

**МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗВЕДЕННЯ
ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ «АВІНЬЙОН»**

¹**Руссий В.В.**, доктор філософії,
viruswot@odaba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-5884-2097

¹**Бочевар К.І.**, здобувач,
4871416k@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4589-8080,

¹*Одеська державна академія будівництва та архітектури*
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, 65029, Україна

Анотація. Стаття присвячена моделюванню показників ефективності комплексного процесу зведення житлового комплексу «Авіньйон» з використанням незнімної опалубки. Моделювання показників відбувалось за допомогою використання сучасних програмних комплексів при варіюванні факторів, що на них впливають з урахуванням діючих обмежень. Під час моделювання у якості складової комплексного процесу зведення будівлі використовувалось наступне рішення зі зведення стін – встановлення легких сталевих тонкостінних конструкцій (ЛСТК) з обшиванням незнімною опалубкою та наповненням пінополістиролбетоном. В попередніх досліджень встановлено, що це конструктивно-технологічне рішення є найбільш ефективним з порівнюваних.

Грунтуючись на попередніх дослідженнях виконано експериментально-статистичне моделювання показників «тривалість будівництва», «вартість будівництва», «середня інтенсивність фінансування» та «максимальна інтенсивність фінансування» при варіюванні змінних факторів: «коефіцієнт суміщеності процесів» та «кількість робочих годин на тиждень». Моделювання відбувалось за допомогою програмного комплексу COMPEX. Значення показників ефективності отримані згідно обраних планів експериментів за допомогою побудови економічних (кошторисні розрахунки) та організаційно-технологічних (графіки виконання робіт) моделей відповідно в програмних комплексах АВК 5 та Microsoft Project.

Під час проведення експериментально-статистичного моделювання визначено екстремуми показників ефективності та відповідні значення поєднань факторів, що на них впливають. Визначено характер та ступінь впливу факторів на досліджувані показники ефективності.

На показник «вартість будівництва» накладено діюче обмеження у вигляді використання кредитних коштів. Розрахунок впливу накладення діючого обмеження виконувався в програмному комплексі Microsoft Excel. При варіювання факторного простору побудовано діаграми зміни вартості зведення будівлі та розміру коштів, необхідних на забезпечення відсотків по кредиту. При суміщенні (сумуванні) цих діаграм побудовано значення показнику вартості будівництва з урахуванням впливу відсоткової ставки кредитних коштів. Визначено, що при використанні кредитних коштів в обсязі 90 % за рахунок відсотків тіла кредиту значно підвищується вартість зведення будівлі. В середньому це підвищення становило 183,8 млн. грн.

Побудова графічних залежностей виконувались в програмному комплексі CorelDraw X6.

Ключові слова: конструктивні та організаційно-технологічні рішення, стінові конструкції, незнімна опалубка, експериментально-статистичне моделювання.

Вступ. Будівлі, основна частина яких виготовлена з монолітного залізобетону показали себе найбільш стійкими під час дії позапроєктних впливів, що викликані воєнними діями. За цими технологіями активно зводять будівлі в усьому світі. Ці технології мають свої недоліки. Наприклад, необхідність розбирання опалубки, встановлення розгалужених

сплетінь арматури вручну тощо. Це призводить до збільшення трудомісткості, тривалості зведення та вартості. В багатоповерхових будівлях зведення монолітних залізобетонних елементів має зазвичай вирішальний вплив на показники ефективності будівництва. Крім цього, актуальною та розповсюдженою проблемою є недостатність наявності власних коштів для зведення будівлі. Нерідко доводиться залучати кредитні кошти. Тому, слід розглянути які більш ефективні рішення (конструктивні та організаційно-технологічні) можливо використовувати при зведенні монолітних залізобетонних елементів.

Одним з актуальних напрямків є дослідження показників ефективності зведення будівель з влаштуванням стін у незнімній опалубці, у вигляді блоків, панелей тощо. Це дозволяє влаштовувати стіни відразу з внутрішнім оздобленням (наприклад, гіпсокартонні листи) та зовнішнім оздобленням (наприклад, скломагнієві або цементно-стружкові плити). При цьому вони виконують ще й роль несучих елементів та є ефективнішими ніж традиційні технології бетонування.

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій. В останніх дослідженнях був виконаний пошук відомих конструктивно-технологічних рішень для зведення стін з використанням незнімної опалубки [1]. Розроблено конструктивно-технологічне рішення та отримано патент на корисну модель (UA № 149402 «Стіна будівлі») [2]. Це рішення включає в себе внутрішній і зовнішній огорожуючі шари. Між цими шарами встановлюються легкі сталеві тонкостінні конструкції (ЛСТК) та виконується заповнення з пінополістиролбетону [2].

В роботі [1] виконано аналіз ефективності застосування відомих та розробленого конструктивно-технологічних рішень для зведення стін з використанням незнімної опалубки. Визначення ефективності застосування рішень виконувалось за допомогою методики багатокритеріального аналізу [3-6] по кількісним та якісним критеріям. За результатами аналізу найбільш ефективним рішенням для зведення стін у незнімній опалубці є конструктивно-технологічне рішення, виконане за запатентованою технологією [2].

В роботі [7] наведено результати досліджень фізико-механічних параметрів нового розробленого конструктивно-технологічного рішення – стіни з пінополістиролбетону в незнімній опалубці з використанням легких сталевих тонкостінних конструкцій. А саме, проведено експериментальні дослідження: з визначення терміну ефективної теплової експлуатації стіни; впливу циклічних змін температури на теплопровідність основного матеріалу, що ізолює – пінополістиролбетону. Проведено акустичні випробування стіни.

Визначено методику, за якою слід визначати характер зміни показників ефективності в залежності від факторів, що на них впливають – експериментально-статистичне моделювання (ЕСМ) [8-15]. Проведено моделювання, визначено графічні й аналітичні залежності зміни показнику «рентабельність будівництва» при варіюванні досліджуваних факторів: «коефіцієнт суміщеності процесів» та «кількість робочих годин на тиждень». Визначено, що при застосуванні максимальних значень обраних показників можливо отримати найбільш ефективний показник рентабельності. Отримано значення показників «вартість будівництва» та «тривалість будівництва» [16].

Постановка мети та завдання. Мета дослідження – визначити значення та характер зміни показників ефективності при варіюванні факторного простору та впливі діючих обмежень будівельного виробництва.

Для досягнення поставленої мети вирішено наступні завдання:

1. Проведено експериментально-статистичне моделювання зміни показників ефективності при варіюванні факторів «коефіцієнт суміщеності процесів» та «кількість робочих годин на тиждень».

2. На показник «вартість будівництва» накладено діюче обмеження у вигляді використання 90 % кредитних коштів.

3. Розраховано значення показнику «вартість будівництва» з урахуванням впливу відсотку забезпечення тіла кредиту та визначено характер впливу факторів під час їх варіювання.

Матеріали та методи дослідження. Побудова економічних та організаційно-технологічних моделей виконувалась за допомогою програмних комплексів АВК 5 та Microsoft Project.

Експериментально-статистичне моделювання виконувалось в програмному комплексі COMPEX. Моделювання здійснювалось з використанням теорії планування експерименту на основі обраних планів експериментів.

Розрахунок впливу накладення діючого обмеження (урахування впливу відсотку забезпечення тіла кредиту на показник ефективності «вартість будівництва») та побудова графічних залежностей виконувались в програмних комплексах Microsoft Excel та CorelDraw X6.

Основний матеріал і результати. В продовження попередніх досліджень [1, 2, 7, 16] зведення стін будівель, що виконані з легких сталевих тонкостінних конструкцій (ЛСТК) заповнених пінополістиролбетоном та оздоблених елементами незнімної опалубки на прикладі житлового комплексу «Авіньйон» виконано наступне.

На основі раніше побудованих моделей в АВК 5 та Microsoft Project визначено значення показників середньої та максимальної інтенсивності фінансування (табл. 1) при варіюванні факторів, що на них впливають.

При розрахунку показників інтенсивності фінансування враховувався параметр «загальновиробничі витрати». Він прямо залежить від зміни обраних факторів експерименту і тривалості будівництва. Даний параметр у відсотковому співвідношенні має частку 8-12 % від загальної суми будівництва та вносився в побудовані організаційно-технологічні моделі (графіки виконання робіт) в програмному комплексі Microsoft Project.

Таблиця 1 – Значення показників інтенсивності фінансування при варіюванні факторного простору

№ точки	X ₁ Коефіцієнт суміщеності процесів, %	X ₂ Кількість робочих годин на тиждень, год.	X ₁ Коефіцієнт суміщеності процесів	X ₂ Кількість робочих годин на тиждень	Середня інтенсивність фінансування, грн/міс.	Максимальна інтенсивність фінансування, грн/міс.
1	74,61	40	-1	-1	16 315461	17 326 977
2	79,91	40	0	-1	20 490423	21 997 942
3	85,21	40	1	-1	27 804320	32 802 940
4	74,61	60	-1	0	20 306388	23 381 562
5	79,91	60	0	0	25 583 10	29 271 008
6	85,21	60	1	0	34 636866	42 895 910
7	74,61	80	-1	1	32 342760	33 193 655
8	79,91	80	0	1	40 693255	43 627 268
9	85,21	80	1	1	56 744422	61 172 774

На основі значень, визначених в [16] та в таблиці 1 проведено експериментально-статистичне моделювання в програмному комплексі COMPEX. Встановлено характер зміни показників ефективності «вартість будівництва», «тривалість будівництва», «середня інтенсивність фінансування» та «максимальна інтенсивність фінансування» при варіюванні факторів «коефіцієнт суміщеності процесів» та «кількість робочих годин на тиждень».

В зоні значень мінімуму показника «тривалість будівництва» фактори мають суттєвий вплив – 73 та 100 %. Значно більший вплив має фактор «кількість робочих годин на тиждень» (рис. 1).

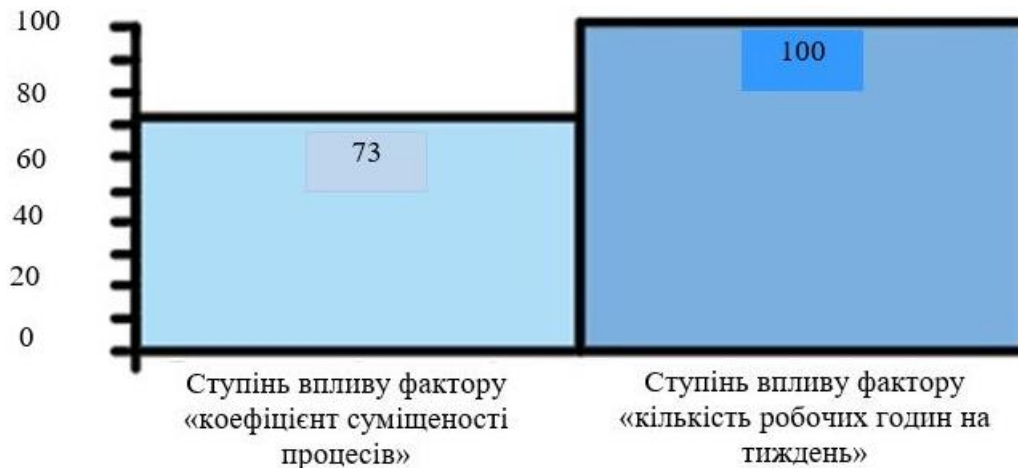


Рис. 1. Рівень впливу факторів «коефіцієнт суміщеності процесів» та «кількість робочих годин на тиждень» у зоні мінімуму показника «тривалість будівництва»

З рисунку 2 видно, що при збільшенні значень факторів «коефіцієнт суміщеності процесів» та «кількість робочих годин на тиждень» показник «тривалість будівництва» зменшується.

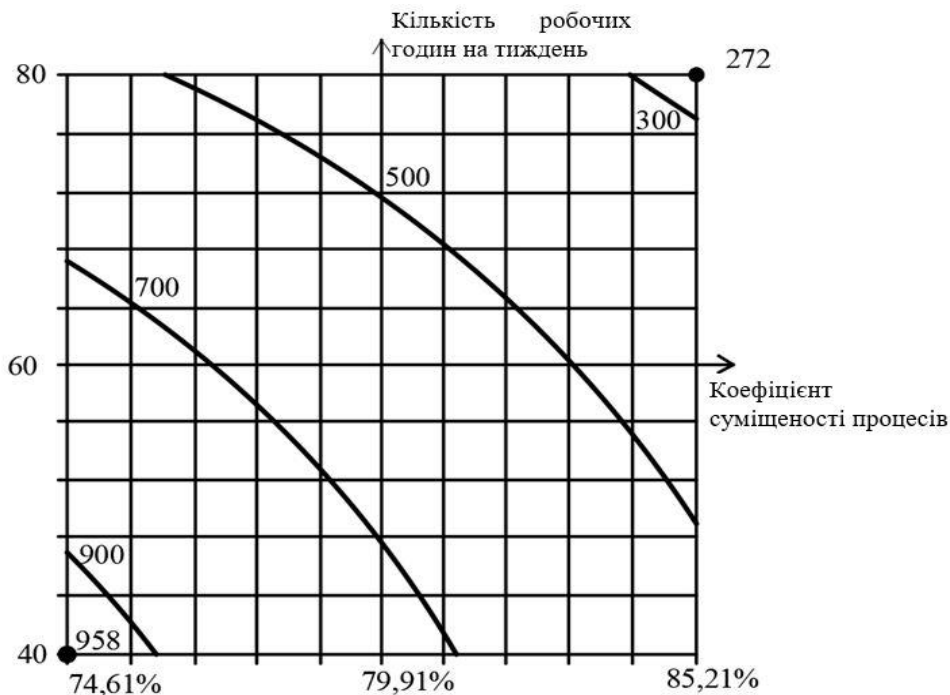


Рис. 2. Ізолінії значень показника «тривалість будівництва» при варіюванні факторів «коефіцієнт суміщеності процесів» та «кількість робочих годин на тиждень»

Екстремуми функції показника «тривалість будівництва» наступні:

$$Y_{\max} = 958 \text{ днів } (X_1 = 40 \text{ години на тиждень; } X_2 = 74,61\%);$$

$$Y_{\min} = 272 \text{ днів } (X_1 = 80 \text{ годин на тиждень; } X_2 = 85,21\%).$$

В зоні значень мінімуму показників «середня інтенсивність фінансування» (рис. 3, а) та «максимальна інтенсивність фінансування» (рис. 3, б) фактори мають суттєвий вплив. Значно більший вплив має фактор «кількість робочих годин на тиждень» (100 %). Фактор «коефіцієнт суміщеності процесів» має менший порівняно менший вплив (77 та 81 %).



Рис. 3. Рівень впливу факторів «коефіцієнт суміщеності процесів» та «кількість робочих годин на тиждень» у зоні мінімуму показників «середня інтенсивність фінансування» (а) та «максимальна інтенсивність фінансування» (б)

При збільшенні значень факторів «коефіцієнт суміщеності процесів» та «кількість робочих годин на тиждень» показники «середня інтенсивність фінансування» та «максимальна інтенсивність фінансування» збільшуються (рис. 4, а, б).

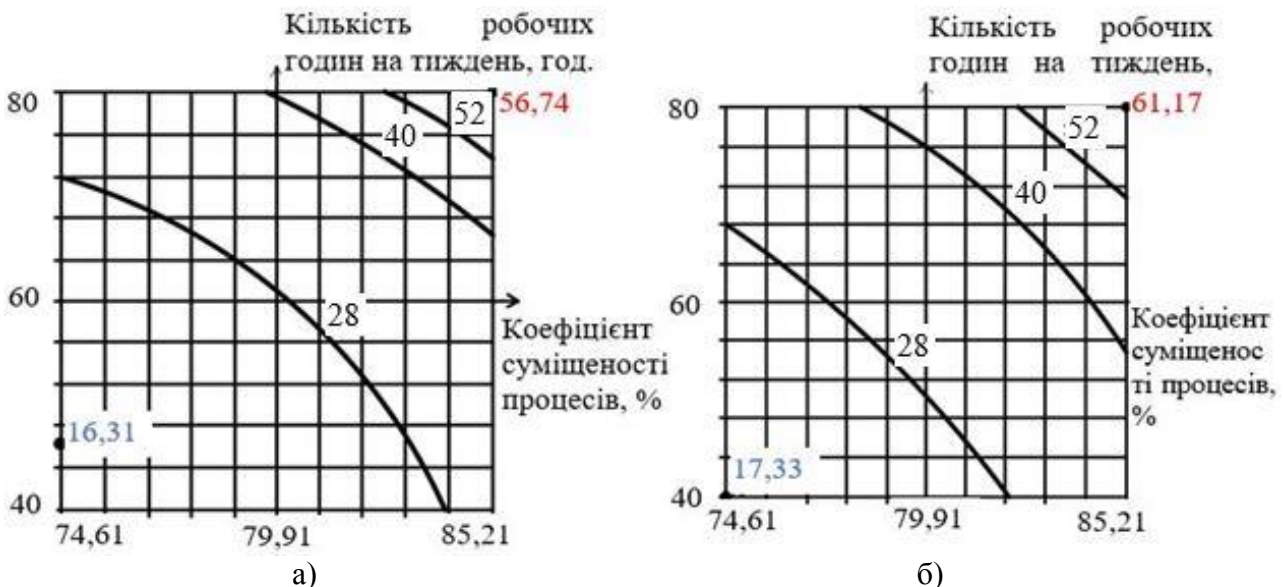


Рис. 4. Ізолінії значень показників інтенсивності фінансування при варіюванні факторів «коефіцієнт суміщеності процесів» та «кількість робочих годин на тиждень»: а – показника «середня інтенсивність фінансування»; б – показника «максимальна інтенсивність фінансування»

Екстремуми функції відповідно показників «середня інтенсивність фінансування» та «максимальна інтенсивність фінансування» досягають в таких точках:

$$Y_{\max} = 56,74 \text{ млн. грн в місяць } (X_1=80 \text{ год.}; X_2=85,21\%);$$

$$Y_{\max} = 61,17 \text{ млн. грн в місяць } (X_1=80 \text{ год.}; X_2=85,21\%);$$

$$Y_{\min} = 16,31 \text{ млн. грн в місяць } (X_1 = 40 \text{ год.}; X_2 = 85,21\%);$$

$$Y_{\min} = 17,33 \text{ млн. грн в місяць } (X_1 = 40 \text{ год.}; X_2 = 85,21\%).$$

В попередніх дослідженнях [16] було розраховано значення показника «вартість будівництва». Однак в сучасному будівництві не можливо завжди покладатись на використання лише власних коштів. Тому прийнято обмеження – необхідність сплати відсотків за кредитними коштами. Прийнято, що у складовій «вартість будівництва» буде наявно 10 % власних коштів підприємства та 90 % кредитних. При цьому кредитний відсоток встановлений зі ставкою 10% річних та 1% комісії банку за щомісячне внесення кредитних рахунків. З урахування введеного

обмеження визначено значення показника «вартість будівництва з урахуванням кредитних коштів» (табл. 2).

Таблиця 2 – Значення показника «вартість будівництва з урахуванням кредитних коштів» при варіюванні факторного простору

Поєднання значень факторів	Показник «вартість будівництва з урахуванням кредитних коштів», грн
X ₁ Коефіцієнт суміщеності процесів – 85,21 % X ₂ Кількість робочих годин на тиждень – 40 год.	701 228 568
X ₁ Коефіцієнт суміщеності процесів – 85,21 % X ₂ Кількість робочих годин на тиждень – 60 год.	653 943 477
X ₁ Коефіцієнт суміщеності процесів – 85,21 % X ₂ Кількість робочих годин на тиждень – 80 год.	632 484 949
X ₁ Коефіцієнт суміщеності процесів – 79,91 % X ₂ Кількість робочих годин на тиждень – 40 год.	750 449 255
X ₁ Коефіцієнт суміщеності процесів – 79,91 % X ₂ Кількість робочих годин на тиждень – 60 год.	695 581 554
X ₁ Коефіцієнт суміщеності процесів – 79,91 % X ₂ Кількість робочих годин на тиждень – 80 год.	656 323 882
X ₁ Коефіцієнт суміщеності процесів – 74,61 % X ₂ Кількість робочих годин на тиждень – 40 год.	805 268 383
X ₁ Коефіцієнт суміщеності процесів – 74,61 % X ₂ Кількість робочих годин на тиждень – 60 год.	724 793 581
X ₁ Коефіцієнт суміщеності процесів – 74,61 % X ₂ Кількість робочих годин на тиждень – 80 год.	690 900 186

З графіку (рис. 5) видно, що при необхідності сплати відсотків за кредитом (синій колір) значно збільшує вартість (зелений колір) зведення будівлі при використанні стінових конструкцій з незнімною опалубкою. В результаті введення діючого обмеження отримуємо підвищені значення показника «вартість будівництва з урахуванням кредитних коштів» (табл. 2, рис. 5). Це підвищення становить в середньому 183,8 млн грн.

Мінімальне значення показника «вартість будівництва з урахуванням кредитних коштів» склало $Y_{\min} = 632,49$ млн. При цьому значення факторів становили: «коефіцієнт суміщеності процесів» – 85,21 %, «кількість робочих годин на тиждень» – 80 год.

Максимальне значення показника «вартість будівництва з урахуванням кредитних коштів» склало $Y_{\max} = 805,27$ млн. При цьому значення факторів становили: «коефіцієнт суміщеності процесів» – 74,61 %, «кількість робочих годин на тиждень» – 40 год.

Якщо проаналізувати мінімальні та максимальні значення показника «вартість будівництва з урахуванням кредитних коштів» можливо зробити наступний висновок. Чим більшою є тривалість зведення будівлі, а відповідно – чим меншими є значення факторів «коефіцієнт суміщеності процесів» та «кількість робочих годин на тиждень» тим більший вплив здійснюється на підвищення вартості зведення будівлі при влаштуванні стін з незнімної опалубки.

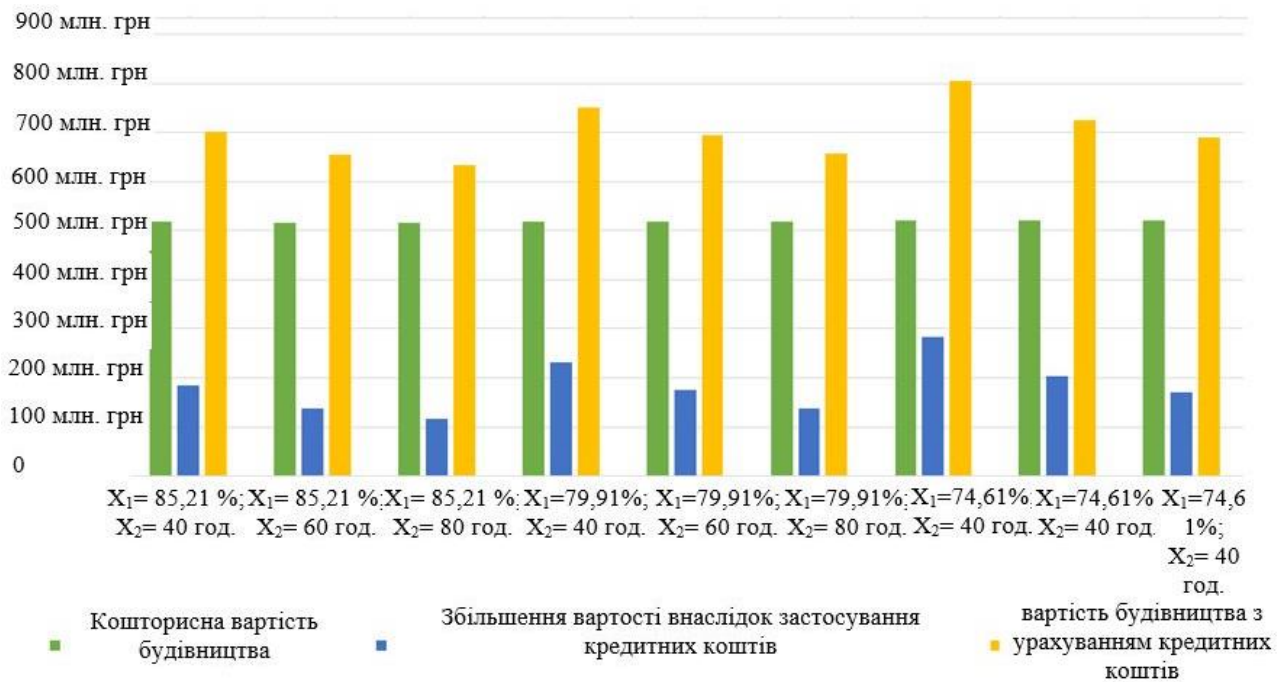


Рис. 5. Діаграма зміни вартості будівництва при варіюванні факторного простору з введенням обмеження (використанням кредитних коштів)

Висновки:

1. Експериментально-статистичне моделювання процесу зведення житлового комплексу «Авіньйон» з використанням стін в незнімній опалубці, яке виконано у програмному комплексі COMPEX дозволило виявити, що у встановлених межах варіювання факторів «коефіцієнт суміщеності процесів» та «кількість робочих годин на тиждень» значення показників ефективності можуть змінюватись наступним чином:

- «тривалість будівництва» $Y = 272 \dots 958$ днів;
- «середня інтенсивність фінансування» $Y = 16,31 \dots 56,74$ млн. грн./міс.;
- «максимальна інтенсивність фінансування» $Y = 17,33 \dots 61,17$ млн. грн./міс.;
- «вартість будівництва з урахуванням кредитних коштів» $Y = 632,49 \dots 805,27$ млн. грн.

2. Проведене моделювання дозволило визначити характер та ступінь впливу зміни значень факторного простору на досліджувані показники ефективності.

3. Накладення діючого обмеження на показник «вартість будівництва» у вигляді використання 90 % кредитних коштів (необхідності забезпечення виплати відсотків за тілом кредиту) дозволило виявити середнє підвищення вартості, що складає 183,8 млн. грн. А також характер впливу цього підвищення при варіюванні факторного простору на показник «вартість будівництва з урахуванням кредитних коштів».

4. Результати досліджень дозволили визначити перспективні напрямки подальшої наукової роботи у сфері дослідження комплексного процесу зведення будівель з використанням незнімної опалубки.

Перспективні напрямки подальших досліджень. Отримані результати досліджень дозволяють визначити напрямки подальшої наукової роботи у сфері дослідження комплексного процесу зведення будівель з використанням незнімної опалубки.

Виділено наступні напрямки подальших досліджень.

1. Розробка нових та вдосконалення існуючих конструктивно-технологічних рішень зведення вертикальних елементів будівель з використанням незнімної опалубки.

2. Дослідження показників ефективності зведення інших об'єктів та збільшення спектру досліджуваних показників.

3. Продовження діяльності з впровадження результатів досліджень в освітній процес, наукову роботу та будівельне виробництво.

Література

1. Meneilyuk O.I., Kyryliuk S.V., Bochevar K.I. Evaluation of the new constructive-technological solution of the fence structure in the non-removable formwork. *Modern construction and architecture*. 2022. № 2. P. 113-122.
2. Стіна будівлі: пат. 149402 Україна : E04C 2/00; E04C 2/292. № у 2021 00397 ; заявл. 02.02.2021 ; опубл. 17.11.2021, Бюл. № 46. 6 с.
3. 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.
4. Volkmann G., Schubert W. Optimization of Excavation and Support in Pipe Roof Supported Tunnel Sections. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2006. № 21 (3-4). P. 404–404.
5. Meneilyuk O., Nikiforov A., Meneilyuk I. Transport construction cost management by rational organizational and technological solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies This link is disabled*. 2020. № 3 (3-105). P. 16–24.
6. Meneilyuk, A., Nikiforov, A. Knowledge management by construction management template for sustainable entrepreneurship. *Organization, Technology and Management in Construction*. 2022. № 14 (1). P. 2601–2615.
7. Meneilyuk O., Bochevar K., Nikiforov O. Long-term thermal productivity of polystyrene concrete in a new composite wall in a fixed formwork. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2023. №3 (195). P. 66–74.
8. Вознесенский В. А., Ляшенко Т. В., Огарков Б. Л. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ. К.: Вища шк., 1989. 328 с.
9. Ковальов В. В., Данилова Т. В., Єпіфанцева С. В. Систематизація організаційно-технологічних та інших факторів, які впливають на вартість будівництва об'єктів, з урахуванням вимог щодо їх енергоефективності і екологічності. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2018. № 6. С. 57–64.
10. Rassouli B., Soheil Shafaei S., Ayazi A., Farahbod F. Experimental and numerical study on steel-concrete composite shear wall using light-weight concrete. *Journal of Constructional Steel Research*. 2016. № 126. P. 117–128.
11. Ahmed S.N.A., David N.C. Numerical modelling of tunnel face stability in homogeneous and layered softground. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2019. № 94. P. 103096.
12. Billaux, D., & Dedecker, F. Numerical rock modeling and fracturation: from continuous to discontinuous. *Revue Française de Géotechnique*. 2018. № 155, 2. P. 1–6.
13. Allen, T. T., Yu, L., and Schmitz, J. An Experimental Design Criterion for Minimizing Meta-Model Prediction Errors Applied to a Die Casting Process Design. *Applied Statistics*. 2003. 52. P. 103–117.
14. Арутюнян І.А., Коваленко М.Г. Детерміновані та недетерміновані фактори, що впливають на вихідні умови задач оптимізаційно-організаційних процесів будівельного виробництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2020. № 43. С. 59-66.
15. Carlyle, W. M., Montgomery, D. C., and Runger, G. C. Optimization Problems and Methods in Quality Control and Improvement. *Journal of Quality Technology*. 2000. 31. P. 1–17.
16. Меньлюк О.І., Бочевар К.І., Маньківська Д.А. Зміни рентабельності будівництва житлового комплексу «Авіньйон» під впливом організаційних факторів. *Будівельне виробництво*. 2022. №74. С. 30-34.

References

- [1] O. Meneilyuk, S. Kyryliuk, K. Bochevar, "Evaluation of the new constructive-technological solution of the fence structure in the non-removable formwork", *Modern construction and architecture*, no. 2, pp. 113–122, 2022.
- [2] V. Mohilnikov, K. Bochevar, "Stina budivli", Ukrainian Institute of Intellectual Property UA 149402, November 17, 2021.
- [3] A. Meneiliuk, M. Ershov, A. Nykyforov, Y. Meneiliuk, *Optymyzatsyia orhanyzatsyonno-tekhnohycheskykh reshenyi rekonstruktsyy vusotnukh ynzhenernukh sooruzhenyi*. Kyiv, Ukraine: TOV NVP «Interservis», 2016.
- [4] G. Volkmann, W. Schubert, "Optimization of Excavation and Support in Pipe Roof Supported Tunnel Sections", *Tunnelling and Underground Space Technology*, no. 21 (3-4), pp. 404-404, 2006.
- [5] O. Meneilyuk, A. Nikiforov, I. Meneilyuk, "Transport construction cost management by rational organizational and technological solutions", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies This link is disabled*, no. 3 (3-105), pp. 16–24, 2020.
- [6] A. Meneiliuk, A. Nikiforov, "Knowledge management by construction management template for sustainable entrepreneurship", *Organization, Technology and Management in Construction*, no. 14 (1), pp. 2601–2615, 2022.
- [7] O. Meneilyuk, K. Bochevar, O. Nikiforov, "Long-term thermal productivity of polystyrene concrete in a new composite wall in a fixed formwork", *Naukovi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no. 3 (195), pp. 66–74, 2023.
- [8] V. Voznesenskyi, T. Liashenko, B. Oharkov, *Chyslennue metodu reshenyia stroytelno-tekhnohycheskykh zadach na EVM*. Kyiv, Ukraine: Vyshcha shkhola, 1989.
- [9] V. Kovalov, T. Danylova, S. Yepifantseva, "Systematyzatsiia orhanizatsiino-tekhnohichnykh ta inshykh faktoriv, yaki vplyvaiut na vartist budivnytstva obektiv, z urakhuvanniam vymoh shchodo yikh enerhoefektyvnosti i ekolohichnosti", *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury*, no. 6, pp. 57–64, 2018.
- [10] B. Rassouli, S. Soheil Shafaei, A. Ayazi, F. Farahbod, "Experimental and numerical study on steel-concrete composite shear wall using light-weight concrete", *Journal of Constructional Steel Research*, no. 126, pp. 117-128, 2016.
- [11] S.N.A. Ahmed, N. David, "Numerical modelling of tunnel face stability in homogeneous and layered softground", *Tunnelling and Underground Space Technology*, no. 94, 2019.
- [12] D. Billaux, F. Dedecker, "Numerical rock modeling and fracturation: from continuous to discontinuous", *Revue Française de Géotechnique*, no. 155 (2), 2018.
- [13] T. Allen, L. Yu, J. Schmitz, "An Experimental Design Criterion for Minimizing Meta-Model Prediction Errors Applied to a Die Casting Process Design", *Applied Statistics*, no. 52, pp. 103–117, 2003.
- [14] I. Arutiunian, M. Kovalenko, "Determinovani ta nedeterminovani faktory, shcho vplyvaiut na vykhidni umovy zadach optymizatsiino-orhanizatsiinykh protsesiv budivelnoho vyrobnytstva", *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, no. 43, pp. 59-66, 2020.
- [15] W. Carlyle, D. Montgomery, G. Runger, "Optimization Problems and Methods in Quality Control and Improvement", *Journal of Quality Technology*, no. 31, pp. 1–17, 2000.
- [16] O. Meneiliuk, K. Bochevar, D. Mankivska, "Zminy rentabelnosti budivnytstva zhytloвого kompleksu "Avinion" pid vplyvom orhanizatsiinykh faktoriv", *Budivelne vyrobnytstvo*, no. 74. pp. 30-34, 2022.

**MODELING PERFORMANCE INDICATORS OF BUILDING CONSTRUCTION USING
NON-REMOVABLE FORMWORK**

¹**Russyi V.V.**, PhD,

viruswot@odaba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-5884-2097

¹**Bochevar K.I.**, PhD student,

4871416k@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4589-8080,

¹*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*
4, Didrikhson str., Odessa, 65029, Ukraine

Abstract. This article is dedicated to modeling performance indicators of the comprehensive process of constructing a multi-story building while varying influencing factors, taking into account existing constraints, and utilizing modern software complexes. During the modeling process, the following solution for wall construction was employed as a component of the comprehensive building process: the installation of lightweight steel thin-walled structures (LSTW) with non-removable formwork cladding and filling with polystyrene concrete. Previous research has established that this construction and technological solution is the most effective among the compared alternatives.

Building upon prior investigations, experimental-statistical modeling of the «construction duration», «construction cost», «average intensity of funding», and «maximum intensity of funding» indicators was performed, varying factors such as the «overlap coefficient of processes» and «number of working hours per week». Modeling was conducted using the COMPEX software complex. The values of efficiency indicators were obtained according to selected experimental plans by constructing economic (budgetary calculations) and organizational-technological (work performance schedules) models using the AVK 5 and Microsoft Project software complexes, respectively.

During the experimental-statistical modeling, extremes of efficiency indicators and corresponding values of factor combinations influencing them were determined. The nature and degree of the factors' impact on the investigated efficiency indicators were identified.

The «construction cost» indicator was subjected to an existing constraint in the form of using credit funds. The calculation of the impact of imposing this existing constraint was performed in the Microsoft Excel software complex. While varying the factorial space, diagrams of changes in the budgetary cost of building construction and the amount of funds needed to secure the loan were constructed. Combining these diagrams resulted in values for the «construction cost with consideration of credit funds». It was determined that the use of credit funds at a level of 90% significantly increases the cost of building construction. On average, this increase amounted to 183,8 million UAH.

Graphical dependencies were constructed using the CorelDraw X6 software complex.

Keywords: constructive and organizational-technological solutions, wall structures, non-removable formwork, experimental-statistical modeling.

Стаття надійшла до редакції 5.11.2023