011. (ukr.)

[14] A.V. Radkevych, N.O. Dankevych, “Vybir efektyvnoho variantu orhanizatsiino-tehnolohichnykh rishen budivelnoho proektu”, *Komunalne hospodarstvo mist*, no \_\_, pp. 97–103, 2011. (ukr.)

[15] A.V. Radkevych, T.V. Tkach, “Modeli optymalnoho rozpodilu kapitalnykh vkladov na stadii kalendarnoho planuvannia budivnytstva”, *Mosty y tonnely: teoriya, yssledovaniya, praktyka*, no. 101, pp. 71–75, 2012. (ukr.)

[16] Ju.M. Safonov, V.G. Evteeva, “Pro mekhanizmy zaluchennia ta dzherela finansuvannia investytsii u budivnytstvo zhytla v Ukraini”, *Investicii: praktyka ta dosvid*, no.16, pp. 18–21, 2013. (ukr.)