

УДК 69.05

Менейлюк О. І.

д.т н., проф. ORCID ID: 0000-0002-1007-309X

Черепашук Л.А.асистент кафедри технології будівельного виробництва
Одеська державна академія будівництва і архітектури
м. Одеса, Україна

ВПЛИВ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТРИВАЛІСТЬ БУДІВНИЦТВА ЗА НОВОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ

Анотація. В статті розглянута методика вибору ефективних моделей будівництва за новою технологією зведення [7] енергоефективних будівель та споруд. В роботі представлені результати дослідження впливу організаційно-технологічних факторів на тривалість будівництва. Викладена в роботі методика та отримані результати дозволяють визначити тривалість будівництва при різноманітних комбінаціях організаційно-технологічних факторів. В основу дослідження покладено побудову моделей в програмі Microsoft Project і їх аналізі в програмі COMPEX.

Ключові слова: будівництво, тривалість будівництва, енергоефективні технології, організаційно-технологічні фактори, моделювання будівельних процесів.

Постановка проблеми

В сучасних умовах будівництва одним із головних завдань являється скорочення тривалості будівельних процесів. Існує гостра необхідність в пошуках шляхів вирішення цього завдання, оскільки фактор часу зачіпає в свою чергу економічні інтереси всіх учасників будівельного процесу, як робітників так і замовника.

Це можливо досягти розробкою нових технологій зведення, використанням сучасних матеріалів та змінами організаційних умов будівництва.

Через відсутність науково-обґрунтованих методів планування термінів будівництва проектувальники просто використовують досвід вже закінчених об'єктів з урахуванням різниці в технологічних параметрах (кількості поверхів, їх висота, виді скління), місці розташування, габаритах будівель, масштабах. Це має свої недоліки. Вдосконалення системи планування термінів будівництва принесе позитивні зміни в будівельній галузі України. Розроблена моделей дозволяє враховувати спільний вплив вибраних організаційно-технологічних факторів одночасно. Це дає змогу вже на ранній стадії виявити причини можливих відставань від запланованих термінів і приймати відповідні заходи по ліквідації зазначених причин. Наприклад, збільшення кількості робочих в бригаді, чи самих бригад, вводити, чи навпаки зменшувати, змінювати роботи.

Слід зазначити, що тривалість будівництва встановлена проектувальником має велике значення, тому що цей параметр використовується як один з важливих критеріїв оцінки вартості будівництва.

Щоб зробити результати цього дослідження максимально цінними, в роботі показано реальне скорочення строків будівництва, оскільки від тривалості будівництва залежить розмір витрат пов'язані з виплатою заробітної плати, оренди техніки, складування матеріалів. Рішення завдання скорочення тривалості будівництва можливе лише за всебічному врахуванні факторів, що впливають на її величину, аналізі причин підвищення фактичних термінів і виявлення резервів скорочення тривалості будівництва. Все це робить надзвичайно актуальним завдання скорочення тривалості будівництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз досліджень методів управління термінами будівництва базуються на основі обґрунтованих методик і нормативів [6], які не враховують імовірнісний характер будівельного виробництва.

Роботи [1; 4; 5] описують вибір організаційно-технологічних засад будівельного процесу. Аналіз цих робіт показує, що використання експериментально-статистичного моделювання, на сьогоднішній день являється ефективним способом вибору оптимальних моделей будівництва в досліджуваних умовах. При прогнозуванні термінів будівництва доцільно враховувати вплив всієї сукупності факторів.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. На сьогоднішній день мало досліджений вибір організаційно - технологічної схеми будівництва малоповерхових будівель та споруд. Здебільшого, в роботах [2; 4; 5] акценти ставляться на планування моделей масштабних проектів: багатоповерхові будівлі чи об'єкти підприємницької діяльності. Дана робота направлена на розвиток нових технологій зведення, зокрема на невеликі приватні будівлі, які набирають популярність серед населення в умовах складної економічної ситуації в країні.

Метою роботи являється підвищення достовірності при оцінці термінів будівництва шляхом створення і використання математичної моделі. Це дозволить враховувати спільну дію організаційно-технологічних факторів на хід виробництва будівельних робіт.

Виклад основного матеріалу

В роботі представлені основні результати дослідження впливу організаційно-технологічних факторів на тривалість зведення будівлі за новою технологією. Підбір організаційно-технологічних факторів та їх оптимальне поєднання, технологія та послідовність спорудження конструктивних частин відповідно до вимог об'єкта дозволять скоротити строки зведення будівель і споруд.

Провідне місце серед сучасних моделей для обґрунтування техніко-економічних показників проекту являються календарні плани. В роботі ми ви-

користували сучасну програму з управління проектами Microsoft Project

Моделі проекту складаються з безпосередньо розробки календарного графіка виконання робіт. Календарний графік розробляється на основі прийнятої технології будівництва, тобто визначається послідовність здійснення всіх робіт, взаємозв'язку і залежності, що відображають закономірність технології виробництва та використання робочого часу, оскільки цей фактор має найбільший вплив на тривалість будівництва. Тому основними показниками при визначенні тривалості виконання окремих робіт є трудомісткість та змінність бригади робітників.

Після розробки моделей будівельного процесу побудовані експериментально-статистичні закономірності зміни тривалості будівництва під впливом досліджуваних факторів.

Чисельний експеримент по визначенню залежностей між обраними показниками і факторами, виконано з використанням математичної теорії планування скороченого експерименту, що є основою теорії експериментально-статистичного моделювання. Варіювані фактори знаходяться в діапазоні від -1 до $+1$. Тобто, кожен фактор має мінімальне, середнє та максимальне значення. Вибір факторів зроблений з урахуванням того, аби за отриманими результатами можливо було вибрати оптимальну модель будівництва.

Успішне протікання будь-якого технологічного процесу вимагає, по-перше, дотримання певних організаційних пропорцій у використанні трудових ресурсів, по-друге, раціональне їх використання в процесі виробництва. Тому основним фактором, що характеризує тривалість будівництва являється коефіцієнт використання робочого часу. Інші фактори відносяться до технологічних: кількість технологічних рівнів; співвідношення площі влаштуваних прорізів до стін; висота технологічного ярусу.

Коефіцієнт використання робочого часу розраховується за формулою 1:

$$K = T_{\text{ф}} / T_{(\text{м.м.ф.})} = (\text{кіль-сть змін-тривалість зміни в год-кіль-сть днів (фактичні)}) / (\text{кіль-сть змін-тривалість зміни в год-кіль-сть днів (максимальні)}) \quad (1)$$

де $T_{\text{ф}}$ – фактично відпрацьовані години за тиждень прийнятого режиму роботи;

$T_{(\text{м.м.ф.})}$ – максимально можливий фонд робочого часу в тиждень.

$$K = (1 \cdot 8 \cdot 5) / (3 \cdot 8 \cdot 7) = 40 / 168 = 0,24 \quad (\text{Час роботи} - 8.00-12.00; 13.00-17.00. \text{Перерва } 1 \text{ година});$$

$$K = (1 \cdot 12 \cdot 7) / (3 \cdot 8 \cdot 7) = 84 / 168 = 0,5 \quad (\text{Час роботи} - 7.00-13.00; 14.00-20.00. \text{Перерва } 1 \text{ година});$$

$$K = (2 \cdot 9 \cdot 7) / (3 \cdot 8 \cdot 7) = 126 / 168 = 0,75 \quad (\text{Час роботи} - 7.00-11.30; 12.00-16.30 - \text{перша зміна}; 16.30-21.00; 21.30-02.00 - \text{друга зміна. Перерва по } 0,5 \text{ години в кожній зміні}).$$

Кількість технологічних рівнів прийнята слідуюча:

- 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 даного фактору прийнято в межах $50 \pm 32\%$.

Висота технологічного ярусу при мінімальному значенні фактора 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.

Організаційно-технологічні фактори, їх рівень варіювання і 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 календарних графіків виконання будівельних робіт малоповерхової будівлі при різному поєднанні рівнів варіювання досліджуваних факторів. Розрахунок і побудова цих варіантів здійснювали за допомогою програми Microsoft Project. План та результати експерименту наведені в таблиці 2.

Таблиця 1. Фактори та рівні їх варіювання

Рівні варіюван ня	Факторы			
	Організаційні	Технологічні		
	X_1 коефіцієнт використання робочого часу	X_2 суцільність опалубки, %	X_3 кількість технологічних рівнів	X_4 висота технологічного рівня, м
-1	0,24	18	1	2,5
0	0,5	50	2	3,0
+1	0,75	82	3	3,5

Таблиця 2. План та результати експерименту

№ точ ки	Кодовані фактори				Натурні фактори				Показник
	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	67
2	1	1	1	-1	0,75	82	3	2,5	63
3	1	1	-1	1	0,75	82	1	3,5	44
4	1	1	-1	-1	0,75	82	1	2,5	42
5	1	-1	1	1	0,75	18	3	3,5	64
6	1	-1	1	-1	0,75	18	3	2,5	61
7	1	-1	-1	1	0,75	18	1	3,5	43
8	1	-1	-1	-1	0,75	18	1	2,5	41
9	-1	1	1	1	0,24	82	3	3,5	123
10	-1	1	1	-1	0,24	82	3	2,5	115
11	-1	1	-1	1	0,24	82	1	3,5	85
12	-1	1	-1	-1	0,24	82	1	2,5	82
13	-1	-1	1	1	0,24	18	3	3,5	110
14	-1	-1	1	-1	0,24	18	3	2,5	111
15	-1	-1	-1	1	0,24	18	1	3,5	83
16	-1	-1	-1	-1	0,24	18	1	2,5	78
17	1	0	0	0	0,75	50	2	3,0	47
18	-1	0	0	0	0,24	50	2	3,0	91
19	0,02	1	0	0	0,5	82	2	3,0	66
20	0,02	-1	0	0	0,5	18	2	3,0	64
21	0,02	0	1	0	0,5	50	3	3,0	87
22	0,02	0	0	1	0,5	50	2	3,5	67
23	0,02	0	-1	0	0,5	50	1	3,0	58
24	0,02	0	0	-1	0,5	50	2	2,5	63
25	0,02	0	0	0	0,5	50	2	3,0	65

Чисельний експеримент по визначенню залежностей між обраним показником і факторами, які безпосередньо на нього впливають включає в себе побудову експериментально-статистичних моделей. Розрахунок ЕС-моделей проводився по версії комп'ютерної програми "Сомрех2009.01", розробленої на кафедрі процесів і апаратів в технології будівельних матеріалів в ОДАБА.

Закономірність впливу факторів на тривалість будівництва P (дн/100 м²), адекватно описується моделлю 2, отриманої за результатами експериментально-статистичного моделювання.

Таким чином, отриману ЕС-модель буде записано так:

$$Y = 65,119 - 22,556x_1 + 3,584x_1^2 - 1x_1x_2 - 2,875x_1x_3 + 0 + 1,778x_2 + 0 + 0,875x_2x_3 + 0,5x_2x_4 + 13,611x_3 + 7,084x_3^2 + 0 + 1,667x_4 + 0 \quad (2)$$

Вплив кожного із факторів на тривалість будівництва в зоні їх екстремальних значень показано на рис.1

В даному дослідженні тривалість будівництва найбільш суттєво залежить від коефіцієнту використання робочого часу в зоні максимуму та мінімуму X_1 – ранг впливу цього фактору максимальний. Коефіцієнт робочого часу відноситься до організаційного фактору, тому в зоні максимальних та мінімальних значень тривалість будівництва зменшується з однаковою інтенсивністю. При збільшенні тривалості робочого часу в змїну з 8 годин до 12 та робочих днів в тиждень з 5 до 7 тривалість будівництва знижується на 74% при максимальних значеннях і на 70% при мінімальних. А при збільшенні змін з 1 при тривалості робочого часу в змїну 12 годин до 2 змін по 9 годин тривалість знижується на 77% при максимал-

ьних значеннях та на 69% при мінімальних значеннях. Фактор X_2 – співвідношення площі влаштування прорізів до стін, практично не впливає на трудомісткість при мінімальних значеннях, адже в такому разі трудомісткість по влаштуванню стін і прорізів знаходиться на однаковому рівні. Суттєво впливає на підвищення тривалості будівництва фактор X_3 – кількість технологічних рівнів, через збільшення об'ємів робіт. Діаграма показує, що в зоні мінімуму та максимуму при збільшенні з одного ярусу до двох тривалість зростає лише на 12%. При збільшенні з 2-х ярусів до 3-х тривалість зростає з більшою інтенсивністю – 42% в зоні мінімальних значень, а при максимальних значень тривалість зростає на 23%. Тривалість будівництва зростає в тому випадку, коли, відповідно, кількість технологічних ярусів збільшується (з 1 до 3). Висота технологічного ярусу – X_4 в зоні мінімуму та максимуму впливає на показник тривалості близько 12 % у сторону збільшення при зміні висоти з 2,5 м до 3,5 м, даний фактор характеризується незначним збільшенням об'ємів робіт.

На слідуєчому етапі дослідження побудовані діаграми у вигляді квадратів, які показують характер залежності досліджуваного показника від варіювання організаційно-технологічних факторів. Вони являються найбільш зручним графічним поданням аналітичних залежностей показника від чотирьох факторів. Розглянемо діаграми зміни вартості будівництва при варіювання кількості технологічних поверхів – X_3 в межах 2 ± 1 та фіксуванні X_4 – висоти технологічного рівня, на середньому значенні – 3 м, так як на сьогодні така висота являється найпопулярнішою серед забудовників.

Діаграма видно, що мінімальне значення тривалості будівництва $P = 42,4$ дн/100 м² при фіксації факторів X_3 – кількості технологічних рівнів на мінімальному значенні (одноповерхова будівля) та середн-

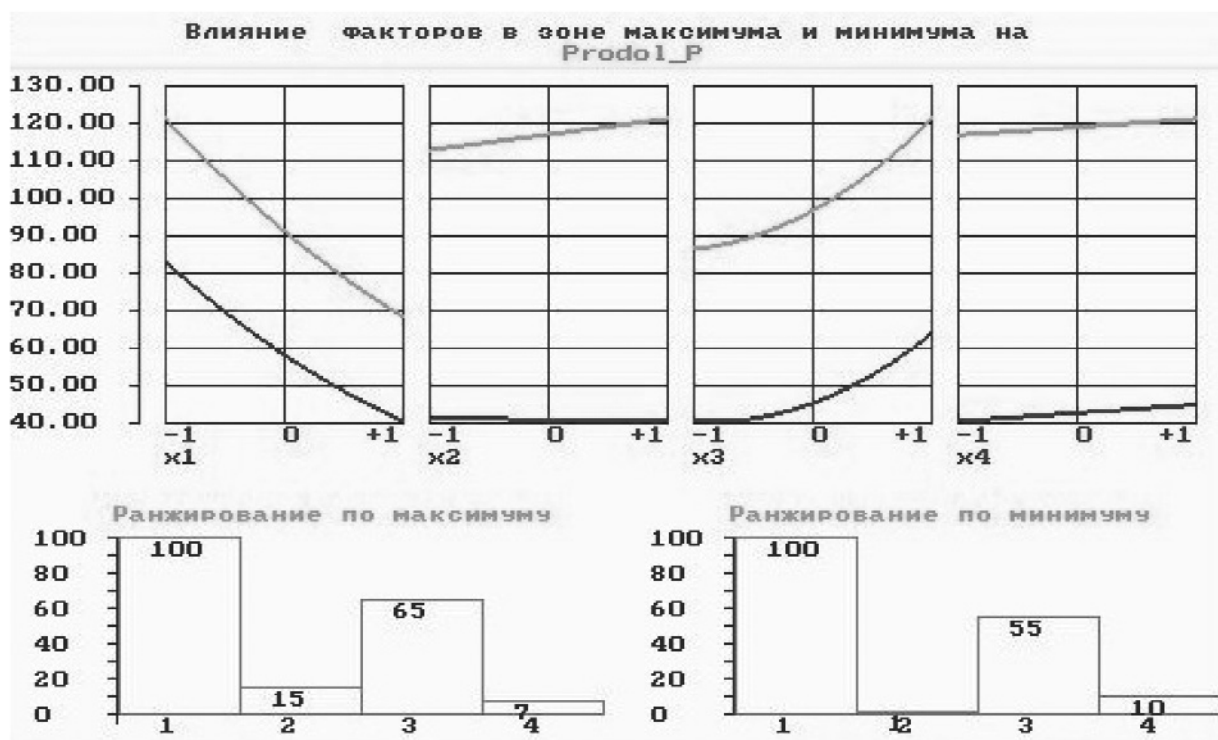


Рис.1 Однофакторна діаграма у зонах мінімуму та максимуму для тривалості будівництва

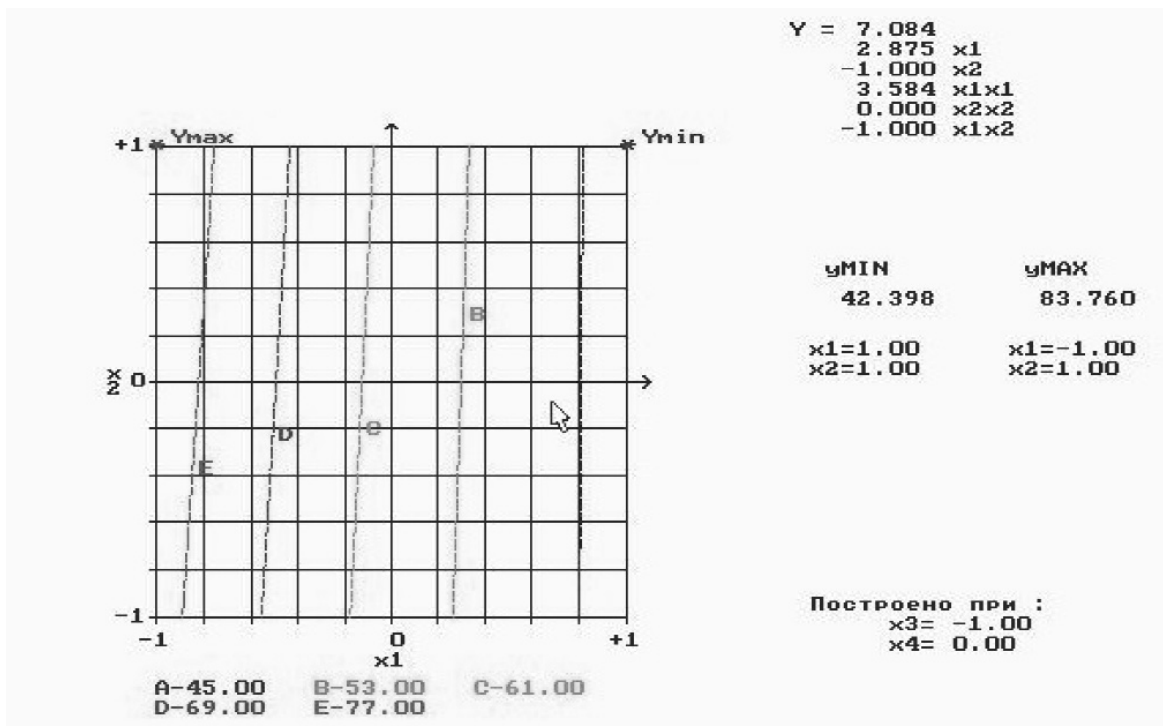


Рис. 2 Діаграма зміни тривалості будівництва у вигляді квадрата при фіксації фактора X_3 на мінімальному значенні та X_4 на середньому

ьому значенні висоти технологічного ярусу $X_4 = 3$ м можливо при максимальному коефіцієнті робочого часу (X_1) 0,75 – тобто, коли працює бригада в дві зміни по 9 годин 7 днів на тиждень. Це пояснюється середньомісячною тривалістю робочого часу в місяць 273,75 годин, відповідно до розрахунку в програмному комплексі АВК-5 та відображенні на календарних графіках в програмі Microsoft Project. При співвідношенні площі влаштовуваних прорізів до стін (X_2) 82%.

Максимальне значення тривалості будівництва $P = 83,8$ дн/100 м² в даному випадку при фіксації факторів $X_3 = -1$ та $X_4 = 0$ знаходиться при мінімальних значеннях факторів $X_1 = -1$ (коефіцієнту використання робочого часу – 0,24), так як це звичайний 40-годинний робочий тиждень. Тобто бригада працює в одну зміну 8 годин 5 днів на тиждень. Та при $X_2 = 1$ (співвідношення площі влаштовуваних прорізів – 82%).

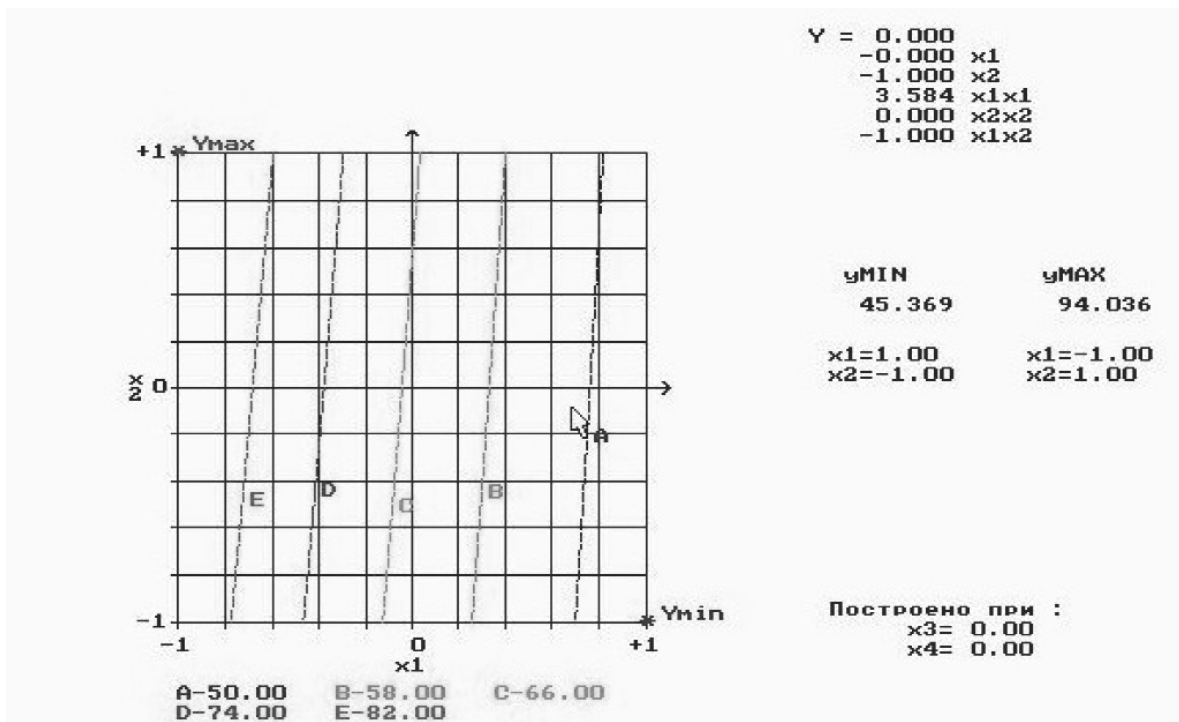


Рис. 3 Діаграма зміни тривалості будівництва у вигляді квадрата при фіксації фактора X_3 на середньому значенні та X_4 на середньому

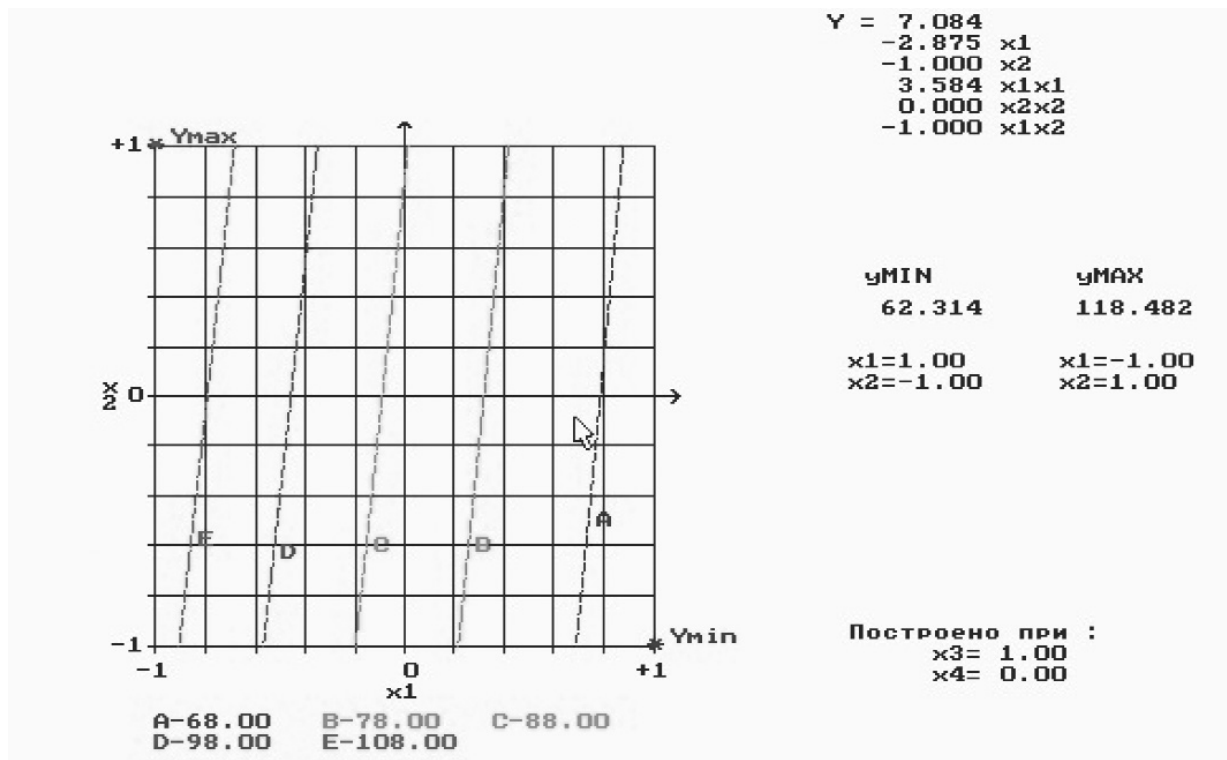


Рис. 4 Діаграма зміни тривалості будівництва у вигляді квадрата при фіксації фактора X_3 на максимальному значенні та X_4 на середньому

При вивченні впливу організаційно-технологічних факторів на тривалість будівництва було встановлено наступне. Мінімального значення тривалості будівництва $P = 45,4$ дн/100 м² можливо досягнути при наступному поєднанні факторів: $X_1 = 1$ (коефіцієнт використання робочого часу – 0,75), $X_2 = -1$ (співвідношення площі влаштуваних прорізів до стін – 18%), $X_3 = -0$ (кількості технологічних рівнів – 2 яруси – одноповерхова будівля з мансардою), $X_4 = 0$ (висоти технологічного ярусу 3 м). Максимальне значення тривалості будівництва $P = 94$ дн/100 м² пояснюється тим, що зменшується кількість робочих годин в місяць, тобто коефіцієнт використання робочого часу найнижчий – 0,24, а відсоток скління максимальний – 82%.

За даною діаграмою мінімальне тривалості будівництва $P = 62,3$ дн/100 м² досягається при максимальному значенні фактору $X_1 = 1$ (коефіцієнту використання робочого часу – 0,75), мінімальному значенні фактору $X_2 = -1$ (співвідношення площі влаштуваних прорізів до стін, що дорівнює 18%) і максимальному значенні фактору $X_3 = 1$ (3 яруси – двоповерхова будівля з мансардою) та $X_4 = 0$ (висоти технологічного ярусу 3 м). Максимальне значення тривалості будівництва $P = 118,5$ дн/100 м² можливо при зміні коефіцієнту використання робочого часу з 0,75 до 0,24 та співвідношення площі влашту-

ваних прорізів до стін з 18% до 82%, тобто з мінімуму до максимуму.

Висновки і пропозиції.

Результати моделювання малоповерхової будівлі показали, що співвідношенні площі влаштуваних прорізів до стін (X_2) та висоти технологічного ярусу (X_4) впливають на тривалість будівництва лише на 12% у сторону збільшення при зміні висоти з 2,5 м до 3,5 м, даний фактор характеризується незначним збільшенням об'ємів робіт. Закономірність впливу факторів експерименту на тривалість будівництва (дн/100м²) адекватно описується моделями (рис.1, 2, 3, 4) отриманими за результатами експериментально-статистичного моделювання. Найбільше впливає на досліджуваний показник максимальний коефіцієнт використання робочого часу – 0,75 (рис.1). Тобто найменшої тривалості будівництва – 42 доби можливо досягти при: двохзмінній роботі по 9 годин кожна 7 днів на тиждень, кількості технологічних рівнів на мінімальному значенні – одноповерхова будівля та висоти технологічного ярусу – 3 м. Суттєво впливає на підвищення тривалості будівництва фактор X_3 – кількість технологічних рівнів, через збільшення об'ємів робіт. При збільшенні з 1-го ярусу до 3-х тривалість будівництва може зрости із 40 діб до 120, тобто в 3 рази.

Література

1. Выбор организационных режимов строительства торгово – развлекательного центра / А. А. Менейлюк [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]. – К.: 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]. – К.: 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. – К.: ТОВ НВП "Інтерсервіс", 2016. – 332 с.
6. Національний стандарт України. Визначення тривалості будівництва об'єктів: ДСТУ Б А.3.1-22:2013. – [на заміну положень СНуП 1.04.03-85*; Чинний від 01.01.2014]. – К.: Міністерство України, 2014. – 34 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; опубл. 25.04.2017. – Бюл.№8/2017.

References

1. Menelyuk A. (2017). Choice of organizational modes for the construction of a shopping and entertainment center [Text] / A. Menelyuk [and others] // Scientific journal "Construction production", №63/1, 3-6.
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. Menelyuk A. (2016). Influence of organizational and technological factors on the cost structure of the enterprise for the construction and reconstruction of elevators. [Text] / A. Menelyuk, L. Nikiforov // Bulletin of Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, №12(225), 40-50.
5. A. Menelyuk, M. Ershov, L. Nikiforov, I. Menelyuk. (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 / Menelyuk O, Cherepaschuk L. No. u2016 10618; stated. 10.2.2016; post April 25, 2017 – Bulletin No. 8/2017.

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СРОК СТРОИТЕЛЬСТВА ПО НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Аннотация. В статье рассмотрена методика выбора эффективных моделей строительства по новой технологии возведения [7] энергоэффективных зданий и сооружений. В работе представлены результаты исследования влияния организационно-технологических факторов на продолжительность строительства. Изложенная в работе методика и полученные результаты позволяют определить продолжительность строительства при различных комбинациях организационно-технологических факторов. В основу исследования положен построение моделей в программе Microsoft Project и их анализе в программе COMPEX.

Ключевые слова: строительство, продолжительность строительства, энергоэффективные технологии, организационно-технологические факторы, моделирование строительных процессов.

Меньлюк А.И. д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии строительного производства
Черепашук Л.А. ассистент кафедры технологии строительного производства
 Одесская государственная академия строительства и архитектуры.
 г. Одесса, Украина

INFLUENCE OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL FACTORS FOR TWO-MONTH CONSTRUCTION FOR NEW TECHNOLOGY

Abstract. The article deals with the method of choosing efficient construction models for the new technology of construction [7] of energy-efficient buildings and structures. The paper presents the results of the study of the influence of organizational and technological factors on the duration of construction. The methodology outlined in the work and the obtained results allow to determine the duration of construction with various combinations of organizational and technological factors. The basis of the study is the construction of models in the Microsoft Project program and their analysis in the program COMPEX.

Keywords: construction, construction duration, energy efficient technologies, organizational and technological factors, modeling of building processes.

Menelyuk AI Ph.D., professor, head of the department of technology of building production
Cherepaschuk L.A. assistant of the chair of technology of construction production
 Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
 Odessa, Ukraine