

Олександр Менейлюк¹, Віктор Руссий²

¹доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології будівельного виробництва
Одеська державна академія будівництва та архітектури (Одеса, Україна)

E-mail: pr.mai@ogasa.org.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1007-309X>

ResearcherID: [11952295](https://orcid.org/0000-0002-1007-309X), Scopus Author ID: [57219246915](https://orcid.org/0000-0002-1007-309X)

²здобувач ступеня доктора філософії, асистент кафедр технології будівельного виробництва та хімії та екології
Одеська державна академія будівництва та архітектури (Одеса, Україна)

E-mail: viruswot@odaba.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5884-2097>

ResearcherID: [HNC-2665-2022](https://orcid.org/0000-0002-5884-2097), Scopus Author ID: [57287814900](https://orcid.org/0000-0002-5884-2097)

**АНАЛІЗ ВІДОМИХ МЕТОДИК ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ
ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ БУДІВЕЛЬ**

Десятки тисяч будівель та споруд на території України пошкоджено внаслідок ведення воєнних дій та постійних терористичних атак. Відновлення будівель є трудомістким та витратним процесом і потребує вирішення цілого ланцюгу організаційно-технологічних та інших питань. Процес відновлення супроводжується обмеженістю наявних фінансових, матеріально-технічних та інших ресурсів. Тому аналіз сучасних методик пошуку ефективних рішень з відновлення є актуальним.

У статті виконано аналіз відомих методик, які використовуються для пошуку оптимальних рішень відновлення будівель. А саме: вибору найбільш ефективних конструктивно-технологічних рішень та визначенню оптимальних значень організаційно-економічних показників відновлення.

Проведений аналіз дозволи визначити, що розглянуту методику багатокритеріального аналізу можливо використати для вибору найбільш ефективних конструктивно-технологічних рішень відновлення цегляних стін. За допомогою методики експериментально-статистичного моделювання можливо визначити оптимальні значення організаційно-економічних показників відновлення пошкоджених будівель при накладенні діючих обмежень.

Ключові слова: багатокритеріальний аналіз; організаційно-економічні показники; конструктивно-технологічні рішення; відновлення пошкоджених будівель; оптимізація; експериментально-статистичне моделювання.

Рис.: 1. Бібл.: 29.

Актуальність теми дослідження. Будівлі та споруди на території України постійно піддаються негативному впливу воєнних дій та терористичних атак. Пошкоджено або зруйновано десятки тисяч будівель.

Відновлення пошкоджених будівель – це трудомісткий та високовартісний процес. Крім цього, при виконанні робіт з відновлення наявна обмеженість ресурсів – фінансових, матеріально-технічних та інших. Тому процес відновлення потребує використання найбільш ефективних будівельних рішень із залученням мінімальної кількості ресурсів.

За допомогою використання відомих методик оптимізації можливо вирішити цілий спектр питань із забезпечення ефективності відновлення, розв'язання яких не надається в офіційних нормативних документах та рекомендаціях України.

Тому аналіз сучасних методик пошуку ефективних рішень з відновлення є актуальним.

Постановка проблеми. Можливо застосувати різноманітні рішення при виконанні робіт з комплексного процесу відновлення пошкоджених будівель. Усе залежить від багатьох факторів: характеру та причин отриманих пошкоджень, характеру впливу вибуху, регіональних можливостей будівельних організацій, вимог нормативних документів, обмежень тривалості, фінансування та інших ресурсів. Крім цього, роботи з відновлення можуть проводитись у діючих будівлях та в обмежених просторових умовах.

Вибір найбільш ефективних рішень відновлення пошкоджених будівель повинен враховувати всю вищевказану проблему.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останніх публікаціях проаналізовано пошкодження будівель, отриманих унаслідок воєнних дій, та визначено, що найбільшу кількість пошкоджень отримали безкаркасні цегляні будівлі [1].

Визначено одне з основних супутніх пошкоджень – поява мереж тріщин та вибоїн у стінових конструкціях; традиційні та сучасні технології усунення цих недоліків [2; 3].

Серед наукових досліджень, присвячених різним аспектам вибору технології і організації будівельного виробництва та їх моделювання виділяються роботи О. І. Менейлюка [4-6], В. Р. Млодецького [7], О. А. Тугай [8], В. О. Галушко [9], І. М. Бабія [10], І. С. Чернова [11], Л. В. Лобакової [12], Л. А. Черепашук [13].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Попередній аналіз інформаційних джерел дозволив виявити найбільш розповсюджений тип пошкоджених будівель та технології усунення тріщин та вибоїв (основного виду пошкоджень цегляних стін). Однак наявно недостатньо праць щодо використання методик для вибору найбільш ефективних рішень комплексного процесу відновлення пошкоджених внаслідок військових дій будівель. Тому необхідно віднайти сучасні методики, які використовуються для підвищення ефективності комплексного процесу відновлення будівель.

Мета статті. Метою роботи є пошук методик, які можливо використати для вибору найбільш ефективних конструктивно-технологічних рішень та визначенню оптимальних значень організаційно-економічних показників відновлення пошкоджених будівель при накладенні діючих обмежень.

Виклад основного матеріалу. Виконання робіт із відновлення будівель, пошкоджених внаслідок військових дій, супроводжується цілим ланцюгом питань: організаційно-технологічних та конструктивних, умов проведення відновлення будівлі, можливостей матеріально-технічної бази, доступності сучасних технологій тощо. Тому для досягнення максимального результату при проведенні комплексу ремонтно-відновлювальних робіт із відновлення будівель необхідно визначити рівні ефективності застосування конструктивно-технологічних рішень [14-16].

Для визначення рівнів ефективності рішень потрібно виконати аналіз існуючих методів та умов проведення робіт з відновлення будівель [15]. При цьому слід враховувати традиційні та сучасні тенденції будівельного ринку, регіональні особливості та актуальність літературних джерел інформації. Використовувати насамперед такі інформаційні джерела: бібліотеки, наукометричні бази даних, наукові репозиторії тощо. Інформація, знайдена за допомогою інтернет-ресурсів, має кожний раз піддаватися сумнівам та проходити ретельну перевірку на її автентичність. Зокрема, шляхом звернення до експертного середовища, чисельних і натурних досліджень та розрахунків.

За допомогою методики багатокритеріального аналізу [15; 16] можливо визначити рівні ефективності конструктивно-технологічних рішень, що використовуються для комплексного процесу відновлення. Основою багатокритеріального аналізу є пошук конструктивно-технологічних рішень; можливості їх впровадження на тому чи іншому об'єкті будівництва. Для виконання цього завдання аналізуються інформаційні джерела.

Алгоритм вибору ефективних рішень за допомогою багатокритеріального аналізу представлений на рисунку 1 [15; 16].

Після визначення якісних і кількісних оцінок рішень та переведення їх в єдину бальну шкалу, отримані дані включають у «зведені таблиці» в програмному комплексі MS Excel. Надалі, за допомогою функції «зведена діаграма» MS Excel будуються та аналізуються діаграми масиву даних «зведених таблиць» [16]. Таким чином визначаються рівні ефективності кожного з порівнюваних рішень.

Наступним та останнім кроком методики є здійснення та однозначний вибір єдиного конструктивно-технологічного рішення з поетапним обґрунтуванням доцільності його використання [14-16]. Виключення рішень має бути послідовним і внутрішньо несуперечливим [16].

В управлінні будівельними процесами характерною ознакою є множинність рішень. Вибір ефективного рішення ускладнюється швидким розвитком будівельних технологій та методів організації будівництва. Проблему врахування множинності рішень вирішують за допомогою побудування різноманітних моделей.

Модель являє собою абстрактне відображення найбільш впливових властивостей, процесів і взаємозв'язків реальних систем [17; 18]. Модель – це умовний образ об'єкта, сконструйований для спрощення його дослідження [19].

Визначити оптимальні значення організаційно-економічних показників можливо за допомогою побудови певної кількості моделей (наприклад кошторисних та організаційно-технологічних графіків виконання робіт). Моделі створюються за допомогою спеціалізованих програмних комплексів [20].

Інформаційні моделі розрізняють на описові, табличні та ієрархічні. Для визначення ефективних будівельних рішень найбільш наочними є табличні та графічні моделі, зокрема кошторисні розрахунки та графіки виконання робіт [21].

Кошторисні розрахунки відображають дані про технологічні процеси та їх собівартість. Скласти ці розрахунки можливо за допомогою різноманітних кошторисоутворюючих програм: АС-4, АВК-5, АКР-2, АКР-3, ІВК, ТК-ІДС, Експерт-Смета, Смета-Лідер та ін. [20, 22].

Основними графічними моделями служать лінійні графіки, циклограми та мережеві графіки [23].

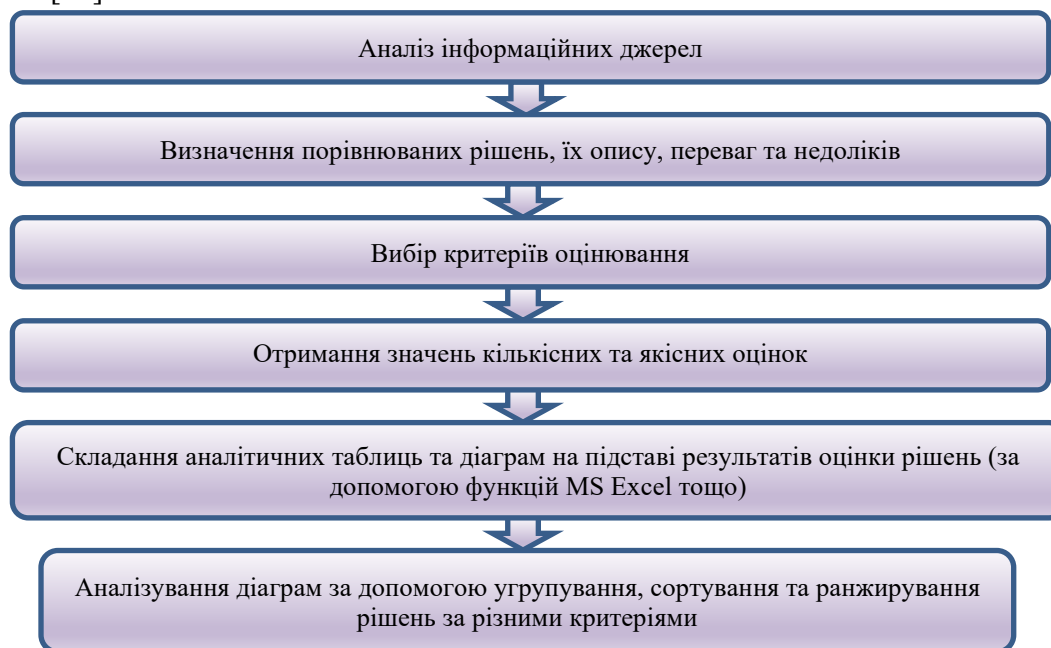


Рис. 1. Алгоритм багатокритеріального аналізу

Вибір програмного засобу при моделюванні здійснюється з урахуванням специфіки процесів відновлення будівель, можливостями його використання на даному об'єкті для вирішення поставлених завдань [24; 25].

Для складання графічних моделей використовують такі спеціалізовані програмні комплекси: MS Project, Primavera, Spider Project, АС-4-Графік, Р6 та ін. [15; 22].

Для проведення оптимізації організаційно-економічних показників відновлення виконується побудова необхідної кількості моделей згідно з обраними планів експериментів. Ці моделі є відображення багатьох аспектів математичної статистики і теорії планування експериментів. Визначити аналітичні та графічні залежності отриманих значень показників відновлення від варійованих факторів можливо отримати за допомогою використання методики експериментально-статистичного моделювання в програмному комплексі ComrEx 2009.01. За допомогою теорії планування експериментів в програмному комплексі ComrEx 2009.01 реалізуються побудовані кошторисні та графічні моделі, виконується їх дослідження – тобто проведення обчислювального експерименту [15; 26]. У результаті виконання аналізу отриманих залежностей можливо віднайти оптимальні значення показників відновлення та відповідні поєднання факторів. Процес пошуку оптимальних значень показників відновлення може включати накладення діючих обмежень на отримані залежності з метою врахування особливостей процесів, що моделюються [22; 27].

Експериментально-статистичне моделювання дозволяє вирішити такі завдання [28; 29]:

- мінімізація витрат інтелектуальних, часових та матеріальних ресурсів при пошуку потрібного інженерного результату;

- підвищення достовірності й інформативності експериментальних досліджень;
- покращення якості продукції та її конкурентної спроможності, пошук шляхів ресурсозбереження при забезпеченні потрібних значень показників якості.

Висновки. Проведений аналіз дозволив встановити існуючі методики, які можливо використовувати для пошуку ефективних рішень комплексного процесу відновлення пошкоджених будівель.

Аналіз сутності розглянутих методик дозволив встановити наступне:

- методику багатокритеріального аналізу можливо використати для вибору найбільш ефективних конструктивно-технологічних рішень відновлення цегляних стін;

- за допомогою методики експериментально-статистичного моделювання можливо визначити оптимальні значення організаційно-економічних показників відновлення пошкоджених будівель при накладенні діючих обмежень.

Список використаних джерел

1. Менеїлюк О. І. Аналіз характерних пошкоджень будівель та споруд отриманих в результаті військових дій. / О. І. Менеїлюк, В. В. Руссий // Збірник тез доповідей 77-ї науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу академії (Одеса, 13-14 трав. 2021 р.). – Одеса : ОДАБА, 2021. – С. 3.

2. Менеїлюк О. І. Традиційні та сучасні технології відновлення цегляних будівель / О. І. Менеїлюк, В. В. Руссий // Нові матеріали і технології в будівництві : зб. тез доп. XXXI всеукр. конф. здобувачів вищ. освіти і молод. вчених (Одеса, 1-2 черв. 2021 р.). – Одеса : ОДАБА, 2021. – С. 359-363.

3. Менеїлюк, А. І. Инновации в строительстве и реконструкции / А. И. Менеїлюк, Т. М. Дубельт, И. А. Менеїлюк. – Київ : ТОВ НВП «Інтерсервіс», 2018. – 650 с.

4. Менеїлюк А. И. Выбор эффективных организационно-технологических решений возведения жилых зданий / А. И. Менеїлюк, И. С. Чернов // Будівельне виробництво. – 2012. – № 54. – С. 98-100.

5. Оптимизация организационно-технологических решений реконструкции высотных инженерных сооружений / А. И. Менеїлюк, М. Н. Ершов, А. Л. Никифоров, И. А. Менеїлюк. – Київ : ТОВ НВП «Інтерсервіс», 2016. – 332 с.

6. Менеїлюк А. И. Изменение экономических показателей проекта по утеплению фасадов зданий путём варьирования организационно технологических факторов / А. И. Менеїлюк, И. Н. Бабий, А. М. Каминская-Пинаева // Будівельне виробництво. – 2015. – № 59. – С. 62-65.

7. Млодецький В. Р. Концепція надійності в організації будівельного виробництва / В. Р. Млодецький // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2014. – № 4. – С. 19-24.

8. Тугай О. А. Календарне планування в сучасних умовах / О. А. Тугай // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – Київ : КНУБА, 2015. – Вип. 34. – С. 31-39.

9. Галушко В. А. Исследование технологии закрепления теплоизоляционного материала в фасадных системах / В. А. Галушко, И. Н. Бабий, А. А. Борисов // Forum International pour le Developpement de l'Education et des Sciences. Actes des conferences dans le forum international pour le developpement de l'education et des science en 2009/ CIES 2009/ FIDES 2009/ PH. D/ THESIS 2009 en langues etrangeres. – Paris, France, 2009. – P. 128-131.

10. Бабий И. Н. Влияние организационно-технологических решений и технико-экономические показатели проекта утепления фасадов / И. Н. Бабий, А. И. Каминская-Пинаева // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2016. – № 9 (222). – С. 42-48.

11. Чернов І. С. Вибір ефективних моделей зведення житлових будівель при фінансовій ситуації, що змінюється : автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.23.08, «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» / І. С. Чернов. – Одеса, 2013. – 20 с.

12. Лобакова Л. В. Організаційне моделювання реконструкції будівель при їх перепрофілюванні : автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.23.08, «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» / Л. В. Лобакова. – 2016. – 21 с.
13. Черепашук Л. А. Зведення малоповерхових будівель з енергоефективними огорожувальними конструкціями : автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.23.08, «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» / Л. А. Черепашук. – Одеса, 2018. – 24 с.
14. Меньлюк А. И. Выбор эффективных организационно-технологических решений возведения жилых зданий / А. И. Меньлюк, И. С. Чернов // Будівельне виробництво. – 2012. – № 54. – С. 98-100.
15. 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.
16. Меньлюк А. И. Методичні вказівки з дисципліни «Інновації в будівництві» / А. И. Меньлюк, О. Л. Никифоров. – Одеса : ОДАБА 2018. – 54 с.
17. Kowalski S. M. A Modified Path of Steepest Ascent for Split-Plot Experiments. / S. M. Kowalski, C. M. Borrer, D. C. Montgomery // Journal of Quality Technology. – 2005. – № 37. – Pp. 75-83.
18. Осипов А. Ф. Адаптивные динамически трансформирующиеся технологические системы. Методология проектирования организационно-технологических решений реконструкции зданий : монография / А. Ф. Осипов. – Киев : ФОРМ Ямчинський О. В., 2022. – 393 с.
19. Дорош А. М. Організація будівельного виробництва : навч. посіб. / А. М. Дорош. – Київ : Аграрна освіта, 2011. – 255 с.
20. Lee S. Customer interactive building information modeling for apartment unit design / S. Lee, M. Ha // Automation in Construction. – 2013. – V. 35. – P. 424-430.
21. Ковальчук, Я. О. Технологія та організація будівництва / Я. О. Ковальчук. – Тернопіль : ТНТУ, 2017. – 191 с.
22. Лобакова Л. В. Організаційне моделювання реконструкції будівель при їх перепрофілюванні : автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.23.08, «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» / Л. В. Лобакова. – Одеса, 2016. – 21 с.
23. Білецький А. А. Організація і технологія будівельних робіт / А. А. Білецький. – Рівне : НУВГП, 2007. – 202 с.
24. Організація будівництва. Теорія і практика організації, планування та управління будівельним виробництвом : навч. посіб. / О. В. Редкін та ін. – Харків : ТОВ «Компанія» СМІТ, 2009. – 304 с.
25. Benoist T. Subcontractors scheduling on residential. Building construction sites / T. Benoist, A. Jeanjean, G. Rochart // Quentin en Yvelines. – France, 2006.
26. Вознесенский, В. А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В. А. Вознесенский, Т. В. Ляшенко, Б. Л. Огарков. – Київ : Вища шк., 1989. – 328 с.
27. Using Genetic Algorithms to Generate Mixture-Process Experimental Designs Involving Control and Noise Variables / H. B. Goldfarb, C. M. Borrer, D. C. Montgomery, C. M. Anderson-Cook // Journal of Quality Technology. – 2005. – № 37. – P. 60-74.
28. Ковальов В. В. Систематизація організаційно-технологічних та інших факторів, які впливають на вартість будівництва об'єктів, з урахуванням вимог щодо їх енергоефективності і екологічності / В. В. Ковальов, Т. В. Данилова, С. В. Спіфанцева // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2018. – № 6. – С. 57-64.
29. Вовк С. Н. Математический эксперимент и научное познание / С. Н. Вовк. – Киев : Вища Школа, 1984. – 195 с.

References

1. Meneiliuk, O. I., & Rusyyi, V.V. (2021). Analiz kharakternykh poshkodzhen budivel ta sporud otrymanykh v rezultati viiskovykh dii [Analysis of characteristic damage to buildings and structures resulting from military operations]. *Zb. tez dopovidei 77-yi naukovo-tekhnichnoi konferentsii prof.-vykl. skladu akademii– Collection of abstracts of reports of the 77th scientific and technical conference of the professorial staff of the academy* (p. 3). ODABA.
2. Meneiliuk, O.I., & Rusyyi, V.V. (2021). Tradytiini ta suchasni tekhnolohii vidnovlennia tshlianykh budivel [Traditional and modern technologies of restoration of brick buildings]. *Zb. tez dopovidei XXXI vseukrainskoi konferentsii здобувачив вищої освіти і молодих вчених «Novi materialy i tekhnolohii v budivnytstvi» – New materials and technologies in construction: coll. theses add. XXXI All-Ukrainian conf. university graduates education and youth. of scientists* (pp. 359-363). ODABA.

3. Meneiliuk, A.I., Dubelt, T.M., Meneiliuk, I.A. (2018). *Innovatsii v stroitelstve i rekonstruktsii [Innovations in construction and reconstruction]*. TOV NVP «Interservis».
4. Meneiliuk, A.I., & Chernov, I.S. (2012). Vybory effektivnykh organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenii vozvedeniia zhilykh zdaniy [The choice of effective organizational and technological solutions for the construction of residential buildings]. *Budivelne vyrobnytstvo – Building production*, (54), 98-100.
5. Meneiliuk, A.I., Ershov, M.N., Nikiforov, A.L., & Meneiliuk, I.A. (2016). *Optimizatsiia organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenii rekonstruktsii vysotnykh inzhenernykh sooruzhenii [Optimization of organizational and technological solutions for the reconstruction of high-rise engineering structures]*. TOV NVP «Interservis».
6. Meneiliuk, A.I., Babii, I.N., & Kaminskaia-Pinaeva, A.M. (2015). Izmenenie ekonomicheskikh pokazatelei proekta po utepleniu fasadov zdaniy putem varirovaniia organizatsionno tekhnologicheskikh faktorov [Changing the economic indicators of the project for the insulation of facades made by varying the organizational technological factors]. *Budivelne vyrobnytstvo – Building production*, (59), 62-65.
7. Mlodetskyi, V.R. (2014). Kontseptsii nadiinosti v orhanizatsii budivelnoho vyrobnytstva [The concept of reliability in the organization of construction production]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury – Bulletin of the Dnipro State Academy of Construction and Architecture*, (4), 19-24.
8. Tuhai, O.A. (2015). Kalendarnye planuvannia v suchasnykh umovakh [Calendar planning in modern conditions]. *Zb. nauk. prats «Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn» – Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations*, 34, 31-39.
9. Galushko, V.A., Babii, I.N., & Borisov, A.A. (2009). Issledovanie tekhnologii zakrepleniia teploizoliatsionnogo materiala v fasadnykh sistemakh [Study of the technology of fixing heat-insulating material in facade systems]. *Forum International pour le Developpement de l'Education et des Sciences. Actes des conferences dans le forum international pour le developpement de l'education et des science en 2009/ CIES 2009/ FIDES 2009/ PH. D/ THESIS 2009 en langues etrangeres* (pp. 128-131).
10. Babii, I.N., & Kaminskaia-Pinaeva, A.I. (2016). Vliianie organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenii i tekhniko-ekonomicheskie pokazateli proekta utepeniia fasadov [Influence of organizational and technological decisions and technical and economic indicators of the facade insulation project]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury – Bulletin of the Dnipro State Academy of Construction and Architecture*, (9(222)), 42-48.
11. Chernov, I.S. (2013). *Vybir effektivnykh modelei zvedennia zhytlovykh budivel pry finansovoi sytuatsii, shcho zminiuietsia [Selection of effective models for the construction of residential buildings in a changing financial situation]* [PhD dissertation; Odesa].
12. Lobakova, L.V. (2016). *Orhanizatsiine modeliuvannia rekonstruktsii budivel pry yikh pereprofiluvanni [Organizational modeling of reconstruction of buildings during their repurposing]* [PhD dissertation; Odesa].
13. Cherepashchuk, L.A. (2018). *Zvedennia malopoverkhovykh budivel z enerhoefektyvnymy ohorodzhuvalnymy konstruktsiiamy [Construction of low-rise buildings with energy-efficient enclosing structures]* [PhD dissertation; Odesa].
14. Meneiliuk, A.I., & Chernov, I.S. (2012). Vybory effektivnykh organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenii vozvedeniia zhilykh zdaniy [The choice of effective organizational and technological solutions for the construction of residential building]. *Budivelne vyrobnytstvo – Building production*, (54), 98-100.
15. Meneiliuk, A.I., Ershov, M.N., Nikiforov, A.L., & Meneiliuk, I.A. (2016). *Optimizatsiia organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenii rekonstruktsii vysotnykh inzhenernykh sooruzhenii [Optimization of organizational and technological solutions for the reconstruction of high-rise engineering structures]*. TOV NVP «Interservis».
16. Meneiliuk, A.I., & Nikiforov, O.L. (2018). *Metodychni vkazivky z distsypliny «Innovatsii v budivnytstvi» [Methodical guidelines for the discipline «Innovations in construction»]*. ODABA.
17. Kowalski, S.M., Borrer, C.M., & Montgomery, D.C. (2005). A Modified Path of Steepest Ascent for Split-Plot Experiments. *Journal of Quality Technology*, 37, 75–83.

18. Osypov, A.F. (2022). *Adaptivnye dinamicheski transformiruiushchiesia tekhnologicheskie sistemy. Metodologiya proektirovaniia organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenii rekonstruktsii zdaniia* [Adaptive mature transforming technological systems. Methodology for designing organizational and technological solutions for the reconstruction of buildings] (2nd ed.). FOP Yamchynskiy O. V.
19. Dorosh, A.M. (2011). *Orhanizatsiia budivelnoho vyrobnytstva* [Organization of construction production]. Ahrarna osvita.
20. Lee, S., & Ha, M. (2013). Customer interactive building information modeling for apartment unit design. *Automation in Construction*, 35, 424–430.
21. Kovalchuk, Ya.O. (2017). *Tekhnolohiia ta orhanizatsiia budivnytstva* [Construction technology and organization]. TNTU.
22. Lobakova, L.V. (2016). *Orhanizatsiine modeliuвання rekonstruktsii budivel pry yikh pereprofiluванні* [Organizational modeling of reconstruction of buildings during their repurposing] [PhD dissertation; Odesa].
23. Biletskyi, A.A. (2007). *Orhanizatsiia i tekhnolohiia budivelnykh robot* [Organization and technology of construction works]. NUVHP.
24. Redkin, O.V. (2009). *Orhanizatsiia budivnytstva. Teoriia i praktyka orhanizatsii, planuvannya ta upravlinnia budivelnym vyrobnytstvom* [Organization of construction. Theory and practice of organization, planning and management of construction production]. TOV «Kompaniia» SMIT.
25. Benoist, T., Jeanjean, A., & Rochart, G. (2006). *Subcontractors scheduling on residential. Building construction sites*. Quentin en Yvelines.
26. Voznesenskii, V.A., Liashenko, T.V., & Ogarkov, B.L. (1989). *Chislennyye metody resheniia stroitelno-tekhnologicheskikh zadach na EVM* [Numerical methods of solving construction and technological problems on a computer]. Vishcha shkola.
27. Goldfarb, H.B., Borrer, C.M., Montgomery, D.C., & Anderson-Cook, C.M. (2005). Using-Genetic Algorithms to Generate Mixture-Process Experimental Designs Involving Control and Noise Variables. *Journal of Quality Technology*, 37, 60–74.
28. Kovalov, V.V., Danylova, T.V., & Yepifantseva, S.V. (2018). Systematyzatsiia orhanizatsiino-tekhnolohichnykh ta inshykh faktoriv, yaki vplyvaiut na vartist budivnytstva obiektiv, z urakhuvanniam vymoh shchodo yikh enerhoefektyvnosti i ekolohichnosti [Systematization of organizational, technological and other factors that affect the cost of construction of objects, taking into account the requirements for their energy efficiency and environmental friendliness]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury – Bulletin of the Dnipro State Academy of Construction and Architecture*, (6), 57–64.
29. Vovk, S.N. (1984). *Matematicheskii eksperiment i nauchnoe poznanie* [Mathematical experiment and scientific knowledge]. Vyshcha Shkola.

Отримано 05.06.23

UDC 69.059:69.003

Oleksandr Menelyuk¹, Victor Russyi²¹Doctor of Science, Professor, Head of the Department of technology of building production

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odessa, Ukraine)

E-mail: pr.mai@ogasa.org.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1007-309X>ResearcherID: [11952295](https://orcid.org/11952295), Scopus Author ID: [57219246915](https://orcid.org/57219246915)²PhD student, assistant of the departments of technology of construction and of chemistry and ecology

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odessa, Ukraine).

E-mail: viruswot@odaba.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5884-2097>ResearcherID: [HHC-2665-2022](https://orcid.org/HHC-2665-2022), Scopus Author ID: [57287814900](https://orcid.org/57287814900)**ANALYSIS OF KNOWN METHODS FOR FINDING OPTIMAL SOLUTIONS FOR THE RESTORATION OF DAMAGED BUILDINGS**

Dozens of thousands of buildings and structures in Ukraine have been damaged as a result of military actions and constant terrorist attacks. The recovery of buildings is a labor-intensive and costly process that requires addressing a whole range of organizational and technological issues. The recovering process is constrained by limited financial, material, technical, and other resources. Therefore, the analysis of modern methods for finding effective recovering solutions is relevant.

Preliminary analysis of information sources has revealed the most common type of damaged buildings and technologies for crack and cavity removal (main types of damage to brick walls). However, there is insufficient research on the use of methods for selecting the most effective solutions for the comprehensive recovering process of buildings damaged by military actions. Hence, it is necessary to identify contemporary methodologies used to enhance the efficiency of the comprehensive recovering process of damaged buildings.

This article presents an analysis of known methods used for finding optimal solutions, specifically, selecting the most effective structural and technological solutions and determining the optimal values of organizational and economic indicators for recovering.

The conducted analysis allowed identifying existing methodologies that can be used for finding effective solutions in the comprehensive recovering process of damaged buildings.

The analysis revealed that the considered multi-criteria analysis methodology can be employed to select the most effective structural and technological solutions for the recovering of brick walls. The experimental-statistical modeling methodology can be used to determine the optimal values of organizational and economic indicators for the recovering of damaged buildings while imposing existing constraints.

Keywords: multicriteria analysis; organizational and economic indicators; constructive-technological solutions; reconstruction of damaged buildings; optimization; experimental and statistical modeling.

Fig.: 1. References: 29.