

<sup>1</sup> **О.І. Менейлюк**, доктор техн. наук, професор, завідувач кафедри Технології будівельного виробництва. ORCID iD: 0000-0002-1007-309X;

<sup>2</sup> **Д.А. Маньківська**, студентка.

<sup>1, 2</sup> Одеська державна академія будівництва і архітектури, Одеса

## УПРАВЛІННЯ ПРОДОВЖЕННЯМ БУДІВНИЦТВА ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ «АВІНЬЙОН»

**Анотація.** Стаття присвячена управлінню тривалості будівництва житлового комплексу «Авіньйон», розташованому в місті Одеса поряд з береговою лінією моря, при зміні організаційних факторів. Житловий комплекс складається з із тринадцяти секцій розташованих у формі кільця, у середині яких на дворі влаштовані спортивний та дитячий майданчик. Ці кільця складаються з 12 типових секцій (чотирьох прямокутних та восьми кутових) з шести поверхів і мансарди, що їх складають. Кожна з цих секцій має два рівня підземного паркінгу. Також є одна нетипова секція для влаштування торгового павільйону (три поверхи, без паркінгу) зі структурним скляним фасадом. Житловий комплекс складається з будівель з монолітним несучим каркасом ядром жорсткості та пілонами, фундамент пальовий та огорожувальними конструкціями що виконані в незнімній опалубці за новим технологічним рішенням. У відповідності до цього рішення огорожувальні конструкції влаштовуються з використанням незнімної опалубки на сталевому каркасі та заповнюються пінополестеробетоном. Для незнімної опалубки на сталевому каркасі використовуються різні матеріали описані нижче.

Проведений чисельний експеримент із використанням програмного забезпечення з управління проектами та кореляційно-регресійного аналізу. Для управління тривалістю будівництва виконано моделювання в програмі Microsoft Project (програма яка дозволяє визначити послідовність виконання завдань, оцінити тривалість робіт та визначити ресурси, необхідні для їх виконання) відповідно до вибраного плану зміни факторів. Після цього побудовано закономірності зміни тривалості будівництва у програмі СОМРЕХ. Отримані закономірності дозволяють керувати тривалістю будівництва, змінюючи основні організаційні чинники: інтенсивність використання робочого часу та суміщеність процесів будівництва. Експериментально-статистичне моделювання дозволяє отримати межі тривалості будівництва при впливі діючих обмежень в умовах варіювання організаційних факторів. Та використовувати отримані дані надалі з метою встановлених девелоперськими компаніями при існуючих потребах та обмеженнях.

**Ключові слова:** управління тривалості будівництва, організаційні фактори, експериментально-статистичне моделювання, інноваційна технологія, будівельні рішення, управління проектами, незнімна опалубка.

### Вступ

Сьогодні для девелоперських компаній часто стоїть завдання управління тривалістю будівництва, при чому в певних умовах для таких компаній може бути вигідно як скорочення цього часу так і збільшення часу будівництва. Тому управління тривалістю будівництва є актуальним завданням.

### Матеріали і методи досліджень

Аналіз робіт, присвячених вибору ефективних організаційних і технологічних рішень будівництва [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] дозволяє зробити висновок, що застосування експериментально-статистичного моделювання є ефективним способом вирішення подібних завдань.

### Мета досліджень

Визначення закономірності зміни тривалості будівництва під впливом організаційних факторів, а саме інтенсивності використання робочого часу та суміщеності процесів.

### Виклад основного матеріалу

Математичне моделювання управління тривалості будівництва виконано на прикладі житлового комплексу «Авіньйон» в м. Одеса. Він складається з

двох корпусів за формою кільця (А, Б). Кожен корпус складається з шести секцій (двох прямокутних і чотирьох кутових). Корпусу А є сьома триповерхова секція з суцільним структурним скляним фасадом (рис.1). Конструктив - каркасний залізобетон з ядром жорсткості та пілонами. Для зведення огорожувальних конструкцій було використано нове технологічне рішення.

У відповідності до цього рішення огорожувальні конструкції влаштовуються з використанням незнімної опалубки на сталевому каркасі та заповнюються пінополестеробетоном.

Для незнімної опалубки на сталевому каркасі використовуються різні матеріали. У внутрішніх приміщеннях застосовується вологостійкий гіпсокартон, який забезпечує високу міцність та довговічність конструкції, а також стійкість до дії вологи. У зовнішніх огорожувальних конструкціях застосовуються деревостружкові плити, які мають високу стійкість до механічних впливів і зберігають свої якісні характеристики в широкому діапазоні температур. З боку фасаду використовуються пінополістирольні плити, що відрізняються високою теплоізоляцією та легкістю монтажу (Рис.2).

Для даного технологічного рішення виконані

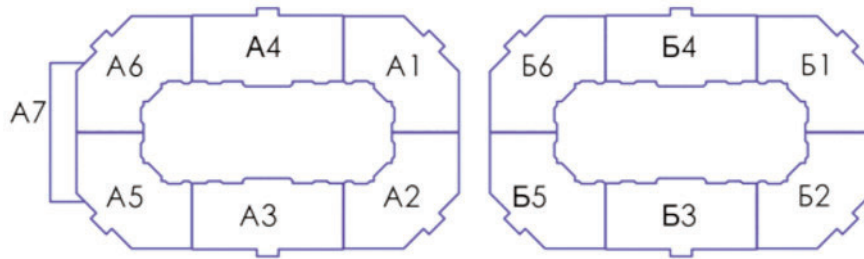


Рис.1. Схема житлового комплексу «Авіньйон» в м. Одеса для орієнтації за секціями

розрахунки та дослідження показників по звукоізоляції, опору теплопередачі та довговічності конструкції. Дослідження були проведені в Науково дослідному інституті будівельних конструкцій (НДІБК). Результати показали, що це рішення забезпечує високі показники звукоізоляції та теплоізоляції, що дозволяє створити комфортне та енергоефективне житло. Крім того, вказане технологічне рішення в з використанням незнімної опалубки на сталевому каркасі, заповненому пенополістеролбетоном, забезпечує високу довговічність конструкції. Це дозволяє значно знизити витрати на обслуговування та ремонт будівель, що взведені.

Для побудови математичної моделі тривалості будівництва жилого комплексу:

Найбільш значущим показником ефективності обрано такі:

$Y_1$  – тривалість будівництва – визначається за критичним шляхом складеного календарного графіка виконання робіт.

На обраній показник найбільший вплив мають наступні фактори:

$X_1$  – інтенсивності використання робочого часу, яке змиряється кількістю робочих годин на тиждень. При розробці плану експерименту було обрано три рівня кількості робочих годин на тиждень – 40 (5 днів на тиждень по 8 годин на добу), 60 (6 днів на тиждень по 10 годин на добу), 80 (5 днів на тиждень

по 16 годин на добу) робочих годин на тиждень;

$X_2$  – коефіцієнт суміщення робіт. Який розраховувався виходячи з можливої в практичному застосуванні максимальної та мінімальної сумісності будівельних процесів. Коефіцієнту в 0% відповідало рішення, при якому всі будівельні процеси, що є, виконувались послідовно, що в практичному застосуванні неможливо. Коефіцієнт 0% відповідав тривалості будівництва у 3021 робочий день (розрахункова величина). Отже коефіцієнт мінімального, середнього та максимального суміщення робіт розраховувався із співвідношення з нульовим. Виходячи з аналізу конструктивно-технологічного рішення комплексу, організаційних умов та умов техніки безпеки були прийняті мінімальні та максимальні значення коефіцієнта суміщеності робіт. Мінімальний коефіцієнт суміщення було прийнято 74,61%. У цьому випадку мінімальна кількість робіт виконується паралельно, а інші послідовно. Максимальним коефіцієнтом суміщення робіт було прийнято 85,21%. При цьому більшість робіт виконується паралельно. Середній коефіцієнт суміщення робіт - 79,97%. Рівні варіювання всіх факторів, що впливають на тривалість будівництва, були прийняті відповідно до теорії планування експерименту, яка передбачає, що варійовані фактори повинні знаходитися в умовному діапазоні -1; 0; +1. При цьому  $X_1$ , яке позначається як -1, відповідає мінімальному зна-

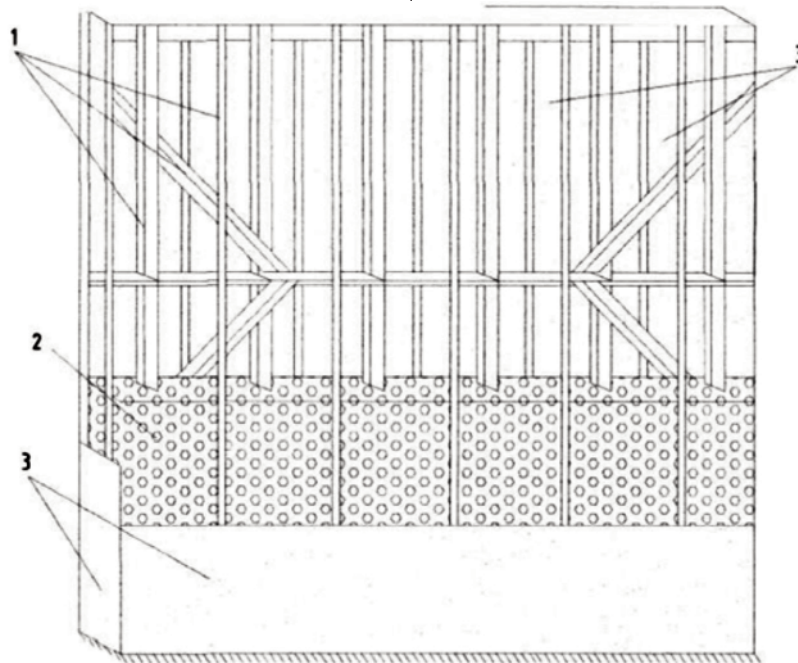


Рис. 2. Технологічне рішення, що використано для огорожувальних конструкцій.  
1 - сталевий каркас, 2 - пінополістеролбетон, 3 - незнімна опалубка

ченню фактору,  $X_i$ , що позначається +1, - максимальному значенню, а  $X_i$ , що позначається 0, – середнє значення факторів. Фактори і рівні їх варіювання представлені в табл. 1.

Для проведення експерименту з двома незалежними факторами був обраний план, число дослідів в якому 9. При розрахунку експериментально-статистичних (ЕС) моделей перехід від натурних до кодованих змінних виконувався за типовою формулою (1):

$$X_i = \frac{X_i - \frac{X_{i \max} + X_{i \min}}{2}}{\frac{X_{i \max} - X_{i \min}}{2}} \quad (1)$$

де:

$x_i$  – нормалізоване значення рівня і-того фактору;

$X_{(i)}$  – натурне значення рівня і-того фактору;

$X_{(i, \max)}$  – натурне значення максимального рівня і-того фактору;

$X_{(i, \min)}$  – натурне значення мінімального рівня і-того фактору

$i=\{1,2\}$ .

Далі для отримання закономірностей впливу факторів на тривалість будівництва виконується чисельний експеримент в програмі Microsoft Project у відповідності до прийнятого плану.

Результати виконання чисельного експерименту за 9-точковим планом представлені в таблиці 2.

Розділ творення календарних планів у Microsoft Project - це важливий етап при плануванні проекту, який дозволяє визначити послідовність виконання завдань, оцінити тривалість робіт та визначити ресурси, необхідні для їх виконання.

Для створення календарного плану в Microsoft Project необхідно виконати такі кроки:

Створити новий проект та задати дату початку та дату закінчення проекту.

Визначити список завдань, необхідних виконання проекту.

Визначити залежності між завданнями, тобто визначити, які завдання мають бути завершені на початок інших завдань.

Оцінити тривалість кожного завдання у робочих днях чи годинах (у нашому випадку використовувались приблизні значення з програмі АВК-5, у якої в науковою метою було перераховано кошторис на вісь об'єм будівельних робіт жилого комплексу

Визначити ресурси, необхідні для виконання кожного завдання, такі як люди, обладнання та матеріали.

Задати календар для кожного ресурсу, який буде використовуватися в проекті.

Створити графік виконання завдань, який пока-

Фактори і рівні варіювання факторів експерименту

Таблиця 1

$X_1$		$X_2$	
Кількість робочих годин на тиждєнь, години		Коефіцієнт суміщення робіт	
-1	40	-1	74,61%
0	60	0	79,91%
+1	80	+1	85,21%

Результати чисельного експерименту

Таблиця 2

№ точки	$X_1$	$X_2$	$x_1$	$x_2$	$Y_1$
	коефіцієнт суміщеності процесів	кількість робочих годин на тиждєнь	суміщеність процесів	робочі години	тривалість будівництва, діб
	2	3	4	5	6
1	74,61%	40	-1	-1	958
2	79,91%	40	0	-1	760
3	85,21%	40	1	-1	558
4	74,61%	60	-1	0	767
5	79,91%	60	0	0	607
6	85,21%	60	1	0	447
7	74,61%	80	-1	1	479
8	79,91%	80	0	1	380
9	85,21%	80	1	1	272

же послідовність та тривалість виконання кожного завдання.

Календарні плани Microsoft Project представлені у вигляді діаграми Ганта. Вони показують тимчасовий інтервал для кожного завдання і пов'язані з ними ресурси. Це дозволяє легко відстежувати прогрес виконання проекту та ресурсів, а також виявляти можливі затримки та проблеми у реалізації проекту.

При створенні календарних планів у Microsoft Project з урахуванням зміни кількості робочого часу на тиждень та суміщеності процесів, необхідно виконати такі дії:

Встановити глобальний календар. У Microsoft Project можна створити календар, який буде використовуватися для всіх завдань проекту. У календарі можна визначити кількість робочих днів на тиждень та годин на день, а також вихідні дні.

Змінити календар для певних завдань. У випадку, якщо для деяких завдань необхідно використовувати календар відмінний від глобального календаря, можна змінити календар для кожного окремого завдання.

Встановити тривалість роботи на кожному завданні. У Microsoft Project можна встановити тривалість роботи в днях, годинах або хвиликах.

Визначити суміщеність процесів. Якщо деякі процеси можуть виконуватися одночасно, необхідно встановити залежності між завданнями, щоб Microsoft Project міг автоматично обчислювати їх послідовність.

Загалом створення календарних планів у Microsoft Project за умови зміни кількості робочого часу на тиждень і суміщеності процесів потребує більш ретельного планування та врахування всіх факторів, що впливають на виконання проекту. Однак, завдяки функціональності Microsoft Project, можна легко керувати та відстежувати виконання проекту. На рис. 3 наведень фрагмент одного з планів.

Виявленні при виконанні чисельного експерименту закономірності зміни тривалості будівництва дозволяють, змінюючи кількість робочих годин на тиждень та коефіцієнт суміщення робіт обрати най-

більш ефективну модель реалізації процесу будівництва. Така модель вибирається виходячи з умов інвестування, макроекономічної ситуації та діючих обмежень (наприклад, за часом, за фінансами, за кількістю робітників та ін.) Результати моделювання на прикладі реального об'єкта будівництва показали, що при зміні досліджуваних факторів показник тривалість будівництва змінився в дуже широких межах, а саме а – від 272 до 958 днів.

Виявлені при виконанні чисельного експерименту закономірності дозволяють, змінюючи кількість робочих годин на тиждень, коефіцієнт суміщення робіт, вибрати найбільш ефективну модель реалізації будівництва житлового комплексу виходячи з перелічених вище умов і обмежень.

Аналіз впливу факторів у зонах мінімуму, максимуму показників та середніх значень факторів є інформативним методом оцінки впливу факторів.

Побудовано діаграми ступеня впливу на тривалість 2-х факторів:

- у зоні мінімуму значень показника;
- у зоні максимуму значень показника;
- всередині факторного простору, тобто при фіксації факторів на середніх рівнях.

Проаналізувавши діаграми ранжирування ступеня впливу факторів на показник (рис. 4) можна відзначити наступне: у відсотковому співвідношенні ступінь впливу кількості робочих годин на тиждень та коефіцієнт суміщення робіт мають різницю у 2%, що є допустимим у межах математичної помилки у 8% та не є значущим. Отже, фактори мають однаковий вплив на показники

Експериментально-статистичні моделі тривалості представлені нижче.

При збільшенні коефіцієнта суміщення робіт і кількості робочих годин на тиждень ми можемо побачити, як зменшується тривалість. Також можна зазначити, що фактор «Кількість робочих годин на тиждень» впливає на тривалість будівництва даної будівлі приблизно однаковою мірою як і фактор «Коефіцієнт суміщення робіт».

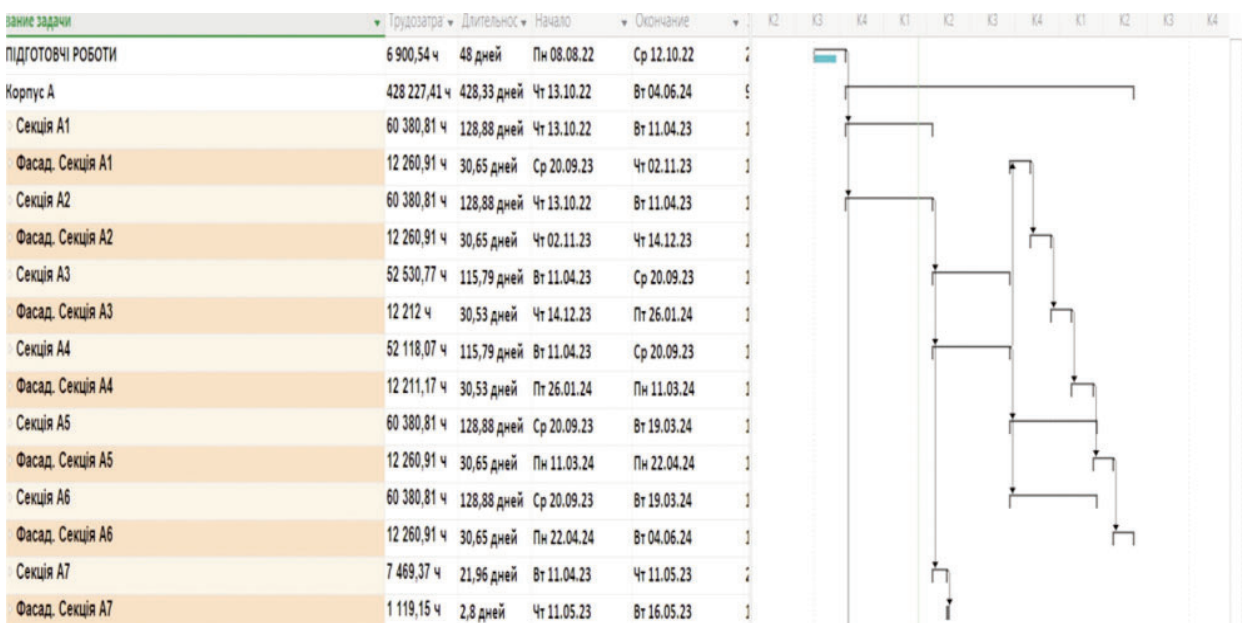


Рис. 3. Фрагмент календарного плану

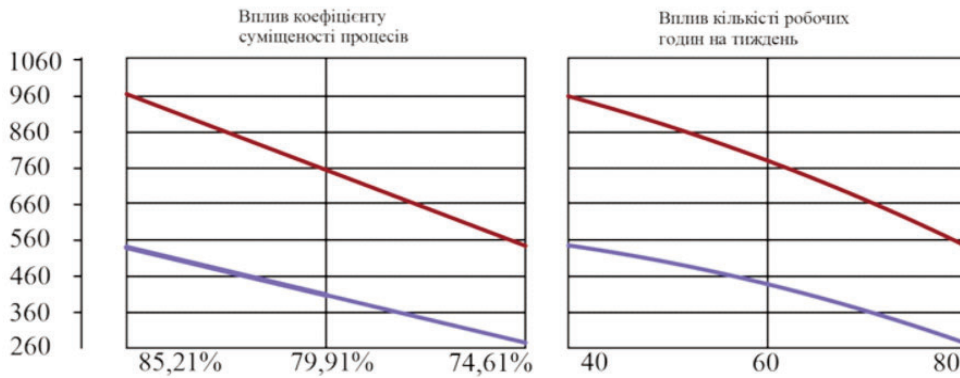


Рис. 4. Вплив факторів у зоні максимуму та мінімуму на тривалість будівництва

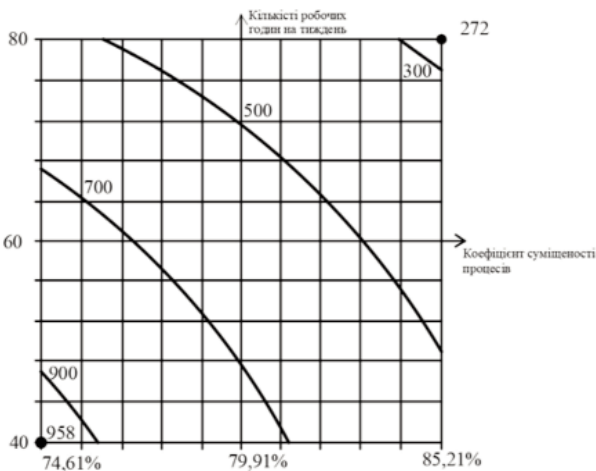


Рис. 5. Графік залежності тривалості будівництва від досліджуваних факторів

Наприклад, тривалості проведення робіт з будівництва житлового комплексу в 958 днів можна досягти при 40 робочих годинах на тиждень та коефіцієнт суміщення робіт 76,61% і тільки за таких умов.

Екстремуми функції тривалості досягає в таких точках:

$Y_{max} = 958$  днів ( $X_1=40$  години на тиждень;  $X_2=76,61$ );

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

Скорочення термінів будівництва в будівельних компаніях як один з факторів може бути актуальною проблемою у разі використання кредитних коштів. Збільшення термінів будівництва може бути затре-

буване для зменшення інтенсивності фінансування процесу будівництва. Таке зменшення інтенсивності фінансування є доцільним для прикрашення розмірів необхідного кредиту та максимального використання наявного в інвестора постійного доходу. При відсутності таких обмежень найбільш ефективна модель проведення будівництва житлового комплексу можна вказати модель з мінімальною тривалістю 272 днів. Вона можлива при таких поєднаннях факторів:  $X_1$  (кількість робочих годин на тиждень) дорівнює 80 годин на тиждень;  $X_2$  (коефіцієнт суміщення робіт) дорівнює 85,21%. (рис. 5).

О тримані закономірності дозволяють вибрати оптимальну модель від існуючих вимог: умов інвестування, макроекономічної ситуації та діючих обмежень (наприклад, за часом, за фінансами, за кількістю робітників та ін.)

### Висновки

Аналіз інформаційних джерел показав високу актуальність проведеного дослідження та дозволив обґрунтувати апріорні положення.

Побудована експериментально-статистичні залежності тривалості будівництва від кількості робочих годин на тиждень та коефіцієнту суміщення робіт дозволяє визначати мінімальну тривалість будівництва що становить 272 днів, та максимальну-958 днів с з урахуванням умови будівництва цього комплексу.

Отримані закономірності дозволяють вибрати оптимальну модель від існуючих вимог: умов інвестування, макроекономічної ситуації та діючих обмежень (наприклад, за часом, за фінансами, за кількістю робітників та ін.)

### Література

1. Лобакова Л. В. Організаційне моделювання реконструкції будівель при їх перепрофілюванні : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08. Одеса, 2016. 21 с.
2. Менейлюк А. И., Ершов М. Н., Никифоров А. Л., Менейлюк И. А. Оптимизация организационно-технологических решений реконструкции высотных инженерных сооружений. Київ : ТОВ НВП "Інтерсервіс", 2016. 332 с.
3. Інновації у будівництві та реконструкції / А.В. Ковров, О.І. Менейлюк, Т.М. Дубельт, А.Ф. Петровський, «Гельветика» 2022.
4. Сучасні технології в будівництві / А.И. Менейлюк, В.С. Дорофеев, Л.Е. Лукашенко, Н.В. Олійник, В.І. Москаленко, А.Ф. Петровський, В.Г. Соха, «Освіта Україні» 2011
5. Никифоров О.Л., «Оптимізація організаційно-технологічних рішень при управлінні підприємствами з будівництва та реконструкції елеваторів» автореф. дис. ... канд. техн. наук Одеса, 2018р.
6. Дубельт Т. М. «Організаційно-технологічне моделювання реконструкції житлових будинків перших масових серій», автореф. дис. ... канд. техн. наук Одеса 2018р.
7. Черепашук Л.А., «Зведення малоповерхових будівель з енергоефективними огороджувальними конструкціями», автореф. дис. ... канд. техн. наук Одеса 2018р.

## References

1. Lobakova L.V. *Organizational modeling of building reconstruction during their reprofiling: abstract of the dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.23.08*. Odessa, 2016. 21 p.
2. Meneilyuk A.I., Ershov M.N., Nikiforov A.L., Meneilyuk I.A. *Optimization of organizational and technological solutions for the reconstruction of high-rise engineering structures*. Kyiv: LLC NVP "Interservice", 2016. 332 p.
3. *Innovations in Construction and Reconstruction* / A.V. Kovrov, O.I. Meneilyuk, T.M. Dubelt, A.F. Petrovsky, "Helvetika" 2022.
4. *Modern Technologies in Construction* / A.I. Meneilyuk, V.S. Dorofeev, L.E. Lukashenko, N.V. Oliynyk, V.I. Moskalenko, A.F. Petrovsky, V.G. Sokha, "Education of Ukraine" 2011.
5. Nikiforov O.L., "Optimization of organizational and technological solutions in managing construction and reconstruction enterprises of elevators": abstract of the dissertation for the degree of candidate of technical sciences, Odessa, 2018.
6. Dubelt T.M. "Organizational and technological modeling of the reconstruction of residential buildings of the first mass series": abstract of the dissertation for the degree of candidate of technical sciences, Odessa, 2018.
7. Cherepashchuk L.A., "Construction of low-rise buildings with energy-efficient enclosing structures": abstract of the dissertation for the degree of candidate of technical sciences, Odessa, 2018.

<sup>1</sup> **O. Meneiliuk**, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Chairman of Department of Technology of Building Industry. ORCID iD: 0000-0002-1007-309X.

<sup>2</sup> **D. Mankovskaia**, student of the Department of Technology of Building Industry of the .

<sup>1, 2</sup> Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Odessa.

## MANAGEMENT OF THE CONTINUITY OF THE CONSTRUCTION OF THE "AVIGNON" RESIDENTIAL COMPLEX

**Abstract.** *The article discusses the management of the construction period of the residential complex "Avignon," located in Odessa city near the sea coast, with changes in organizational factors. The residential complex consists of thirteen sections arranged in the form of rings, with a sports and children's playground in the courtyard. The rings comprise 12 typical sections (four rectangular and eight corner ones) with six floors and an attic, each of which has two levels of underground parking. Additionally, there is one non-standard section for a three-story trading pavilion (without parking) with a structural glass facade. The residential complex comprises buildings with a monolithic load-bearing frame, stiffness core, and piles foundation, as well as fencing structures made of a non-removable formwork based on new technological solutions. Different materials are used for the non-removable formwork on a steel frame.*

*A numerical experiment was conducted using project management software and correlation-regression analysis. The management of the construction period was modeled using Microsoft Project software, according to the selected plan of organizational factors' changes. The change in construction period was subsequently modeled in the COMPEX program. The obtained patterns allow for managing the construction period by changing the main organizational factors: the intensity of the use of working time and the combination of construction processes. The experimental-statistical modeling enables obtaining the limits of the construction period under the influence of the current constraints in the conditions of varying organizational factors. The obtained data can be further used by developers to establish their needs and limitations.*

**Keywords:** *management, construction period, residential complex, organizational factors, project management software, correlation-regression analysis.*