

УДК 69.003.13

Менейлюк О.І.д.т.н., професор, завідувач кафедри технології будівельного виробництва,
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса**Черпащук Л.А.**асистент кафедри технології будівельного виробництва,
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса**ВПЛИВ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ВАРТІСТЬ БУДІВНИЦТВА**

Анотація. Стаття присвячена новій технології зведення енергоефективних будівель та споруд. У роботі представлені результати дослідження впливу організаційно-технологічних факторів на вартість будівництва за новою технологією. Викладена в роботі методика та отримані результати дозволяють визначити вартість будівництва за різноманітних значень організаційних режимів будівництва та технологічних параметрів. Методика заснована на побудові моделей в програмі Microsoft Project і їхньому аналізі з використанням програми COMPEX.

Ключові слова: будівництво, нові енергоефективні технології, вартість будівництва, організаційні фактори, технологічні фактори, моделювання.

Постановка проблеми

Сучасні тенденції житлового будівництва вимагають зводити будинки швидше, дешевше, з мінімальними трудовими затратами і механізацією будівельних робіт і, що особливо актуально, – з максимальним теплозберігаючим ефектом. Це підтверджується наявністю багатьох державних програм щодо впровадження енергоефективних технологій зведення будівель та споруд. Успіх реалізації таких будівель багато в чому залежить від правильного вибору не тільки технологічних параметрів будівель, а й від організаційних режимів будівництва. Це потребує системних досліджень впливу організаційно-технологічних факторів на вартість будівництва. Тому на сучасному етапі розвитку будівництва вибір ефективних моделей проектів зведення таких будівель є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень

В роботах [1; 4; 5] дослідження спрямовані на вибір організаційних режимів та організаційно-технологічних рішень зведення будівель. Аналіз цих робіт дозволяє зробити висновок, що використання експериментально-статистичного моделювання сьогодні є ефективним способом вирішення подібних завдань під час моделювання та в процесі оптимізації будівництва. Для створення моделі доцільно використовувати спеціалізовані програми (Microsoft Project, Primavera). Змінюючи організаційно-технологічні рішення, прийняті в проекті, можна в широких межах варіювати вартість, строки зведення, трудомісткість, схеми фінансування та інше. Аналіз інформаційних джерел показав, що серед багатьох поширених методів моделювання будівельних процесів найбільш ефективним є метод експериментально-статистичного моделювання за допомогою теорії графів [1; 4; 5].

Враховуючи, що в роботі поставлений акцент на розвиток нових технологій, зокрема власна розробка авторів (патент), яка ще не досліджена, постало завдання виявлення впливу організаційно-технологічних рішень на такий основний економічний показник, як вартість будівництва. Адже грамотно підібрані технологічні характеристики та організаційні засади використання трудових ресурсів дозволять скоротити не тільки строки зведення, а й витрати під час будівництва. І в результаті отримати будову з найбільш ефективними показниками та характеристиками. Тому розвиток нових технологій характеризується потребою в моделюванні будівельних процесів.

Мета роботи

Головною метою статті є визначення впливу організаційно-технологічних факторів на вартість будівництва енергоефективних будівель та споруд за новою технологією.

Результати досліджень

У статті представлені основні результати дослідження впливу організаційно-технологічних факторів на вартість зведення будівлі за новою технологією. Вартість процесу зведення будівлі визначається шляхом експериментально-статистичного моделювання вибраних організаційно-технологічних рішень. Для цього використовувалися результати чисельного експерименту, теорія скороченого планування експерименту, експериментально-статистичне моделювання і сучасні комп'ютерні програми.

Планування чисельного експерименту починається з:

- аналізу показників ефективності будівництва і вибору найбільш значущих з них;
- аналізу організаційно-технологічних факторів і вибору найбільш значущих з них, які найбільше впливають на вибрані показники.

Далі необхідно розробити модель будівельного процесу та побудувати експериментально-статистичні закономірності зміни показника під впливом досліджуваних факторів.

В якості досліджуваного показника ефективності організаційно-технологічних рішень під час вибору оптимального методу зведення будівель та споруд прийнята вартість будівництва.

Показник вартості включає в себе всі витрати протягом періоду будівництва (заробітна плата робітників, вартість використовуваних матеріалів, машин, механізмів, послуги підприємств та інші поточні витрати). Тому вартість будівництва є одним з найважливіших показників, оскільки насамперед впливає на підвищення реалізації таких проектів. Адже сьогодні існує безліч способів зведення малоповерхових будівель – будівництво з цегли, з клееного бруса, з пінобетонних і газосилікатних блоків, каркасне і монолітне будівництво, де середня вартість зведення вже відома. Але своєю чергою вартість виконання будівельно-монтажних робіт може змінюватися під впливом організаційно-технологічних факторів.

Чисельний експеримент з визначення залежностей між обраними показниками і факторами, що на них

впливають, доцільно виконувати з використанням математичної теорії планування скороченого експерименту. Вона є основою складної теорії експериментально-статистичного моделювання. Відповідно до класичної теорії планування скороченого експерименту варійовані чинники знаходяться в діапазоні від -1 до +1. При цьому фактор X_1 , який є максимальним значенням, позначається як +1, середнє значення відповідає 0 і мінімальне значення фактора позначається 1.

Проаналізувавши велику кількість факторів, експертним чином було вибрано найбільш впливові на показник ефективності. Такими факторами є: X_1 -коефіцієнт використання робочого часу; X_2 – кількість технологічних рівнів; X_3 – співвідношення площі влаштуваних прорізів до стін; X_4 – висота технологічного ярусу.

Коефіцієнт використання робочого часу розраховується за формулою 1:

$$k = \frac{T_f}{T_{м.м.ф.}} = \frac{\text{кїл - сть змін} \cdot \text{тривалість, змін в годинах, кїл - сть днів (фактичні)}}{\text{кїл - сть змін, тривалість змін в годинах, кїл - сть днів (максимальні)}} \quad (1)$$

де T_f – фактично відпрацьовані години за тиждень прийнятого режиму роботи;

$T_{м.м.ф.}$ – максимально можливий фонд робочого часу на тиждень.

$$: = \frac{1 * 8 * 5}{3 * 8 * 7} = \frac{40}{168} = 0,24$$

(Час роботи – 8.00–12.00; 13.00–17.00. Перерва 1 година);

$$: = \frac{1 * 12 * 7}{3 * 8 * 7} = \frac{84}{168} = 0,5$$

(Час роботи – 7.00–13.00; 14.00–20.00. Перерва 1 година);

$$: = \frac{2 * 9 * 7}{3 * 8 * 7} = \frac{126}{168} = 0,75$$

(Час роботи – 7.00–11.30; 12.00–16.30 – перша зміна; 16.30–21.00; 21.30–02,00 – друга зміна. Перерва по 0,5 години в кожній зміні).

Кількість технологічних рівнів вибрана експертним чином, відповідно до сучасних проектів малоповерхових будівель та споруд:

- 1 ярус – одноповерхова будівля;
- 2 яруси – одноповерхова будівля з мансардою;
- 3 яруси – двоповерхова будівля з мансардою.

Співвідношення площі влаштуваних прорізів до стін базувалося на мінімальному значенні (18%) відповідно до нормативних документів [3]: варіювання цього фактору прийнято в межах $50 \pm 32\%$.

Висота технологічного ярусу за мінімального значення фактору прийняла 2,5 м. За основу взято нормативний

документ [2], який регламентує висоту житлових приміщень від підлоги до стелі – не менше 2,5 м. Тому варіювання фактору прийнято в межах $3 \pm 0,5$ м.

Варійовані організаційно-технологічні фактори та їхні чисельні характеристики представлені в таблиці 1.

Моделювання виробничих процесів зведення за технологією, висвітленою в патенті [7], виконували на прикладі малоповерхової будівлі площею в плані 100 м². Відповідно до прийнятого плану чисельного експерименту розраховано 25 варіантів кошторисних розрахунків по зведенню малоповерхової будівлі за різного поєднання рівнів варіювання досліджуваних факторів. Розрахунок і побудову цих варіантів здійснювали за допомогою програмного комплексу АВК-5. План та результати експерименту наведені в таблиці 2.

Для аналізу результатів чисельного експерименту будуються експериментально-статистичні моделі, що описують вплив обраних організаційно-технологічних факторів на досліджуваний показник. Розрахунок ЕС-моделей проводився за версією комп'ютерної програми «Сотрех2009.01», розробленої на кафедрі процесів і апаратів в технології будівельних матеріалів в ОДАБА.

Закономірність впливу факторів на вартість будівельних робіт S (млн грн/100м²) адекватно описується моделлю 2, отриманою за результатами експериментально-статистичного моделювання.

Таким чином, отриману ЕС-модель буде записано так:

$$Y = 1,252 + 0,064x_1 + 0,351x_2 + 0,431x_3 + 0,122x_4 + 0,236x_2^2 + 0,219x_3^2 + 0,154x_2x_3 + 0,045x_2x_4 + 0,047x_3x_4 \quad (2)$$

Вплив кожного із факторів на вартість будівництва в зоні їхніх екстремальних значень показано на рис. 1.

У дослідженні вартість будівництва найбільш суттєво залежить від кількості технологічних рівнів (X_3) – ранг впливу цього фактору максимальний. Тим більше, що в зоні максимальних значень вартість зростає з більшою інтенсивністю. За збільшення технологічних ярусів з 1 до 2 вартість зростає на 24%, а за збільшення з 2 ярусів до 3 вартість зростає до 44%. Трохи менш суттєво впливає співвідношення площі влаштуваних прорізів до стін- X_2 . Діаграма показує, що в зоні мінімуму за мінімальних та середніх значень фактора вартість є однаковою. А мінімальна вартість тримається в діапазоні від 25% до 45%

Таблиця 1. Фактори та рівні їхнього варіювання

Рівні варіювання	Фактори			
	Організаційні	Технологічні		
	X_1 коефіцієнт використання робочого часу	X_2 співвідношення площі влаштуваних прорізів до стін, %	X_3 кількість технологічних рівнів	X_4 висота технологічного ярусу, м
-1	0,24	18	1	2,5
0	0,5	50	2	3,0
+1	0,75	82	3	3,5

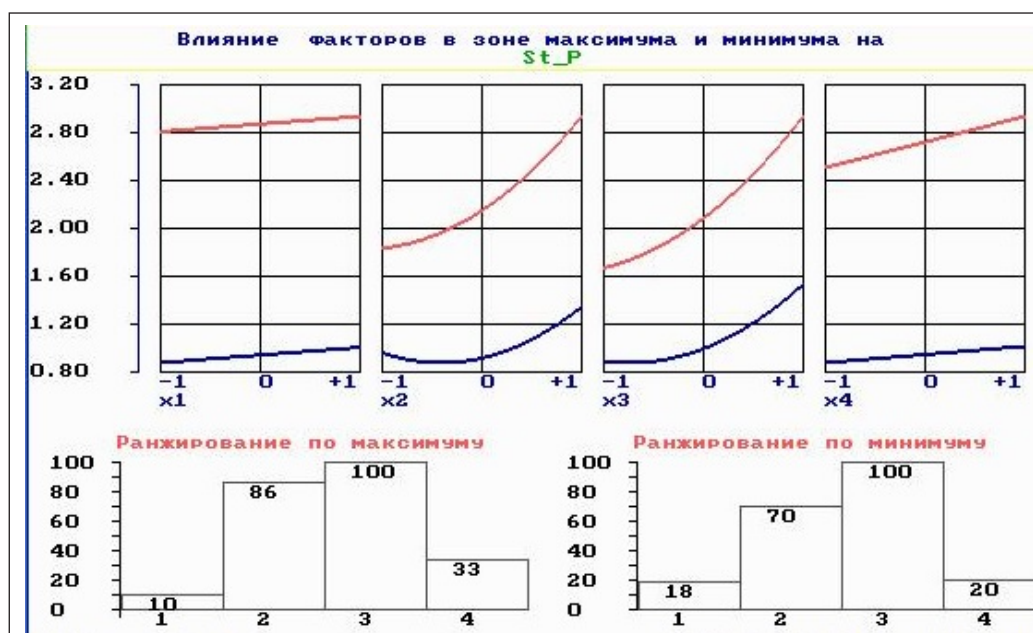


Рис. 1. Однофакторна діаграма у зонах мінімуму та максимуму для вартості будівництва

Таблиця 2. План та результати експерименту

№ точки	Кодовані фактори				Натурні фактори				Показник Вартість будівництва, млн грн / 100 м ²
	X_1 коефіцієнт використання робочого часу	X_2 співвідношення площі влаштуваних прорізів до стін, %	X_3 кількість технологічних рівнів	X_4 висота технологічного ярусу, м	X_1 коефіцієнт використання робочого часу	X_2 співвідношення площі влаштуваних прорізів до стін, %	X_3 кількість технологічних рівнів	X_4 висота технологічного ярусу, м	
1	1	1	1	1	0,75	82	3	3,5	2,975
2	1	1	1	-1	0,75	82	3	2,5	2,503
3	1	1	-1	1	0,75	82	1	3,5	1,640
4	1	1	-1	-1	0,75	82	1	2,5	1,407
5	1	-1	1	1	0,75	18	3	3,5	1,839
6	1	-1	1	-1	0,75	18	3	2,5	1,592
7	1	-1	-1	1	0,75	18	1	3,5	1,167
8	1	-1	-1	-1	0,75	18	1	2,5	1,069
9	-1	1	1	1	0,24	82	3	3,5	2,815
10	-1	1	1	-1	0,24	82	3	2,5	2,359
11	-1	1	-1	1	0,24	82	1	3,5	1,528
12	-1	1	-1	-1	0,24	82	1	2,5	1,302
13	-1	-1	1	1	0,24	18	3	3,5	1,680
14	-1	-1	1	-1	0,24	18	3	2,5	1,449
15	-1	-1	-1	1	0,24	18	1	3,5	1,055
16	-1	-1	-1	-1	0,24	18	1	2,5	0,964
17	1	0	0	0	0,75	50	2	3,0	1,305
18	-1	0	0	0	0,24	50	2	3,0	1,188
19	0,02	1	0	0	0,5	82	2	3,0	1,775
20	0,02	-1	0	0	0,5	18	2	3,0	1,180
21	0,02	0	1	0	0,5	50	3	3,0	1,798
22	0,02	0	0	1	0,5	50	2	3,5	1,335
23	0,02	0	-1	0	0,5	50	1	3,0	1,123
24	0,02	0	0	-1	0,5	50	2	2,5	1,200
25	0,02	0	0	0	0,5	50	2	3,0	1,255

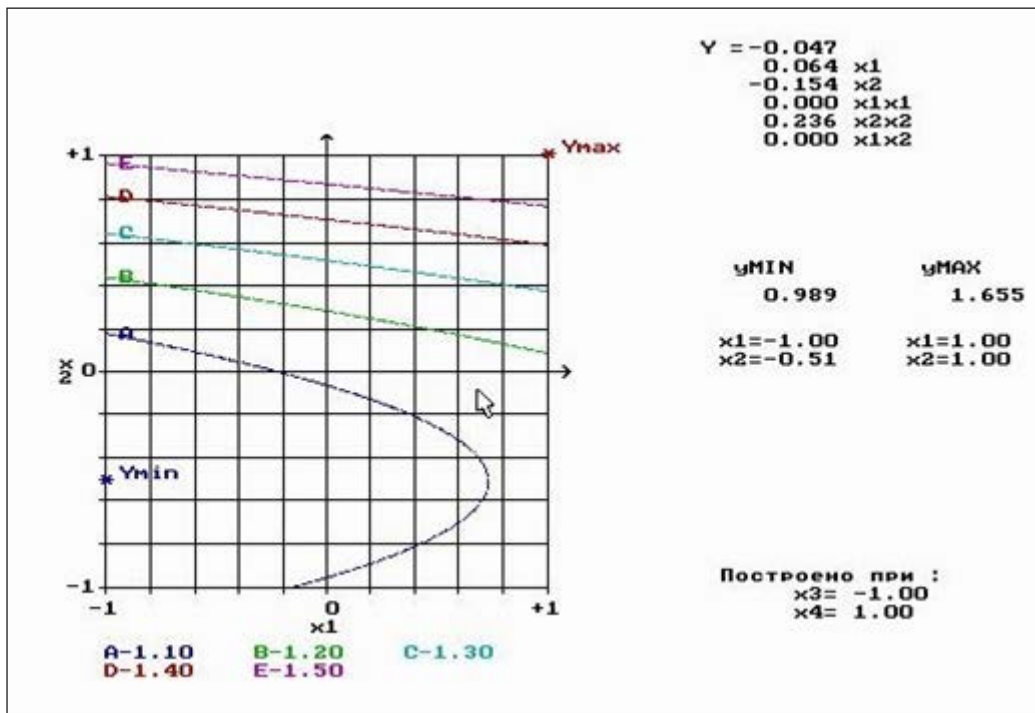


Рис. 2. Діаграма зміни вартості будівництва у вигляді квадрата за фіксації фактора X_3 на мінімальному значенні та фактора X_4 на максимальному

співвідношення площі влаштовуваних стін до прорізів. Вартість зростає тоді, коли відсоток скління наближається до максимуму, оскільки вартість панорамного скління більше ніж стандартний віконний блок. Коефіцієнт використання робочого часу в зоні максимуму та мінімуму – X_1 і висота технологічного ярусу – X_4 в зоні мінімуму впливають на показник вартості найменше – близько 5% у бік збільшення. Коефіцієнт робочого часу належить до організаційного фактору, тому більше впливатиме на тривалість будівництва. В даному випадку він відображається на вартості будівництва через заробітну плату робітників. Оскільки тривалість робочого часу змінюється, тобто зростає середньомісячна тривалість робочого часу на місяць, відповідно і середньомісячна заробітна плата також зростає. Висота технологічного ярусу у зоні максимуму впливає на збільшення вартості на 10%, цей фактор характеризується тільки збільшенням об'ємів робіт.

На наступному етапі дослідження побудовані діаграми у вигляді квадратів, які показують характер залежності досліджуваного показника від варіюваних організаційно-технологічних факторів. Вони являються найбільш зручним графічним поданням аналітичних залежностей показника від чотирьох факторів. Розглянемо діаграми зміни вартості будівництва за варіювання висоти технологічного ярусу (X_4) в межах $3 \pm 0,5$ м та фіксуванні кількості технологічних рівнів (X_3) на мінімальному значенні – одноповерхова будівля.

З діаграми видно, що мінімальне значення вартості будівництва $S = 0,989$ млн грн/100 м² за фіксації факторів кількості технологічних рівнів (X_3) на мінімальному значенні (одноповерхова будівля) та максимальному значенні висоти технологічного ярусу (X_4) – 3,5 м можливо за мінімального коефіцієнту робочого часу (X_1) – 0,24, оскільки середньомісячна заробітна плата робітників є найнижчою та дорівнює 6 216,83 грн. Це пояснюється середньомісячною тривалістю робочого часу в місяць

166,08 годин, відповідно до розрахунку в програмному комплексі АВК-5. За співвідношення площі влаштовуваних прорізів до стін (X_2) 34% максимальне значення вартості $S = 1,655$ млн грн/100 м² за фіксації факторів $X_3 = -1$ та $X_4 = 1$ знаходиться за максимальних значень факторів $X_1 = 1$ (коефіцієнту використання робочого часу – 0,75) та $X_2 = 1$ (співвідношення площі влаштовуваних стін до прорізів – 82%).

Під час вивчення впливу організаційно-технологічних факторів на вартість будівництва було встановлено таке. Мінімального значення вартості будівництва $S = 0,935$ млн грн/100 м² можливо досягнути за наступного поєднання факторів: $X_1 = -1$ (коефіцієнту використання робочого часу – 0,24), $X_2 = -0,63$ (співвідношення площі влаштовуваних прорізів до стін – 30%), $X_3 = -1$ (кількості технологічних рівнів – одноповерхова будівля), $X_4 = 0$ (висоті технологічного ярусу 3 м). Максимальне значення вартості будівництва пояснюється тим, що заробітна плата зростає за збільшення кількості робочих годин на місяць, тобто коефіцієнту використання робочого часу є найвищим і дорівнює 0,75, а збільшення відсотка скління до максимуму (82%) характеризується підвищеною вартістю як матеріалу, так і монтажу.

Згідно з цією діаграмою мінімальне значення вартості $S = 0,877$ млн грн/100 м² досягається за мінімальних значень факторів $X_1 = -1$ (коефіцієнту використання робочого часу – 0,24), $X_2 = -0,31$ (співвідношення площі влаштовуваних прорізів до стін, що дорівнює 40%) і мінімальних значень факторів $X_3 = -1$ (одного технологічного рівня) та $X_4 = -1$ (висоті технологічного ярусу 2,5 м). Максимальне значення вартості $S = 1,417$ млн грн/100 м² можливо за зміни коефіцієнту використання робочого часу з 0,24 до 0,75 та співвідношення площі влаштовуваних прорізів до стін з 40% до 82%, тобто в 1,6 разів. Своєю чергою фактор «коефіцієнту використання робочого часу» має не настільки виражений характер впливу, оскільки

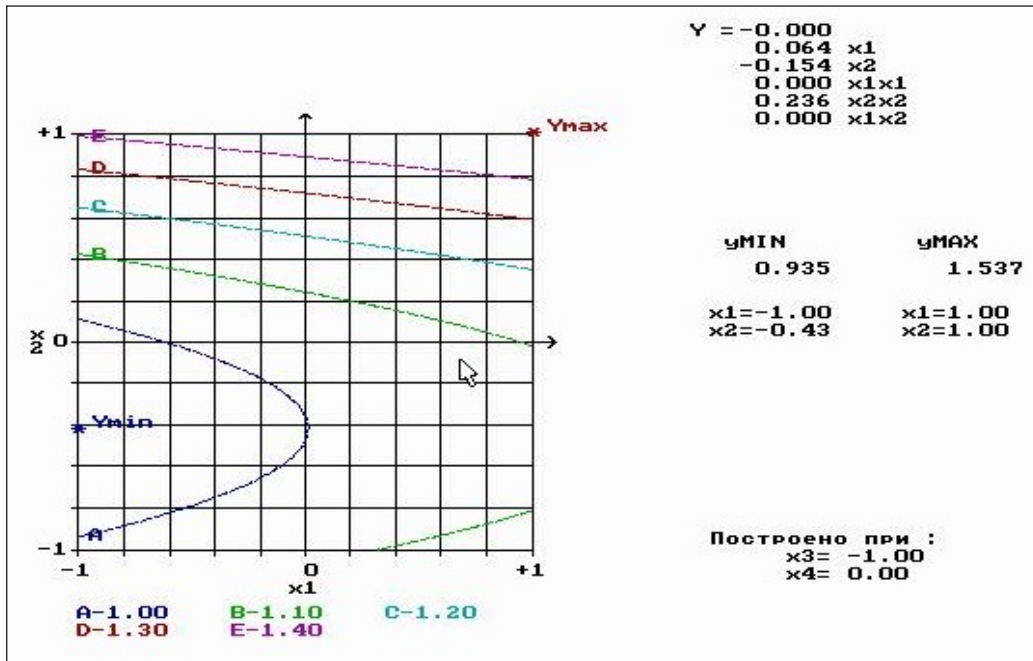


Рис. 3. Діаграма зміни вартості будівництва у вигляді квадрата за фіксації фактора X_3 на мінімальному значенні та фактора X_4 на середньому

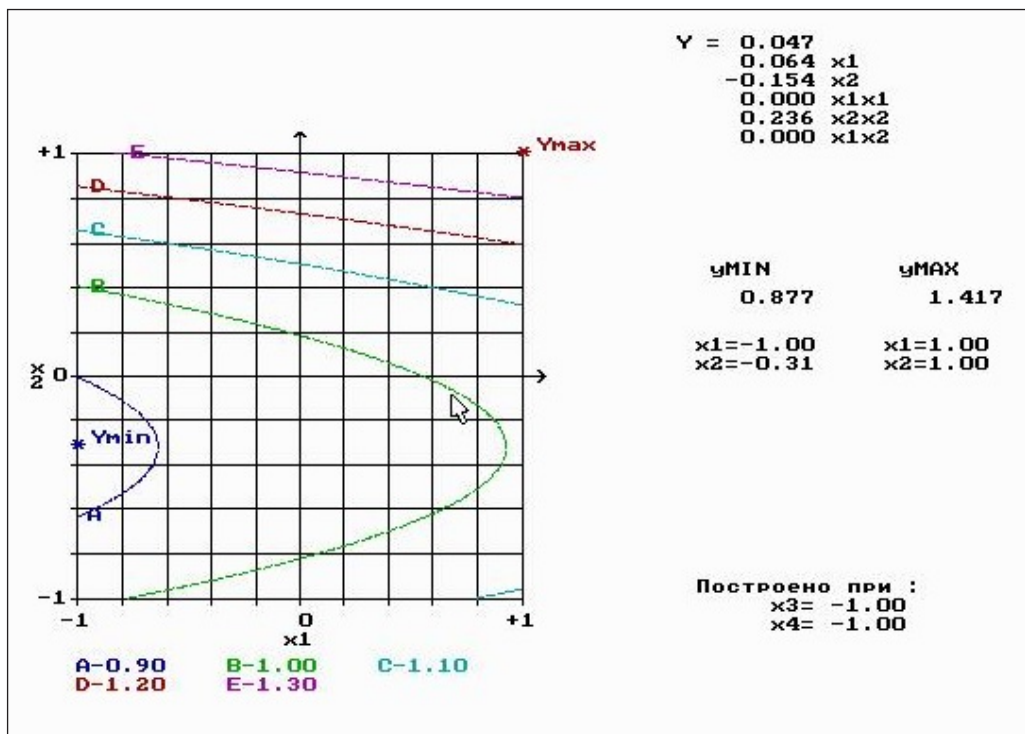


Рис. 4. Діаграма зміни вартості будівництва у вигляді квадрата за фіксації фактора X_3 на мінімальному значенні та фактора X_4 на мінімальному

належить до організаційних факторів і більше впливатиме на тривалість будівництва, ніж відсоток скління, який характеризується підвищеною вартістю матеріалу.

Висновки

Закономірність впливу факторів експерименту на вартість будівництва (млн грн/100м²) адекватно описується моделями (рис. 1, 2, 3, 4), отриманими за результатами експериментально-статистичного моделювання. Макси-

мальний вплив на досліджуваний показник вартості має співвідношення площі влаштовуваних прорізів до стін та кількість технологічних рівнів (рис. 1). Результати моделювання малоповерхової будівлі показали, що за зміни висоти технологічного ярусу в межах $3 \pm 0,5$ м, співвідношенні площі влаштовуваних прорізів до стін $50 \pm 32\%$ та кількості технологічних ярусів $- 2 \pm 1$ показник вартості може змінюватись у досить широких межах, а саме:

від 0,877 млн грн/100 м² до 1,655 млн грн/100 м², тобто збільшуватися на 89%. Найменшої вартості будівництва можливо досягти за коефіцієнту використання робочого

часу 0,24, співвідношенні площі влаштуваних прорізів до стін 40%, одного технологічного рівня та висоти технологічного ярусу 2,5 м.

Література

1. Выбор организационных режимов строительства торгово-развлекательного центра / А.А. Меньлюк [и др.]. Будівельне виробництво. 2017. № 63/1. С. 3–6.
2. Державні будівельні норми. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15-2005. [Чинний від 01.01.2006]. Київ : Держбуд України, 2005. 45 с. (Державні будівельні норми України).
3. Державні будівельні норми. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. [На заміну ДБН В.2.6-31:2006; чинний від 01.05.2017]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. 37 с. (Державні будівельні норми).
4. Меньлюк А.И. Влияние организационно-технологических факторов на структуру затрат предприятия по строительству и реконструкции элеваторов. [Текст] / А.И. Меньлюк, А.Л. Никифоров. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2016. № 12 (225). С. 40–50.
5. Меньлюк А.И. Оптимизация организационно-технологических решений реконструкции высотных инженерных сооружений / А.И. Меньлюк, М.Н. Ершов, А.Л. Никифоров, И.А. Меньлюк. Київ : ТОВ НВП «Інтерсервіс», 2016. 332 с.
6. Національний стандарт України. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189:2013. [Чинний від 01.01.2014]. Київ : Мінрегіон України, 2014. 55 с. (Національний стандарт України).
7. Патент України на корисну модель UA 115636 U, МПК E04C 2/34 (2006.01). Багатошарова стінова панель / Меньлюк О.І., Черепашук Л.А. №. u2016 10618; заявл. 21.10.2016; опуб. 25.04.2017. Бюл. №8/2017.

References

1. Meneilyuk A. (2017). Choice of organizational modes for the construction of a shopping and entertainment center [Text] / A. Meneilyuk [and others]. Scientific journal "Construction production", №63/1, P. 3–6 (in Russian).
2. Buildings and structures. Residential buildings. Basic provisions. (2005). DBN V.2.2-15:2005. Kyiv, Ukraine: State building standards, 45.
3. Thermal insulation of buildings. (2006). DBN V.2.6-31:2006. Kyiv, Ukraine: State building standards ,37.
4. Meneilyuk A. (2016). Influence of organizational and technological factors on the cost structure of the enterprise for the construction and reconstruction of elevators. [Text] / A. Meneilyuk, L. Nikiforov. Bulletin of Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, №12(225), P. 40–50.
5. A. Meneilyuk, M. Ershov, L. Nikiforov, I. Meneilyuk. (2016). Optimization of organizational and technological solutions for reconstruction of high-rise engineering structures. Scientific-production enterprise "Interservis", Ltd., 332.
6. National standard of Ukraine. Determine the duration of construction of objects. (2013). DSTU B A.3.1-22:2013. Kyiv, Ukraine: Regional Development of Ukraine, 34.
7. Patent of Ukraine for utility model UA 115636 U, IPC E04C 2/34 (2006.01). Multilayer wall panel / Meneilyuk O, Cherepashuk L. No. u2016 10618; stated. 10.2.2016; post April 25, 2017. Bulletin No. 8/2017.

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА

Аннотация. *Статья посвящена новой технологии возведения энергоэффективных зданий и сооружений, новизна которой подтверждена патентом на полезную модель [7]. В работе представлены результаты исследования влияния организационно-технологических факторов на стоимость строительства по новой технологии. Изложенная в работе методика и полученные результаты позволяют определить стоимость строительства при различных значениях организационных режимов строительства и технологических параметров. Методика основана на построении моделей в программе Microsoft Project и их анализе с использованием программы COMPEX. Ключевые слова: строительство, новые энергоэффективные технологии, стоимость, организационные факторы, технологические факторы, моделирование.*

Меньлюк А.И.

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии строительного производства, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

Черепашук Л.А.

ассистент кафедры технологии строительного производства, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

INFLUENCE OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGIC FACTORS ON BUILDING COSTS

Abstract. *The article is devoted to the new technology of building energy-efficient buildings and structures. The novelty is confirmed by a patent for a utility model [7]. The paper presents the results of the study of the influence of organizational and technological factors on the cost of construction on the basis of the new technology. The methodology outlined in the work and the obtained results allow to determine the construction cost at various values of the organizational modes of construction and technological parameters. The methodology is based on the construction of models in the Microsoft Project program and their analysis using the COMPEX program.*

Key words: *construction, new energy-efficient technologies, construction costs, organizational factors, technological factors, modeling.*

Meneilyuk O.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Construction Technology, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa

Cherepashchuk L.A.

Assistant of the Department of Construction Technology, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa