

**И. А. Менейлюк**

к. т. н., докторант Харьковского национального университета строительства и архитектуры, г. Харьков

**ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ И ФИНАНСОВЫХ УСЛОВИЙ  
НА СТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА**

**Аннотация.** Показаны результаты численного эксперимента по определению закономерности изменения стоимости строительства жилого комплекса от коэффициента совмещения работ, количества рабочих часов в неделю и источников финансирования. При поиске и обосновании закономерности использована методика экспериментально-статистического моделирования. Показаны характерные подобласти факторного пространства: изменение стоимости от условий финансирования при разных организационных режимах; изменение стоимости от коэффициента совмещения работ, количества рабочих часов в неделю при определённых финансовых схемах. Сделаны выводы о характере зависимости исследуемого показателя.

**Ключевые слова:** организация строительства, финансирование строительства, гражданское строительство, жилой комплекс, бюджет.

**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.** В соответствии с исследованиями, среди факторов, которые имеют наибольшее влияние на процесс возведения жилых комплексов, наиболее значимыми являются формы и способы финансирования [1], конструктивно-технологические особенности [2], инженерные условия строительства [3]. Исследователи выделяют следующие основные показатели жилищного строительства: продолжительность, стоимость, трудоёмкость [4, 5]. Учитывая, что жилищное строительство проводится в нестабильных финансово-экономических условиях [6, 7], важным является исследовать влияние организационных режимов строительства на эти показатели, а также на интенсивность финансирования.

**Анализ работ,** посвящённых оптимизации организационно-технологических решений строительства и реконструкции [8-10] 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 [11-13]. Для создания модели операционной деятельности строительно-монтажной организации целесообразно [8-10] использовать спе-

циализированные программы для управления проектами.

**Цель работы** — анализ влияния изменения коэффициента совмещения работ, количества рабочих часов в неделю и источников финансирования на стоимость строительства на примере жилого комплекса "Гринвуд" в Одессе. Для достижения данной цели решены следующие задачи:

1. Разработка методики экспериментально-статистического моделирования стоимости строительства жилого комплекса.

2. Проведение численного эксперимента и получение зависимости стоимости от организационных и финансовых режимов.

3. Анализ и графическая интерпретация результатов численного эксперимента.

**Результаты исследований.** 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.

Основным выбран следующий показатель:

$Y$  — стоимость проведения работ — это прямые затраты на строительно-монтажные работы. Они состоят из стоимости труда рабочих, затрат на эксплуатацию механизмов, оборудования и строительной техники, стоимость материалов и конструкций.

В данной работе рассматривается модель с пятью факторами. Три из которых взаимосвязаны между собой, а два фактора являются независимыми. К взаимосвязанным факторам относятся условия финансирования, которые подразделяются на:

$V_1$  — собственные средства;

$V_2$  — кредитные средства;

$V_3$  — лизинговые средства.

К независимым факторам относятся:

$X_4$  — количество рабочих часов в неделю.

$X_5$  — коэффициент совмещения работ:

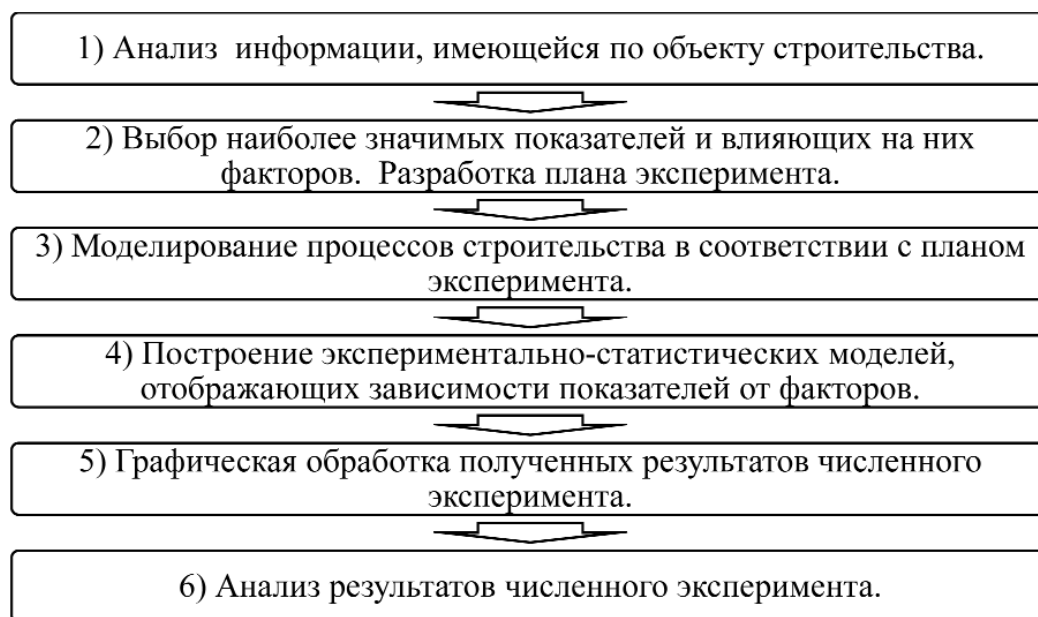


Рис. 1. Алгоритм исследования

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

где:

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

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

$t_{\text{оконч.}}$  — 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. Результаты численного эксперимента показаны в таблице 1.

$$Y = b_1 V_1 + b_{12} V_1 V_2 + b_{13} V_1 V_3 + b_{14} V_1 X_4 + b_{15} V_1 X_5 + b_{44} X_4^2 + b_{45} X_4 X_5 + b_2 V_2 + b_{23} V_2 V_3 - b_{24} V_2 X_4 + b_{25} V_2 X_5 + b_{55} X_5^2 + b_3 V_3 + b_{34} V_3 X_4 + b_{35} V_3 X_5 \quad (3)$$

Закономерность изменения стоимости строительства объекта в зависимости от количества рабочих дней в неделю, условий финансирования и коэффици-

Таблица 1. Результаты численного эксперимента

№	Условия финансирования			Количество рабочих часов в неделю, часы	Коэффициент совмещения работ	Y — Стоимость проведения работ, грн.
	$V_1$ Собственные средства	$V_2$ Кредитные средства	$V_3$ Лизинговые средства			
1	0	1	0	40	0%	497 706 899,04
2	0.5	0	0.5	72	0%	486 480 440,16
3	1	0	0	40	25%	468 000 000,00
4	0	0	1	40	25%	533 288 321,28
5	0.5	0.5	0	40	50%	479 867 899,68
6	0.5	0.5	0	72	0%	475 887 166,56

продолжение Таблицы 1.

№	Условия финансирования			X <sub>4</sub> – Количество рабочих часов в неделю, часы	X <sub>5</sub> – Коэффициент совмещения работ	Y – Стоимость проведения работ, грн.
	V <sub>1</sub> Собственные средства	V <sub>2</sub> Кредитные средства	V <sub>3</sub> Лизинговые средства			
7	0.5	0	0.5	72	25%	486 480 440,16
8	0	0.5	0.5	72	50%	469 638 000,00
9	1	0	0	112	0%	468 000 000,00
10	0	1	0	112	0%	483 774 333,12
11	0	0	1	112	0%	504 960 880,32
12	0.333	0.333	0.333	112	25%	485 578 404,48
13	1	0	0	112	50%	468 000 000,00
14	0	1	0	112	50%	475 862 400,00
15	0	0	1	112	50%	486 345 600,00

иента совмещения работ адекватно описывается математической моделью:

$$Y_1 = 460,540V_1 + 477,877V_2 + 9,216X_4^2 - 48,487V_2V_3 - 5,881V_2X_4 - 5,216V_2X_5 + 505,257V_3 - 17,812V_3X_4 - 9,663V_3X_5 \quad (5)$$

На рисунке 2 показаны зависимости показателя эффективности "Стоимость" от факторов V<sub>1</sub> (собственные средства), V<sub>2</sub> (кредитные средства), V<sub>3</sub> (лизинговые средства) для девяти различных организационных схем, т.е. основных сочетаний значений организационных факторов.

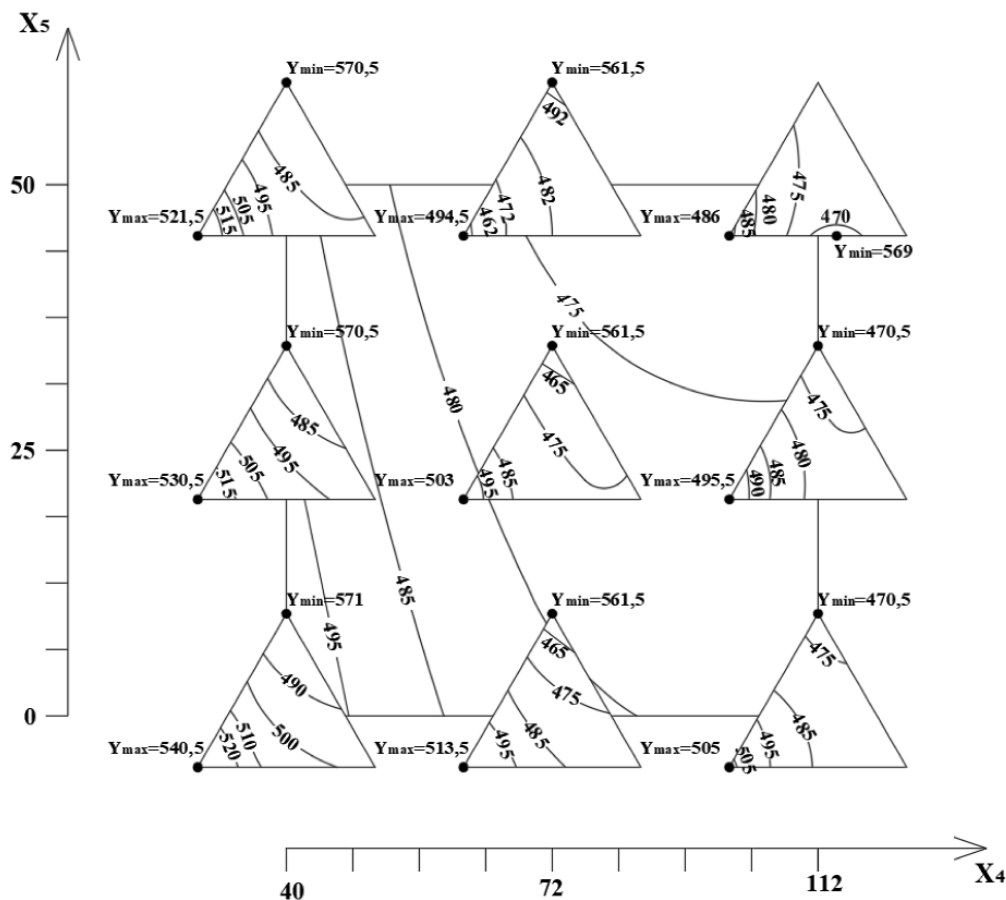


Рис. 2. График зависимости стоимости проведения работ (млн. грн.) от исследуемых факторов (тип "треугольники на квадрате")

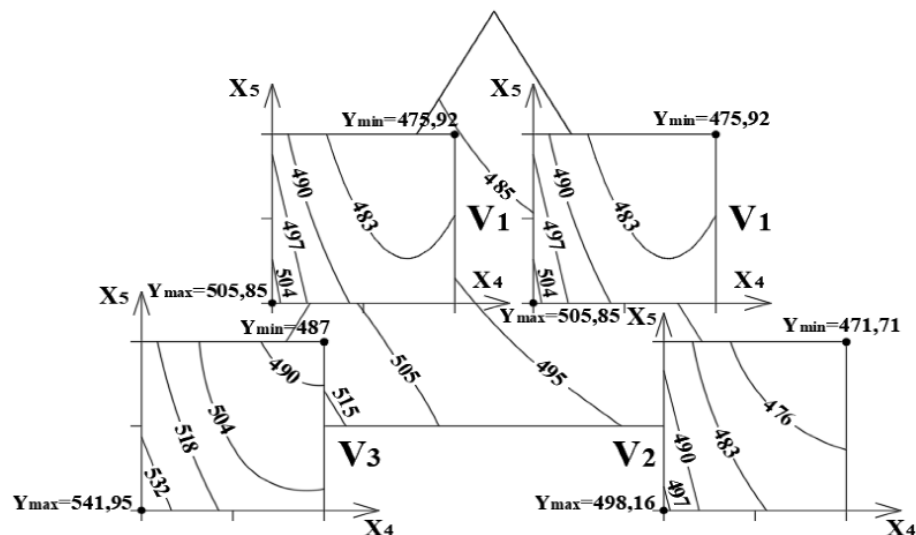


Рис. 3. График зависимости стоимости проведения работ (млн. грн.) от исследуемых факторов (тип "квадраты на треугольнике")

На рисунке 3 показана диаграмма зависимости стоимости возведения от факторов  $X_4$  (количество рабочих часов в неделю),  $X_5$  (коэффициент совмещения работ) для трех различных финансовых схем, т.е. сочетаний значений условий финансирования.

Для девяти рассматриваемых сочетаний значений организационных факторов достижение минимальных значений показателя возможно при использовании такой схемы финансирования как собственные средства, максимальных — при использовании лизинговых средств.

Анализируя рисунок 3, можно увидеть, что показатель изменяется в зависимости от организационных факторов: уменьшается при повышении уровня фактора "коэффициент совмещения работ", при повышении уровня фактора "количество рабочих часов в неделю".

Показатель "стоимость проведения работ"

достигает своих экстремумов в следующих точках:

$Y_{\max} = 533\ 288\ 321,28$  грн. ( $V_1=0\%$ ;  $V_2=0\%$ ;  $V_3=100\%$ ; рабочее время  $X_4=40$  часов в неделю; коэффициент совмещения работ  $X_5=25\%$ );

$Y_{\min} = 468\ 000\ 000,00$  грн. ( $V_1=100\%$ ;  $V_2=0\%$ ;  $V_3=0\%$ ; рабочее время  $X_4=112$  часов в неделю; коэффициент совмещения работ  $X_5=50\%$ ).

#### Выводы.

Экспериментально-статистическое моделирование процесса строительства позволяет определить стоимость выполнения работ в зависимости от влияния варьируемых факторов (количества рабочих часов в неделю, коэффициент совмещения работ и условий финансирования).

Результаты моделирования на примере жилого комплекса "Гринвуд" показали, что стоимость работ может меняться от 468 млн. грн. до 533 млн. грн.

#### Литература

1. Покотілов А. А. Фактори і параметри інвестиційної привабливості об'єктів житлового будівництва / Анатолій Антонович Покотілов. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. — 2011. — №37. — С. 285-289.
2. Большаков В. І., Заяць Є. І. Формування проектних та організаційно-технологічних рішень зведення висотних багатифункціональних комплексів // Вісник ПДАБА. 2016. №5. — С. 71-78.
3. Григоровський П. Є. Вплив умов ущільненої забудови на вартість та трудомісткість спорудження житлових будинків / П. Є. Григоровський, М. І. Надточій. // Нові технології в будівництві. — 2010. — С. 82-84.
4. Кравчуновська Т. С. Розвиток будівництва доступного житла з урахуванням концепції стійкого розвитку міст / Т. С. Кравчуновська, С. П. Броневицький. // Сборник научных трудов строительство, материаловедение, машиностроение. — 2015. — №82. — С. 104-110.
5. Нечепуренко Д. С. Систематизація організаційно-технологічних факторів, які впливають на тривалість та вартість реалізації енергозберігаючих проектів комплексної реконструкції житлової забудови / Д. С. Нечепуренко. // Строительство, материаловедение, машиностроение. — 2014. — №120. — С. 120-126.
6. Ковтун М. В. Становлення та розвиток ринку житла України в умовах ринкових перетворень / М. В. Ковтун. // Науковий вісник Ужгородського університету. — 2014. — №1. — С. 282-286.
7. Сафонов Ю. М. Про механізми залучення та джерела фінансування інвестицій у будівництво житла в Україні / Ю. М. Сафонов, В. Г. Євєєва. // Інвестиції: практика та досвід. — 2013. — №16. — С. 18-21.
8. Лобакова Л. В. Організаційне моделювання реконструкції будівель при їх перепрофілюванні : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.08. "Технологія та організація промислового та цивільного будівництва" / Лобакова Лілія В'ячеславівна — Одеса, 2016. — 21 с.
9. Менейлюк А. І. Оптимізація організаційно-технологічних рішень реконструкції висотних інженерних споруджень / А. І. Менейлюк, М. Н. Еришов, А. Л. Никифоров, І. А. Менейлюк. — К.: ТОВ НВП "Інтерсервіс", 2016. — 332 с.
10. Чернов І. С. Вибір ефективних моделей зведення житлових будівель при фінансовій ситуації, що змінюється : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.08. "Технологія та організація промислового та цивільного будівництва" / Чернов Ігор Станіславович — Одеса, 2013. — 20 с.
11. Задгендзе И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем / И. Г. Задгендзе — М.: Наука, 1976. — 390 с.

12. Налимов В. В. Логические основания планирования эксперимента / В. В. Налимов, Т. И. Голикова — М.: Металлургия, 1980. — 152 с.
13. Финни Д. Введение в теорию планирования экспериментов / Д. Финни, перевод с англ. Романовской И. Л. и Ху-су А. П., под ред. Линника Ю. В. — М.: Наука, 1970. — 281 с.
14. Официальный сайт Green Wood [Электронный ресурс] — Режим доступа к экрану: <http://green-wood.com.ua/>

#### References

1. Pokotilov A. A. Factors and parameters of investment attractiveness of housing construction / Anatolij Antonovich Pokotilov. // Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport. — 2011. — №37. — pp. 285-289.
2. Bol'shakov V. I., Zajac' E. I. Formation of design and organizational and technological solutions for the construction of high-rise multifunctional complexes // Bulletin of PSACEa. 2016. №5. — pp. 71-78.
3. Grigorovs'kij P. E. Influence of compact construction on the cost and complexity of the dwelling houses construction / P. E. Grigorovs'kij, M. I. Nadtochij. // New technologies in construction. — 2010. — pp. 82-84.
4. Kravchunovs'ka T. S. Development of affordable housing construction considering the concept of sustainable urban development / T. S. Kravchunovs'ka, S. P. Bronevic'kij. // Collection of scientific works construction, materials science, mechanical engineering. — 2015. — №82. — pp. 104-110.
5. Nechepurenko D. S. Systematization of organizational and technological factors that affect the duration and cost of implementing energy-saving projects for the comprehensive reconstruction of residential development / D. S. Nechepurenko. // Collection of scientific works construction, materials science, mechanical engineering. — 2014. — №120. — pp. 120-126.
6. Kovtun M. V. Formation and development of Ukrainian housing market in conditions of market transformations / M. V. Kovtun. // Scientific herald of Uzhgorod University. — 2014. — №1. — pp. 282-286.
7. Safonov Ju. M. On the mechanisms of attraction and sources of financing for investments in housing construction in Ukraine / Ju. M. Safonov, V. G. Evteeva. // Investments: practice and experience. — 2013. — №16. — pp. 18-21.
8. Lobakova L. V. Organizational modeling of buildings reconstruction during their redevelopment : avtoref. dis. na zdobuttia nauk. stupenya kand. tehn. nauk : spec. 05.23.08 — Tehnologiya ta organizatsiya promislavogo ta tsivilnogo budivnitstva / Lobakova Liliya Vyacheslavivna — Odesa, 2016. — 21 p.
9. Menelylyuk A. I. Optimization of organizational and technological solutions of high-rise engineering structures reconstruction / A. I. Menelylyuk, M. N. Ershov, A. L. Nikiforov, I. A. Menelylyuk. — K. : Interservis, 2016. — 332 p.
10. Chernov I. S. Choice of effective models of residential buildings construction at the changing financial situation : avtoref. dis. na zdobuttia nauk. stupenya kand. tehn. nauk : spec. 05.23.08 — Tehnologiya ta organizatsiya promislavogo ta tsivilnogo budivnitstva / Chernov Ihor Stanislavovych — Odesa, 2013. — 20 p.
11. Zadgenidze I. G. Planning the experiment for the study of polycomponent systems / I. G. Zadgenidze — M. : Nauka, 1976. — 390 p.
12. Nalimov V. V. The logical base for the design of experiment / V. V. Nalimov, T. I. Golikova. — M. : Metallurgiya, 1980. — 152 p.
13. Finni D. Introduction to design of experiments / D. Finni, perevod Romanovskoy I. L. i Husu A. P., pod red. Linnika Yu. V. — M. : Nauka, 1970. — 281 s.
14. Official website Green Wood [Electronic resource] — Available at: <http://green-wood.com.ua/>

**І. О. Менейлюк**

к. т. н., докторант Харківського національного університету будівництва і архітектури, м Харків

#### ВПЛИВ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ТА ФІНАНСОВИХ УМОВ НА ВАРТІСТЬ БУДІВНИЦТВА ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

**Анотація.** Показані результати чисельного експерименту по визначенню закономірності зміни вартості будівництва житлового комплексу від коефіцієнта суміщення робіт, кількості робочих годин на тиждень і джерел фінансування. При пошуку і обґрунтуванні закономірності використана методика експериментально-статистичного моделювання. Показані характерні підобласті факторного простору: зміна вартості від умов фінансування при різних організаційних режимах; зміна вартості від коефіцієнта поєднання робіт, кількості робочих годин на тиждень при певних фінансових схемах. Зроблено висновки про характер залежності показника, що досліджується.

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

**I. A. Menelylyuk**

PhD, doctoral student of Kharkov National University of Construction and Architecture, Kharkov

#### INFLUENCE OF ORGANIZATIONAL AND FINANCIAL CONDITIONS ON THE COST OF CONSTRUCTION OF A RESIDENTIAL COMPLEX

**Annotation.** The results of a numerical experiment to determine patterns of changes in the cost of construction of a residential complex on the combination of work, the number of working hours per week and sources of funding were shown. The technique of experimental statistical modeling was used in the search and justification of the pattern. The characteristic subregions of the factor space were shown: changes in the value of financing conditions under different organizational regimes; change in the cost of the combination of work, the number of working hours per week with certain financial schemes. Conclusions were made about the nature of the dependence of the studied indicator.

**Key words:** construction organization, construction financing, civil construction, residential complex, budget.