МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ФІРСОВ ДМИТРО ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 692.82:728.1-048.34

ДИСЕРТАЦІЯ
ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ МОНТАЖУ ОГОРОДЖУЮЧИХ ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія
Галузь знань: 19 – Архітектура та будівництво
Подається на здобуття наукового ступеню доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання чужих ідей, результатів і текстів мають посилання на відповідне джерело
_____Д. В. Фірсов
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник
Осипов Олександр Федорович, доктор технічних наук, професор
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
Панько Олексій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Київ – 2026

АНОТАЦІЯ

Фірсов Д. В. Оптимізація процесу монтажу огороджуючих віконних конструкцій житлових будівель. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія. Галузь знань: 19 – Архітектура та будівництво. — Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2026.

В останні роки ми маємо стрімкий розвиток будівельної галузі не тільки в Україні, а і в цілому світі. Матеріали, устаткування, технології – все це проходить шлях стрімкого інноваційного оновлення, та змінює згодом наше відношення до певних аспектів. Враховуючи розвиток будівельної галузі в цілому, ми вже не можемо не приділяти увагу світлопрозорим огороджувальним конструкціям оскільки вони здійснюють безпосередній вплив на якість нашого життя. Естетичний вигляд будівель у сучасному місті, важливий елемент дизайну всередині приміщення, експлуатаційна зручність, економічна вигода, питання безпеки – усі ці фактори дуже важливі для будь-якої країни.

Аналіз і узагальнення практичного досвіду і наукових робіт в області оптимізації організаційних і технологічних рішень монтажу світлопрозорих конструкцій, дозволяє зробити висновок, що незважаючи на широке коло виконаних досліджень, питання обґрунтування та вибору оптимальних рішень недостатньо вивчено і вимагає подальшого розгляду наукових комплексних обґрунтувань та розробки методичного забезпечення проектування організаційно-технологічних рішень монтажу світлопрозорих конструкцій.

Основна мета дисертаційної роботи присвячена підвищенню ефективності виконання процесу монтажу віконних конструкцій комплексу житлових будівель на основі розробки та обґрунтування оптимальних організаційно-технологічних моделей та технологічних рішень виконання комплексу монтажних процесів в умовах великомасштабного будівництва.

У **вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми дисертаційного дослідження, встановлено мету і завдання роботи, сформульовано головне протиріччя, встановлено предмет та об’єкт дослідження. Для вирішення поставленої мети розроблена загальна методика дослідження, встановлено наукова новизна та практичне значення одержаних результатів, а також наведено особистий внесок здобувача.

У **першому** розділі проведено аналіз соціально-економічних та технологічних передумов розробки сучасних методів виконання монтажу світлопрозорих конструкцій. Проведено аналіз сучасного стану технології та організації виконання монтажу віконних конструкцій житлових будівель та комплексів. Також проведено аналіз наукових досліджень, нормативної бази та досвіду європейських країн щодо технології монтажу світлопрозорих конструкцій. За результатами проведених досліджень зроблено висновок про недостатність науково-методичного забезпечення розробки та обґрунтування процесу монтажу світлопрозорих конструкцій. Особливо це стосується факторів, що впливають на вибір методів монтажу віконних конструкцій.

У **другому** розділі проведено дослідження факторів, які впливають на вибір раціональних методів монтажу світлопрозорих конструкцій. Наведена методика дослідження і проведена систематизація факторів, впливаючих на вибір раціональних методів монтажу. Формування сукупності факторів, що впливають на вибір раціональних методів монтажу віконних конструкцій здійснено вирішенням задач: 1) формування вихідної множини факторів, що впливають на вибір технології монтажу; 2) встановлення значущості сформованих груп факторів методом експертного опитування; 3) статистичний аналіз факторів, які мають найбільший вплив на вибір технології монтажу світлопрозорих конструкцій. Проведена класифікація факторів, що впливають на вибір раціональних методів монтажу віконних конструкцій, враховуючи вид будівництва (нове будівництво, ремонт або відновлення в існуючій забудові, реконструкція), його обсяги, організаційні умови та обмеження, його конструктивні та технологічні особливості, характеристичні параметри об’єкту

будівництва (об’ємно-планувальні і конструктивні рішення). Дослідження факторів проведено на спеціально відібраних об’єктах-представниках із 35 найменувань. На основі аналізу статистичних даних, які були зібрані на об’єктах-представниках, сформовані характеристичні параметри ідеального об’єкту будівництва для визначення обсягів монтажу світлопрозорих конструкцій. Ціль ідеальної моделі – вивчення взаємодії спеціалізованих потоків, а її цільовою функцією – взаємодії за визначеною ціллю.

У **третьому** розділі проведено дослідження та обґрунтування оптимальних раціональних методів монтажу віконних конструкцій. Формування можливих методів монтажу віконних конструкцій виконано на основі виділених метод-утворюючих ознак, встановлених за результатами систематизації та узагальнення будівельно-технологічних характеристик та умов виконання монтажу. Проведена послідовна комбінація метод-утворюючих ознак надала можливість скомбінувати всі варіанти методів монтажу віконних конструкцій. Задля дослідження та обґрунтування системи організаційно-технологічних рішень процесу монтажу світлопрозорих конструкцій побудовані ідеальні моделі взаємодії процесів, які охоплюють множину всіх врахованих факторів (характеристичних параметрів будівництва, досконалість організаційно-технологічних рішень і обмеження), а також зводять їх до певного мінімуму, шляхом умовного членування фронту робіт по висоті, на яруси. Межі та розміри ділянок та захваток, у межах кожного ярусу, призначаються з урахуванням забезпечення загальної просторової стійкості. Результатом моделювання взаємодій – є обґрунтована раціональна структура об'єктних потоків та організаційно-технологічних заходів, що змінюється залежно від групи методів. Припустивши, що існує залежність між використанням різних варіантів монтажу світлопрозорих конструкцій та показниками питомої собівартості і виробітку бригади, виконане моделювання та оптимізація структури монтажу за варіантами: монтаж з використанням ізоляційних стрічок, виносний монтаж за допомогою систем зі спіненого полістиролу та виносний монтаж за допомогою систем з ПВХ. Встановлено, що використання систем виносного монтажу значно

знижує питому собівартість, та збільшує виробіток бригади, що у подальшому впливає на загальний процес будівництва. Для виявлення множини процесів монтажу віконних конструкцій здійснена оцінка впливу факторів в процесі скління ідеального об’єкту будівництва розрахунковим методом на сформованій множині характеристичних параметрів ідеального об’єкту будівництва з використанням програми Майкрософт Ексель. На основі математичного моделювання і дослідження техніко-економічної ефективності процесу монтажу встановлено найбільш ефективні рішення, враховуючи залежності величин виробітку бригади та питомої собівартості, виконані експериментальні моделювання окремих заходів розробленої системи організаційно-технологічних рішень. Для автоматизації процесів систематизації вхідної інформації, яка стосується варіантів монтажу і параметрів об’єкту будівництва, розроблено підпрограма, яка дозволяє підвищити ефективність виконання робіт.

У **четвертому** розділі наведена методика вибору технології монтажу світлопрозорих конструкцій. В основу цієї методики покладено:

- системний підхід, що забезпечує максимально широкий облік факторів, що впливають та умов монтажу при виборі та обґрунтуванні раціональних варіантів;

- цілеспрямований синтез можливих методів монтажу віконних конструкцій залежно від виду будівництва, будівельно-технологічних параметрів конструкцій, будинка в цілому, а також впливових груп факторів та умов виконання робіт;

- використання технологічних рішень та методів монтажу віконних конструкцій, що мають наукове та техніко-економічне обґрунтування;

- використання багатокритеріальних методів технологічного та техніко-економічного обґрунтування раціональних варіантів, в основі яких полягає система різнорідних критеріїв, що мають кількісну чи якісну, техніко-економічну чи технологічну сутність, та методологію їх використання.

Перевірки теоретичних і практичних положень здійснені на реальних об’єктах будівництва, що дозволило знизити трудомісткість і тривалість

монтажних робіт під час розробки розділів ПОБ і ПВР, та спростити обґрунтування та вибір оптимальних організаційно-технологічних рішень процесів будівництва. Також результати досліджень щодо оптимізації процесу монтажу огороджуючих віконних конструкцій житлових будівель безпосередньо пов'язані зі виданням навчального посібника «Монтажник віконних та дверних конструкцій» який був створений в процесі реалізації проєкту Благодійного фонду «Людина» та Німецьким товариством по міжнародній співпраці GIZ для студентів закладів профтехосвіти за спеціальністю «Монтажник віконних та дверних конструкцій, майстер з монтажу вентильованих фасадів та світлопрозорих конструкцій», а також планує використовуватися у навчальному процесі та при виконанні практичних робіт студентами. В запланований на 2026-2027р.р. перший в Україні курс лекцій для студентів закладів профтехосвіти денного та заочного форм навчання також включені розділи, що стосуються сучасних методів виконання монтажних робіт в умовах великомасштабного будівництва, капітального ремонту, реконструкції та повоєнного відновлення будівель.

Подальші дослідження можуть просуватися у таких напрямках:

- систематизація будівельно-технологічних параметрів віконних конструкцій різних періодів будівництва та вихідного функціонального призначення (культові споруди, споруди оборонного характеру, палацові споруди, торгівельні споруди, та ін.);

- вдосконалення розробленої системи методів монтажу в частині врахування періодів будівництва та функціонального призначення будівлі, а також нових методів будівництва;

- оптимізація технологічних параметрів та режимів виконання всього комплексу монтажних процесів віконних конструкцій;

- дослідження та обґрунтування галузі раціонального використання нових будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, що володіють високою довговічністю та стійкістю до впливів навколишнього середовища, що мають

необхідні властивості, механічні та міцнісні характеристики, обов’язкова можливість подальшої переробки.

Ключові слова: віконні конструкції, оптимізація організаційно-технологічних рішень, енергозбереження, організаційно-технологічні моделі процесу монтажу, раціональні методи монтажу, енергоефективні рішення, системи виносного монтажу світлопрозорих конструкцій.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Список публікацій здобувача, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Осипов О. Ф., Фірсов Д. В. Сучасні тенденції у застосуванні віконних систем з ПВХ та методів організації та виконання монтажу віконних конструкцій у будівництві. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. № 55 (2). С. 11–19. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(2).11-19.

(Особистий внесок: проведено аналіз сучасних рішень процесу монтажу)

2. Осипов О. Ф., Фірсов Д. В. Дослідження факторів, що впливають на вибір раціональної технології монтажу світлопрозорих конструкцій. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. № 56 (1). С. 64–70. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).64-70.

(Особистий внесок: проведено аналіз факторів, що впливають на вибір раціональних методів монтажу)

3. Osypov O., Firsov D., Bondarenko M. Justification of rational methods of installation of PVC window structures. *The Scientific Heritage*. 2026. No. 178. P. 4–8. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.18614834.

(Особистий внесок: систематизація будівельно-технологічних характеристик і умов виконання монтажних робіт, встановлення системи метод-утворюючих ознак, що описують особливості монтажу житлових будівель).

4. Фірсов Д. В. Дослідження та обґрунтування раціональних організаційно-технологічних моделей монтажу віконних конструкцій. *Шляхи підвищення ефективності будівництва.* 2026. № 57 (2). С. 235–241. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2026.57(2).235-241.

Список публікацій здобувача, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Бондаренко М. М., Фірсов Д. В. Проблеми влаштування світлопрозорих огороджувальних конструкцій: технологічний та організаційний аспекти. *VIII Міжнародна науково-технічна конференція «Ефективні технології в*

будівництві» : програма та тези доповідей, м. Київ, 15–16 листопада 2023 р. Київ : Ліра-К, 2023. С. 191.

(Особистий внесок: проведено аналіз організації процесу монтажу віконних конструкцій у сучасному будівництві)

2. Фірсов Д. В., Осипов О. Ф. Сучасні технології монтажу світлопрозорих конструкцій. *IX Міжнародна науково-технічна конференція «Ефективні технології в будівництві»* : програма та тези доповідей, м. Київ, 16–17 жовтня 2024 р. Київ : Ліра-К, 2024. С. 183.

(Особистий внесок: проведений аналіз енергоефективних рішень процесу монтажу світлопрозорих конструкцій)

3. Осипов О. Ф., Фірсов Д. В. Методика дослідження та групування факторів, що впливають на вибір раціональної системи застосування віконних та дверних конструкцій з ПВХ у пам'ятках архітектури. *X Міжнародна науково-технічна конференція «Ефективні технології в будівництві»* : програма та тези доповідей, м. Київ, 24–25 листопада 2025 р. Київ : Ліра-К, 2025. С. 123.

(Особистий внесок: проведений аналіз рішень процесу монтажу віконних конструкцій під час реставрації або відновлення будівель)

Список публікації здобувача, які додатково відображають наукові результати дисертації:

1. Литвин В., Олійник Н., Мудрак В., Фірсов Д. та ін. Монтажник віконних та дверних конструкцій : навчальний посібник / за ред. В. Лемещенко-Лагоди, А. Ізовіти. Одеса : Гельветика, 2023. 121 с. ISBN 978-617-554-128-9.

(Особисто автором проведено аналіз факторів впливу на техніко-економічні характеристики процесу монтажу (с. 34–43, 72–74))

2. Бондаренко М. М., Орленко М. О., Фірсов Д. В. Сучасні аспекти проєктування та технології монтажу світлопрозорих конструкцій : монографія. Київ : Ліра-К, 2026. 117 с. ISBN 978-617-9002-20-5.

(*Особистий внесок: підготовка розділу «Особливості технології монтажу світлопрозорих конструкцій»*)

ABSTRACT

Firsov D. V. Optimization of the installation process for window enclosure structures in residential buildings. – Qualifying scientific work (manuscript).

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 192 – Construction and Civil Engineering. Field of knowledge: 19 – Architecture and Construction. — Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, 2026.

In recent years, we have witnessed a rapid development of the construction industry both in Ukraine and globally. Materials, equipment, and technologies are undergoing rapid innovative updates, subsequently altering our attitude toward certain aspects. Considering the overall development of the construction industry, we can no longer ignore translucent enclosing structures, as they directly impact our quality of life. The aesthetic appearance of buildings in a modern city, important interior design elements, operational convenience, economic benefits, and safety issues are all critical factors for any country.

The analysis and generalization of practical experience and scientific research in the field of optimizing organizational and technological solutions for the installation of translucent structures allow us to conclude that, despite a wide range of completed studies, the issues of justifying and selecting optimal solutions remain insufficiently explored and require further comprehensive scientific justification as well as the development of methodological support for designing organizational and technological solutions for the installation of translucent structures.

The main purpose of the dissertation research is to increase the efficiency of the window structure installation process in a complex of residential buildings based on the development and substantiation of optimal organizational and technological models and technological solutions for executing a complex of installation processes under conditions of large-scale construction.

The **Introduction** substantiates the relevance of the chosen research topic, defines the goal and tasks of the work, formulates the main contradiction, and establishes the subject and object of the research. To achieve the set goal, a general

research methodology has been developed, the scientific novelty and practical significance of the obtained results are established, and the applicant's personal contribution is presented.

Section 1 analyzes the socio-economic and technological prerequisites for developing modern methods of installing translucent structures. An analysis of the current state of technology and organization of window installation for residential buildings and complexes is conducted. Furthermore, an analysis of scientific research, regulatory frameworks, and the experience of European countries regarding the installation technology of translucent structures is performed. Based on the research conducted, it is concluded that there is a lack of scientific and methodological support for developing and justifying the installation process of translucent structures, particularly regarding the factors influencing the choice of window installation methods.

Section 2 investigates the factors influencing the choice of rational installation methods for translucent structures. A research methodology is presented, and the systematization of factors affecting the choice of rational installation methods is carried out. The formation of the set of factors influencing the choice of rational window installation methods was accomplished by solving the following tasks: 1) forming the initial set of factors influencing the choice of installation technology; 2) determining the significance of the formed factor groups through expert surveying; 3) statistical analysis of the factors having the greatest impact on the choice of translucent structure installation technology. A classification of factors influencing the choice of rational window installation methods was carried out, taking into account the type of construction (new construction, repair or restoration in existing urban environments, reconstruction), its scale, organizational conditions and constraints, structural and technological features, and characteristic parameters of the construction object (space-planning and structural solutions). The research on factors was conducted on specially selected representative objects totaling 35 items. Based on the analysis of statistical data collected from the representative objects, characteristic parameters of an "ideal construction object" were formed to determine the scope of translucent structure

installation work. The goal of the ideal model is to study the interaction of specialized flows, and its objective function is interaction aimed at a defined target.

Section 3 deals with the research and substantiation of optimal rational methods for window installation. The formation of possible window installation methods was performed based on identified method-forming features established through the systematization and generalization of construction-technological characteristics and installation execution conditions. A sequential combination of method-forming features made it possible to combine all variants of window installation methods. To research and substantiate the system of organizational and technological solutions for the installation process of translucent structures, ideal models of process interaction were built, encompassing the multiplicity of all accounted factors (characteristic parameters of construction, perfection of organizational and technological solutions, and constraints), while reducing them to a certain minimum by conditionally dividing the work front vertically into tiers. The boundaries and dimensions of plots and work zones within each tier are assigned considering the provision of overall spatial stability. The result of interaction modeling is a substantiated rational structure of object flows and organizational-technological measures that varies depending on the group of methods. If a dependency exists between the use of various window installation options and the indicators of specific cost and crew productivity, modeling and optimization of the installation structure were performed for the following variants: installation using insulation tapes, outboard installation using expanded polystyrene systems, and outboard installation using PVC systems. It was established that the use of outboard installation systems significantly reduces specific costs and increases crew productivity, which subsequently impacts the overall construction process. To identify the set of window installation processes, the impact of factors during the glazing of the ideal construction object was evaluated using a calculation method on the formed set of characteristic parameters of the ideal construction object utilizing Microsoft Excel. Based on mathematical modeling and a study of the technical and economic efficiency of the installation process, the most effective solutions were established, considering the dependencies of crew productivity and specific cost; experimental modeling of

individual measures of the developed organizational-technological solutions system was carried out. To automate the processes of systematizing input information regarding installation options and object parameters, a subprogram was developed to increase the efficiency of work execution.

Section 4 presents the methodology for selecting the installation technology for translucent structures. This methodology is based on:

- A systematic approach that ensures the broadest possible accounting of influencing factors and installation conditions when selecting and justifying rational options;

- Targeted synthesis of possible window installation methods depending on the type of construction, construction-technological parameters of the structures, the building, as well as influencing factor groups and work execution conditions;

- The use of technological solutions and window installation methods that have scientific and technical-economic substantiation;

- The use of multi-criteria methods for technological and technical-economic substantiation of rational options, based on a system of heterogeneous criteria of quantitative or qualitative, technical-economic or technological essence, and the methodology of their use.

Verification of the theoretical and practical provisions was carried out on real construction objects, which allowed for a reduction in labor intensity and duration of installation work during the development of Construction Organization Plans (COP) and Construction Work Plans (CWP), as well as simplifying the substantiation and selection of optimal organizational and technological solutions for construction processes. Furthermore, the research results regarding the optimization of the installation process of enclosing window structures for residential buildings are directly related to the publication of the study guide *"Installer of Window and Door Structures"*, created during the implementation of the "Human" Charitable Fund project and the German Agency for International Cooperation (GIZ) for vocational education students majoring in *"Installer of Window and Door Structures, Master of Installation of Ventilated Facades and Translucent Structures"*, and is planned to be

used in the educational process and practical work by students. The first lecture course in Ukraine for full-time and part-time vocational education students, scheduled for 2026–2027, also includes sections related to modern methods of performing installation work under conditions of large-scale construction, major repairs, reconstruction, and post-war building restoration.

Further research can be pursued in the following directions:

- Systematization of construction-technological parameters of window structures from different construction periods and initial functional purposes (sacred structures, defensive structures, palace structures, commercial structures, etc.);
- Improvement of the developed system of installation methods in terms of accounting for construction periods and the functional purpose of the building, as well as new construction methods;
- Optimization of technological parameters and execution modes for the entire complex of window structure installation processes;
- Research and substantiation of the scope of rational use of new construction materials, products, and structures possessing high durability and resistance to environmental impacts, having the necessary properties, mechanical and strength characteristics, with the mandatory possibility of subsequent recycling.

Keywords: window structures, optimization of organizational and technological solutions, energy saving, organizational and technological models of the installation process, rational installation methods, energy-efficient solutions, standoff installation systems for translucent structures.

LIST OF THE CANDIDATE'S PUBLICATIONS

List of the Applicant's Publications Reflecting the Main Scientific Results of the Dissertation:

1. Osypov, O., & Firsov, D. (2025). Modern trends in the use of PVC window systems and methods of organizing and performing window structure installation in construction. Ways to Improve Construction Efficiency, 55(2), 11–19. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(2).11-19.

(Personal contribution: analysis of modern solutions in the window installation process).

2. Osypov, O., & Firsov, D. (2025). Investigation of factors affecting the choice of a rational installation technology for translucent structures. Ways to Improve Construction Efficiency, 56(1), 64–70. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).64-70.

(Personal contribution: analysis of factors influencing the selection of rational installation methods).

3. Osypov, O., Firsov, D., & Bondarenko, M. (2026). Justification of rational methods of installation of PVC window structures. The Scientific Heritage, (178), 4–8. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.18614834.

(Personal contribution: systematization of construction and technological characteristics and conditions for installation work; establishing a system of method-forming features describing the specifics of installation in residential buildings).

4. Firsov, D. (2026). Research and justification of rational organizational and technological models for the installation of window structures. Ways to Improve Construction Efficiency, 57(2), 235–241. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2026.57(2).235-241.

List of the Applicant's Publications Confirming the Approbation of Dissertation Materials:

1. Bondarenko, M. M., & Firsov, D. V. (2023). Problems of installing translucent enclosing structures: Technological and organizational aspects. In VIII International

Scientific and Practical Conference "Effective Technologies in Construction": Program and Abstracts of Reports (Kyiv, November 15–16, 2023, p. 191). Kyiv: Lira-K.
(Personal contribution: analysis of the organization of the window installation process in modern construction).

2. Firsov, D. V., & Osypov, O. F. (2024). Modern technologies for the installation of translucent structures. In IX International Scientific and Practical Conference "Effective Technologies in Construction": Program and Abstracts of Reports (Kyiv, October 16–17, 2024, p. 183). Kyiv: Lira-K.
(Personal contribution: analysis of energy-efficient solutions in the installation process of translucent structures).

3. Osypov, O. F., & Firsov, D. V. (2025). Methodology for research and grouping of factors influencing the selection of a rational system for applying PVC window and door structures in architectural monuments. In X International Scientific and Practical Conference "Effective Technologies in Construction": Program and Abstracts of Reports (Kyiv, November 24–25, 2025, p. 123). Kyiv: Lira-K.
(Personal contribution: analysis of solutions for the window installation process during the restoration or reconstruction of buildings).

List of the Applicant's Publications Additionally Reflecting Scientific Results of the Dissertation:

1. Lytvyn, V., Oliinyk, N., Mudrak, V., Firsov, D., et al. (2023). Installer of Window and Door Structures: A Study Guide (V. Lemeshchenko-Lahoda & A. Izovita, Eds.). Odesa: Helvetica. ISBN 978-617-554-128-9.
(Personal contribution by the author: analysis of factors influencing the technical and economic characteristics of the installation process, pp. 34–43, 72–74).

2. Bondarenko, M. M., Orlenko, M. O., & Firsov, D. V. (2026). Modern Aspects of Design and Installation Technology of Translucent Structures: Monograph. Kyiv: Lira-K. ISBN 978-617-9002-20-5.
(Personal contribution: preparation of the chapter "Features of the Technology for Installing Translucent Structures").

ЗМІСТ

ВСТУП..... 19
РОЗДІЛ 1. 26
СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ, МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ..... 26
1.1. Соціально-економічні та технологічні передумови розробки сучасних методів виконання монтажу віконних конструкцій 26
1.2 Аналіз сучасного стану технології та організації виконання монтажу віконних конструкцій житлових будівель та комплексів..... 31
1.3 Аналіз наукових досліджень з технології виконання монтажу 37
1.4 Мета та задача дослідження 38
Висновки до розділу 1..... 39
РОЗДІЛ 2. 42
ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ МЕТОДІВ МОНТАЖУ ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ..... 42
2.1. Загальна методика та методи дослідження..... 42
2.2. Методика дослідження і систематизація факторів, впливаючих на вибір раціональних методів монтажу 46
2.3. Оцінка значущості впливу сформованих груп факторів на вибір технології монтажу світлопрозорих конструкцій..... 61
2.4. Дослідження факторів, які найбільш впливають на вибір методів монтажу світлопрозорих конструкцій..... 76
Висновки до розділу 2..... 82
РОЗДІЛ 3. 84
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РАЦІОНАЛЬНИХ МЕТОДІВ МОНТАЖУ ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ..... 84
3.1. Методика дослідження та обґрунтування метод-утворюючих ознак та загальної сукупності методів монтажу віконних та дверних конструкцій..... 84
3.2. Дослідження та обґрунтування раціональних методів монтажу віконних та дверних конструкцій 90
3.3. Дослідження та обґрунтування раціональних рішень при виконанні монтажу віконних конструкцій..... 96

3.4. Дослідження та обґрунтування раціональних організаційно-технологічних моделей монтажу віконних конструкцій 99
3.5. Розробка математичної моделі і дослідження техніко-економічної ефективності процесу монтажу 104
Висновки до розділу 3 109
РОЗДІЛ 4. 113
МЕТОДИКА ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ МОНТАЖУ ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ 113
4.1. Основні положення та схема методики 113
4.2. Програмно-методичне забезпечення проектування монтажних робіт 118
4.3. Впровадження результатів роботи та перспективи подальших досліджень 119
Висновки до розділу 4 122
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 124
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 127
ДОДАТКИ 135
Додаток А. Об’єкти-представники 136
Додаток Б. Матеріали експертних оцінок 138
Додаток В. Матеріали статистичного аналізу параметрів об’єктів-представників 149
Додаток Г. Конструктивні рішення виконання монтажу світлопрозорих конструкцій 150
Додаток Д. Організаційно-технологічні моделі монтажних рішень світлопрозорих конструкцій 153
Додаток Е. Прикладна підпрограма для забезпечення проектування монтажних робіт і заходів 169
Додаток Є. Протоколи впровадження 170
Додаток Ж. Список опублікованих праць за темою дисертації 177

ВСТУП

Актуальність теми. Пріоритетним напрямком світового розвитку є безперервна модернізація об'єктів житлової сфери у відповідності до сучасних вимог щодо ресурсо- і енергозбереження та захисту довкілля, нових архітектурно-естетичних уявлень щодо житла та сфер побуту і відпочинку.

Обсяги будівництва в Україні ще й напередодні війни мали стійку тенденцію до збільшення щороку, а після її закінчення очікується значний зріст будівництва, тому зниження витрат на будівництво за рахунок оптимізації процесу монтажу огороджуючих віконних конструкцій ***є актуальним загальнодержавним питанням.***

Оптимізація процесу монтажу віконних конструкцій дозволяє значно підвищити ефективність процесу, скоротити час на виконання робіт та трудові витрати, ***що є важливим для будівельної галузі.***

Оптимізація виконання процесів монтажу віконних конструкцій ***актуальна і для розвитку прикладної науки – технології та організації промислового та цивільного будівництва.***

Обсяг будівництва в Україні, як країни з розвиненою промисловістю, характеризується як великомасштабний, тому будівельна галузь займає важливе місце серед основних напрямків діяльности суб’єктів господарювання. Існуючі організаційно-технологічні рішення та заходи щодо монтажу світлопрозорих конструкцій для промислових та цивільних об’єктів недостатньо пророблені та деталізовані, не зведені у впорядковану систему, яка враховує види об’єктів за їхньою значущістю, що суттєво збільшує витрати суб’єктів будівництва на їхнє створення та відновлення. Тому обґрунтування та розробка впорядкованої системи рішень з монтажну віконних конструкцій, оптимізованої за техніко-економічними показниками, визначає актуальність обраної теми для будівельної галузі.

Різні аспекти питання, стосовно методів оптимізації, методів виконання та механізації процесів монтажу, у тому числі віконних конструкцій, обґрунтування та вибору раціональних організаційно-технологічних рішень, у тому числі з урахуванням особливостей і умов реконструкції та відновлення зруйнованих конструкцій і споруд, висвітлені у працях докторів технічних наук: А. І. Білоконя, В. А. Галушко, А. Д. Єсипенко, Т. С. Кравчуновської, О. І. Менейлюка, І. І. Назаренко, О. Ф. Осипова, В. О. Поколенко, А. В. Радкевича, В. Р. Сердюка, О. А. Тугая, І. В. Шумакова, У. Зиберата, Я. Кремерса, Ю. Беніц-Вільденбурга, а також у працях інших вчених України та зарубіжжя.

Узагальнення сучасного стану технології та організації будівництва промислових та цивільних об’єктів та існуючих природоохоронних заходів дозволило сформулювати **головне протиріччя** полягає у **необхідності підвищення ефективності** монтажу віконних конструкцій в умовах великомасштабного будівництва та, з іншого боку, **недостатності** науково-методичного забезпечення розробки та обґрунтування процесу монтажу огороджуючих віконних конструкцій житлових будівель, оптимізованого за техніко-економічними критеріями.

Можливість створення системи раціональних методів монтажу світлопрозорих конструкцій, упорядкованих за відповідною системою та їхньої значущості у загальному процесі зведення житлових будинків прийнято в якості **робочої гіпотези**, яка дозволила вирішити актуальне **проблемне питання** – створення впорядкованої системи методів монтажу світлопрозорих конструкцій, яка дозволяє зменшити витрати часу на будівельному майданчику та підвищить ефективність будівництва за рахунок використання сучасних систем та матеріалів.

Таким чином, дослідження та результати роботи спрямовані на вирішення проблемного питання, яке за своїми науково-технічними, соціальними і економічними наслідками характеризується як таке, що має *важливе науково-прикладне, галузеве та загальнодержавне значення*.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Робота відповідає сучасним тенденціям і напрямкам розвитку у будівництві. Проведені дослідження відповідають планам пріоритетних науково-технічних робіт в галузі організації будівництва, які виконуються на кафедрі організації і управління будівництвом Київського національного університету будівництва і архітектури, зокрема «Розробка науково-технічного інструментарію для формування та реалізації внутрішньовиробничих планів діяльності будівельної організації» (Державний реєстраційний номер: 0124U005196) та «Розробка інжинірингового інструментарію для інвестиційно-будівельних проєктів» (номер державної реєстрації 0124U005197). Аналіз нормативної бази та наявної науково-технічної літератури показав, що існуючий науково-технічний інструментарій щодо реалізації процесу монтажу у діяльності будівельної організації недостатньо розвинутий, тому цей напрямок є актуальною задачею для дослідження.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності виконання процесу монтажу віконних конструкцій комплексу житлових будівель на основі розробки та обґрунтування оптимальних організаційно-технологічних моделей та технологічних рішень виконання комплексу монтажних процесів в умовах великомасштабного будівництва.

Для досягнення мети поставлені та вирішені такі основні задачі:

- аналіз сучасного стану технології та організації виконання монтажу віконних конструкцій житлових будівель та комплексів;
- дослідження факторів, що впливають на вибір методів монтажу віконних конструкцій житлових будівель та комплексів;
- дослідження та обґрунтування оптимальних організаційно-технологічних моделей виконання комплексу монтажних процесів в умовах великомасштабного будівництва та відновлення;
- розробка методики вибору раціональних методів монтажу віконних конструкцій в умовах великомасштабного будівництва та відновлення.

Об'єкт дослідження – це технологія виконання процесу монтажу віконних конструкцій житлових будівель та комплексів.

Предметом дослідження виступають методи, технологічні рішення та організаційно-технологічні моделі виконання монтажу віконних конструкцій житлових будівель в умовах великомасштабного будівництва.

Методи дослідження. У дисертації використані наступні методи: *ідеалізація* – побудова ідеальних об'єктів різної сутності, виділяючи їхні ознаки і функції, із подальшим їхнім вивченням загально-науковими і спеціальними методами; *аналіз і узагальнення* – для обґрунтування актуальності проблемного питання, формулювання робочої гіпотези, об’єкту і предмету дослідження і постановки мети і задач дослідження; *структурний аналіз і систематизація* – для формування вихідної сукупності домінуючих факторів і впорядкування їх на підсистеми і елементи різного ієрархічного рівня; *експертне опитування* – для оцінювання та ранжування факторів і розробки класифікації факторів впливу процесів монтажу світлопрозорих конструкцій, що враховує рівень їхнього впливу; *систематизація і моделювання* – для формування ідеальних моделей процесу монтажу віконних конструкцій та моделювання їхніх взаємодій і формування основних будівельних ситуацій; *статистичні дослідження* – для визначення характеристичних параметрів ідеального об’єкту будівництва і обґрунтування множини процесів будівельного виробництва вибірково-екстремальної структури; *структурний аналіз* і *аналітична формалізація* – для вивчення взаємодій процесу монтажу світлопрозорих конструкцій, що є підґрунтям формування множини взаємодоповнюючих комплексів організаційно-технологічних рішень процесів монтажу (ОТР); *техніко-економічне моделювання* – для прогнозування можливих рівнів витрат матеріалів і праці під час реалізації запропонованих монтажних робіт; *економіко-математичне моделювання* – для оптимізації складу запропонованих комплексів ОТР; *узагальнення і синтез* – для систематизації отриманих результатів та розробки методики обґрунтування і вибору раціональних організаційно-технологічних рішень процесу монтажу; *інформаційне моделювання* – для розробки пакетів прикладних підпрограм з метою створення програмно-методичного забезпечення монтажних робіт; *експериментальне організаційно-технологічне моделювання* – для обґрунтування організаційних і

функціональних структур, розробки варіантів виконання монтажних робіт і, на цій основі, встановлення практичної значущості основних результатів дослідження; *впроваджувальний експеримент* – для визначення ступеню обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій шляхом практичного використання їх в будівельних і проектних організаціях.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що вперше встановлені умови ефективності виконання складного комплексу процесу монтажу, що ґрунтується на встановлених залежностях, раціональних параметрах та методах виконання процесів монтажу.

Практична значимість дисертаційної роботи полягає в проведені удосконалення організаційно-технологічної підготовки будівельного виробництва на основі розробки системи раціональних методів і практичних рекомендацій, щодо оптимізації процесу монтажу віконних конструкцій в умовах великомасштабного будівництва та повоєнного відновлення.

Апробація роботи. Матеріали дисертації використані у підготовці навчального посібника «Монтажник віконних та дверних конструкцій» який був створений в процесі реалізації проєкту Благодійного фонду «Людина» та Німецьким товариством по міжнародній співпраці GIZ для закладів профтехосвіти. На основі цього підручника підготовлено першу в Україні програму навчання за курсом «Монтажник віконних та дверних конструкцій, майстер з монтажу вентильованих фасадів та світлопрозорих конструкцій» у Київському професійному коледжі цивільного будівництва. При підготовці лекцій з дисциплін: «Спецкурс випускової кафедри» та «Організація та управління будівництвом», «Інформаційне моделювання процесів організації і управління будівництвом», «Використання BIM інструментарію при плануванні та організації будівництва» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» Київського національного університету будівництва і архітектури.

Практичне використання матеріалів дисертації проведено на будівельних об’єктах компанії ТОВ «КАНБУД» у м. Київ.

Публікації. Основні положення дисертаційного дослідження були висвітлені, обговорені та отримали схвальний відгук на 4 заходах: VIII Міжнародна науково-технічна конференція «Архітектура історичного Києва. Архітектура та Дизайн – відновлення країни», КНУБА, 17-18.11.2022р.; IX Міжнародна науково-технічна конференція «Архітектура історичного Києва. Інноваційні технології в архітектурі та дизайні», КНУБА, 15-16.11.2023р.; X Міжнародна науково-технічна конференція «Архітектура історичного Києва. Синергія архітектури та дизайну», КНУБА, 16-17.10.2024р.; XI Міжнародна науково-технічна конференція «Архітектура історичного Києва. Актуальні перспективи відбудови», КНУБА, 24-25.10.2025р.

Основні результати дослідження опубліковані в 9 наукових працях, з них 1 стаття у періодичному науковому виданні інших держав, 3 – у фахових виданнях, які входять до переліку, затвердженого МОН України, 1 розділ у колективній монографії з грифом КНУБА, 4 публікації у матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій, 1 – у навчальному посібнику.

Особистий внесок здобувача визначають одержані ним особисто наукові результати.

До суттєвих наукових результатів належить те, що вперше:

- встановлені основні групи факторів, які можна розглядати як домінуючі при виборі та обґрунтуванні можливих методів монтажу;
- сформована множина факторів, що впливають на вибір раціональних методів монтажу віконних конструкцій;
- сформовані характеристичні параметри ідеального об’єкту будівництва методом статистичного аналізу даних, зібраних на об’єктах-представниках. Здійснена оцінка впливу факторів будівельного виробництва при зведенні ідеального об’єкту будівництва;
- сформовані можливі методі монтажу віконних конструкцій на основі виділених метод-утворюючих ознак, встановлених за результатами систематизації та узагальнення будівельно-технологічних характеристик та умов виконання монтажу;

- обґрунтовано раціональну структуру організаційно-технологічних заходів, що змінюється залежно від групи методів, на основі організаційно-технологічного моделювання процесів монтажу віконних конструкцій;
- встановлена раціональна сфера застосування рішень монтажу віконних конструкцій на основі виконаного математичного моделювання монтажних процесів.

Структура і обсяг роботи: складається із змісту, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел у кількості 84 найменувань, викладена на 178 сторінках машинописного тексту, у тому числі 126 сторінок тексту, 52 сторінок рисунків і таблиць, 8 сторінок бібліографії і містить 44 сторінок додатків.

Дисертаційна робота виконана у Київському національному університеті будівництва і архітектури, на кафедрі організації та управління будівництвом. Експериментальні дослідження виконані на об’єктах ТОВ «КАНБУД», при підготовці лекцій з дисциплін: «Спецкурс випускової кафедри» та «Організація та управління будівництвом», «Інформаційне моделювання процесів організації і управління будівництвом», «Використання BIM інструментарію при плануванні та організації будівництва» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» ОПП «Промислове та цивільне будівництво», першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти Київського національного університету будівництва і архітектури, а також у підготовці першої навчальної програми 2026р. по спеціальності «Монтажник віконних та дверних конструкцій, майстер з монтажу вентильованих фасадів та світлопрозорих конструкцій» у Київському професійному коледжі цивільного будівництва.

РОЗДІЛ 1.

СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ, МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Соціально-економічні та технологічні передумови розробки сучасних методів виконання монтажу віконних конструкцій

Будівництво – одна з основоположних і загальнопоширених (діяльність) активностей людства, спрямована на створення і удосконалення середовища існування. Частка будівельної галузі у структурі світового ВВП складає наразі близько 13%.

Будівництво залучає до своїх процесів величезну частину різнопланових ресурсів і охоплює приблизно 8% зайнятого населення світу, без урахування суміжних і обслуговуючих галузей. Глобальний будівельний ринок виріс з 14 393,63 мільярда доларів у 2022 році, збільшуючись із загальним річним темпом зростання (CAGR) на 4,3% з 2017 року. Очікується, що ринок зросте з 14 353,73 мільярда доларів у 2022 році до 18 805,01 мільярда доларів у 2027 році зі швидкістю 5,7%. (Рис. 1.1.)

Зростання в сучасний період: сильне економічне зростання на ринках, що розвиваються, посилення розвитку інфраструктури, збільшення обсягів ремонтних робіт, швидке зростання чисельності літнього населення та зростання внутрішнього виробництва. Фактор, який дуже вплинув на розвиток будівельної галузі – це енергоефективність. Зміни клімату привели людство до необхідності вирішувати проблему зменшення викидів парникових газів. В межах виконання Угоди про асоціацію з ЄС Україна також взяла на себе зобов'язання щодо імплементації цього механізму, адже перехід на будівництво за стандартом NZEB – це важливий крок на шляху до зниження енергоспоживання та енергетичної незалежності [38]. Факторами, які негативно вплинули на зростання в період 2019-2021 років, були значні зміни цін на сировину, геополітична напруженість.

У майбутньому зростаюча темпи урбанізації, зростання населення, посилення державної підтримки, зростання індустріалізації та збільшення

«розумних міст» будуть рухати ринок. Фактори, які можуть перешкоджати зростанню будівельного ринку в майбутньому, геополітична нестабільність, зростання процентних ставок у всьому світі, брак кваліфікованих працівників, проблеми з безпекою та кібербезпекою, а також виклики здоров'ю та безпеці в будівельній галузі.

Згідно з проведеним аналізом щорічних галузевих звітів, світовий обсяг будівництва до 2030 року зросте на 83%, а лідерство у цьому секторі утримають Китай, США та Індія, які охоплюють 57% всього світового зростання. Наразі будівництво будинків є найбільшим сегментом на будівельному ринку з часткою ринку майже 48%.



Рис. 1.1. Світовий тренд зростання обсягів будівництва.

(*узагальнення автора*)

Водночас, незважаючи на значну історію розвитку та інтеграцію сучасних технологій, будівельна галузь у порівнянні з іншими має найнижчу продуктивність праці. Досліджено, що за період із 1945 по 2016 роки зростання продуктивності праці в будівництві склало всього 6%, тоді як у видобутку

копалин цей показник склав 42%, у сфері торгівлі – 699%, у виробництві – 760%, а у агропереробному комплексі сягнув 1512%.

Зростання продуктивності праці в будівництві за останнє десятиліття відбулося переважно в країнах, що розвиваються, які запровадили фундаментальні практики підвищення продуктивності, такі як підвищення кваліфікації робочої сили. І навпаки, у найрозвиненіших країнах світу, а саме в США та Європі, прогресу практично не спостерігалося. У період з 2015 по 2023 рік вартість будівництва в Європі зросла на 36%.

Зовнішня фінансова підтримка залишатиметься вирішальною для збереження крихкої макроекономічної стабільності в Україні. Нас надихають спільні зусилля США, ЄС та решти G7 щодо забезпечення регулярного надходження близько 3 мільярдів доларів США на місяць – це мінімум, необхідний Україні для фінансування свого фіскального дефіциту. Нова програма МВФ ще більше прискорить відновлення.

У сучасному будівництві відбуваються постійні зміни як в плануванні та організації будівельно – монтажних робіт, так і в конструктивних рішеннях будівель та споруд, що зводяться, конструкціях та матеріалах, методах та засобах праці, які для цього використовують. При цьому цей процес має добре визначену тенденцію до прискорення. Сьогодні змінились умови роботи будівельних фірм, їх форма власності: основними відмінностями умов роботи стала відсутність запланованого «зверху» від держави об’ємів робіт, термінів їх виконання та фінансування; будівельні фірми це практично повністю приватні організації, які самі змушені шукати об’єми робіт та планувати терміни їх виконання. Так само змінились і замовники. Як правило, це приватні фірми. Все це впливає і на організацію процесу зведення будівель та споруд, зміст самого будівельно – монтажного процесу.

На протязі останніх десятиліть в Україні, як найважливіші, проявляються дві протилежно спрямовані соціально-економічні проблеми – ресурсо-, перш за все, енергозбереження та зайнятість населення. Враховуючи це, науковцям, з однієї сторони, слід вибирати, розробляти і використовувати ті будівельні технології та матеріали, які забезпечують зменшення витрат ресурсів на різних,

перш за все, визначальних етапах життєвого циклу будівельного об’єкту – від виробництва матеріалів і конструкцій, їх транспортування та спорудження до експлуатації, реконструкції, а потім і ліквідації.

З іншого боку, Україна має обирати такі технології і обладнання, які передбачають використання висококваліфікованих фахівців будівельного профілю, може навіть їх більшої кількості, але відмовлятися від технологій, що використовують важку фізичну працю, яка завжди менш безпечна. Адже праця будівельників поки що дуже часто є мало привабливою, важкою та небезпечною, навіть із використанням прогресивних закордонних технологій. А тому розробляти і порівнювати їх (окрім зазвичай прийнятих показників технологічності, таких як трудомісткість, собівартість та тривалість виконання будівельно-монтажних робіт) слід також і за енергетичними витратами робітників, що присутні в цьому процесі. З цієї точки зору, здається доцільним подальший розвиток теорії оцінки ефективності сучасних будівельно-монтажних робіт та її використання для пошуку найбільш перспективних напрямків удосконалення. Вищезгадане доцільно вважати актуальним науково-практичним завданням для будівельної галузі в межах загальної науково-прикладної проблеми енерго- і ресурсозбереження, а також зайнятості населення України.

Соціально-економічними та технологічними передумовами розробки сучасних методів виконання монтажу віконних конструкцій є:

1. Енергозбереження та екологічні вимоги:
   - зростаючі енергетичні витрати: Енергоефективність стала одним з ключових чинників при виборі будівельних матеріалів і технологій. Сучасні методи монтажу віконних конструкцій спрямовані на мінімізацію тепловтрат, що сприяє зниженню витрат на опалення та кондиціонування приміщень [60];
   - екологічні стандарти: збільшення вимог до екологічної чистоти будівельних матеріалів і конструкцій сприяло розробці технологій, що забезпечують зниження шкідливих викидів і кращу утилізацію матеріалів.
2. Розвиток будівельних матеріалів:

- нові матеріали: Впровадження нових матеріалів, таких як полімери, композитні матеріали та високоміцні сплави, дозволило значно покращити експлуатаційні характеристики віконних конструкцій, підвищити їх довговічність та забезпечити кращу ізоляцію;
- інновації в склінні: Винахід багатошарових склопакетів із різними функціональними покриттями (наприклад, низькоемісійні покриття) значно підвищив енергозберігаючі властивості віконних систем.

3. Стандартизація та регулювання:

- посилення будівельних норм: стандартизація монтажних процесів сприяла розробці уніфікованих підходів до монтажу віконних конструкцій, що забезпечує підвищення якості і надійності встановлених виробів [24];
- глобалізація ринку: відкритість світового ринку привела до впровадження міжнародних стандартів і найкращих практик у монтажі вікон, що підвищує конкурентоспроможність продукції [12].

4. Розвиток технологій:

- інформаційні технології: використання цифрових технологій, таких як BIM (Building Information Modeling), дозволяє більш точно планувати і контролювати процес монтажу, враховуючи всі особливості будівельних конструкцій;
- автоматизація та роботизація: впровадження автоматизованих і роботизованих систем монтажу підвищує швидкість і точність виконання робіт, а також знижує залежність від людського фактору.

5. Соціальні фактори:

- зростання вимог до комфорту та безпеки: підвищення рівня життя та зростання вимог до комфорту житла призвели до впровадження технологій, що забезпечують підвищену звукоізоляцію, захист від ультрафіолетового випромінювання та підвищену безпеку віконних конструкцій;
- зміни в демографії та урбанізації: урбанізація і збільшення населення в містах сприяли розробці компактних і ефективних методів монтажу, які дозволяють працювати в умовах обмеженого простору.

Ці передумови разом утворюють комплексний фундамент для розробки сучасних методів монтажу віконних конструкцій, що відповідають вимогам сучасного будівництва та забезпечують високу якість і ефективність виконуваних робіт.

1.2 Аналіз сучасного стану технології та організації виконання монтажу віконних конструкцій житлових будівель та комплексів

В останні роки скління житлових будинків переживає період значних інновацій, оскільки технологічний прогрес впливає на всі аспекти нашого життя. Якщо в радянські часи більшість вікон була дерев'яні, а монтажні роботи виконувались на будівельному майданчику за допомогою обмеженої кількості допоміжних матеріалів, то зараз ми маємо дуже великий спектр герметиків, кріпильних елементів та допоміжних профілів. Європейські країни у другої частині XX віку почали використовувати полімери для виготовлення вікон, що призвело до появи окремої галузі у будівництві – виробництво профільних систем та вікон з ПВХ [41]. Крім того, матеріал стін також пройшов значну еволюцію від звичайної цегли до керамічних блоків з високими показниками енергоефективності, що надало поштовх для розвитку нових видів кріплення (Рис. 1.2).

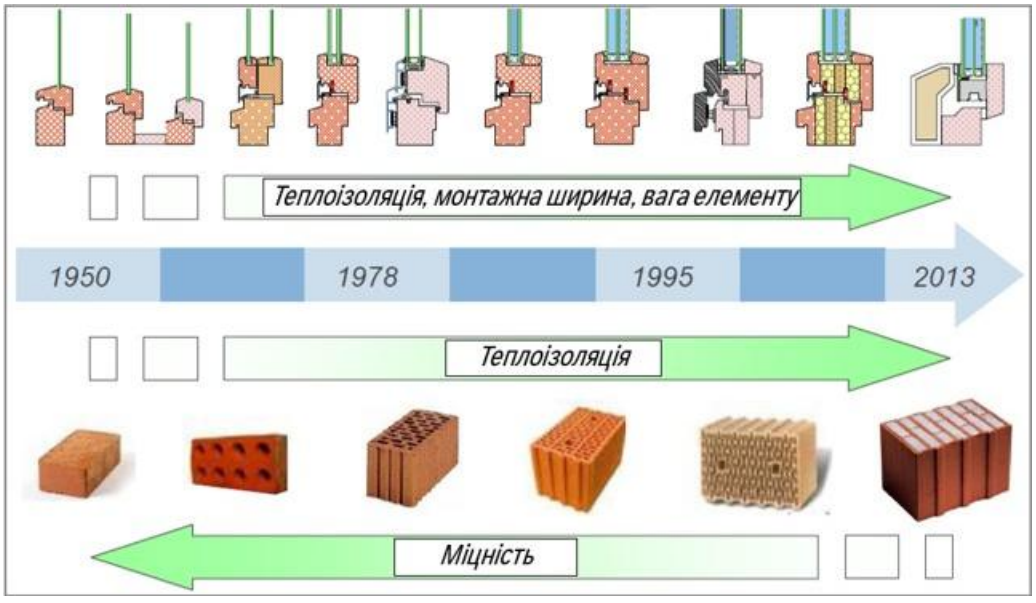


Рис. 1.2. Загальна схема розвитку матеріалів
(за матеріалами IFT Rosenheim)

Значні зміни клімату планети звернули увагу населення на велику потребу у скороченні видобутку ресурсів та зменшення викидів у атмосферу. Одним з ключових напрямків розвитку у цій сфері є енергоефективність, яка стала не просто модним трендом, а життєво необхідною умовою сучасного будівництва. Значні обсяги втрат теплової енергії крізь зовнішні конструкції існуючих будівель вимагають законодавчого врегулювання та переоцінки теплотехнічних показників огороджуючих конструкцій [47]. Разом з прагненням до більшого природного світла через панорамне скління та розширення колірного спектра віконних профілів, сучасне скління стає справжнім мистецтвом. Ці тенденції не тільки змінюють вигляд сучасних будинків, але й вносять важливий вклад у екологічність та енергозбереження. У сучасному склінні можливо виділити 3 основні складові які впливають на енергоефективність: профільна система, склопакет та монтажний шов.

Сучасні ПВХ- та алюмінієві профільні системи відомих виробників пройшли значну трансформацію у напрямку підвищення показника енергоефективності. На це вплинуло збільшення кількості камер, монтажної ширини, поява додаткових елементів, терморозриву армування, збільшення кількості ущільнень [2].

Скло також має значну частку у загальних обсягах будівництва, тому зміни торкнулись і цього напрямку. Почалось виробництво спеціального скла – з додатковим шаром іонів срібла для скорочення втрат тепла. Склопакети також пройшли трансформацію у напрямку збільшення кількості камер, появи технології заповнення інертним газом, застосування багатошарового скла та використання різного матеріалу дистанційних рамок для підвищення показників енергоефективності [9].

Монтажний шов має значно менший розмір по відношенню до конструкції, але його доля у якості внутрішнього середовища грає важливішу роль. Неякісно виконані роботи по улаштуванню монтажного шва можуть призвести до поганих наслідків (поява плісняви, значні енерговтрати, тощо) [73].

Існуючі монтажні вузли за рівнем теплозахисту умовно можна розділити на два типи: холодні та утеплені. Холодні вузли примикання, як правило,

влаштовують у приміщеннях, де не передбачається підтримання певного температурного режиму. Однак у більшості опалюваних будівель і споруд влаштовують так званий утеплений вузол примикання, який має три основних шари (Рис.1.3.). Перший шар - пароізоляційний, всередині, захищає від проникнення вологи з середини функціональний шар. Функціональний шар – виконує тепло-, і звукоізоляційну функцію, та повинен тримати експлуатаційні навантаження. Третій, зовнішній шар – захищає від атмосферного впливу [76].

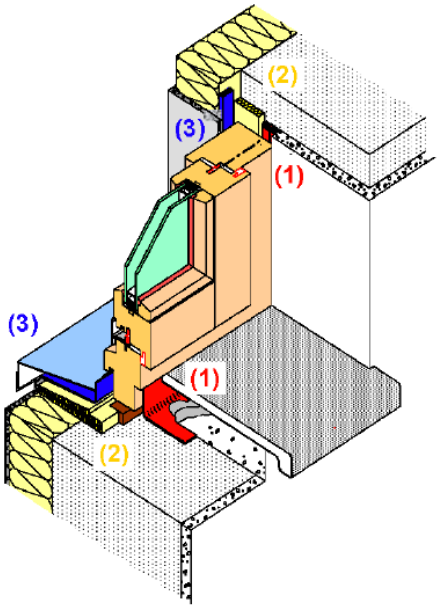


Рис. 1.3. Структура монтажного шву

(1-внутришній шар; 2-фунціональний шар; 3-зовнішній шар)

Вузол примикання займає відносно невелику площу у зовнішньому огородженні, але його конструкція істотно впливає на тепло-вологісний стан системи «віконний блок + укіс + стіна». Так, наприклад, якщо вузол примикання розташований у зовнішній або у внутрішній поверхні світлового отвору, віконний блок перебуватиме у зоні температур, за яких можливе випадання конденсату на елементах віконного блоку, на склі, на внутрішніх поверхнях укосів, на стіні та ін. [6]. Розташування віконного блоку в отворі та конструкція вузла примикання є основними параметрами, що формують температурний режим зоні встановлення світлопрозорих конструкцій. У поширених раніше у будівництві

конструкціях вікон з роздільними дерев'яними полотнами термічний опір рами було порівняно з термічним опором стіни і, тому, розташування вікна «в чверті» (на відстані 12-13 см від зовнішньої поверхні стіни) було виправдано (Рис.1.4.). У сучасних вікнах зі склопакетами термічний опір профілю рами значно нижче термічного опору стіни, тому встановлювати такі вікна, так само, як і старі вікна з роздільними полотнами, недоцільно. На жаль, у значному числі типових проєктів будівель віконні отвори розраховані під установку старих типів вікон, в які найчастіше встановлюють сучасні «тонкі» вікна, не враховуючи при цьому їх конструктивні особливості. Ця частина більш за все стосується ринку так званого «вторинного» житла.

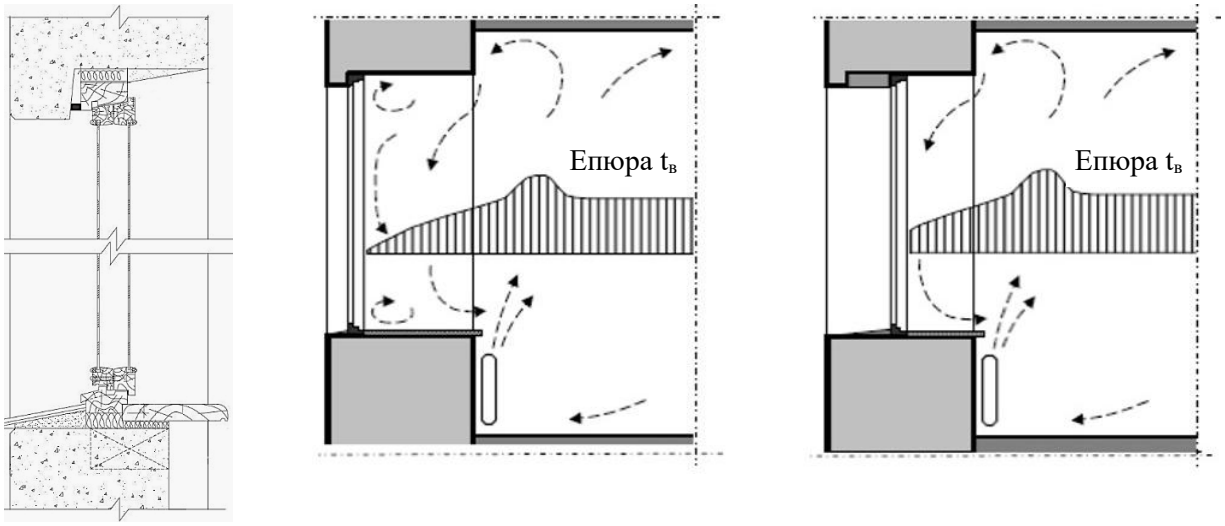


Рис. 1.4. Схема розташування вікна у перерізі стіни [6]

У кожному конкретному випадку при монтажі вікна в отвір для прийняття правильного рішення слід розглянути кілька варіантів влаштування вузла примикання. Слід пам'ятати, що з кожної конкретної ситуації враховуючи конструкції вікна, стіни, призначення приміщення, кліматичні умови місця будівництва, можливо знайти оптимальне з погляду тепло-вологісного режиму розташування віконного блоку. На жаль більшість варіантів встановлення вікон без додаткового проектування, які здійснюють різні фірми, не відповідають сучасним вимогам, а проведені за принципом «найменшої трудомісткості». Вибір ефективної конструкції вузла можна здійснити за допомогою методів

математичного моделювання з різних спеціальних програмних комплексів. Майже всі такі комплекси дозволяють провести орієнтовний теплотехнічний розрахунок як віконного блоку, так і вікна в поєднанні з стіною з урахуванням конструкції вузла та застосовуваних матеріалів.

У порівнянні зі «старими» будівлями, новобудови мають інші особливості – це значно більші розміри конструкції, важкі склопакети. Це вже потребує проектування монтажних швів та підбір відповідних кріпильних елементів [79]. Оскільки сьогодні при виконанні монтажних робіт використовується і поєднується багато різних матеріалів (ПВХ-профіль, ущільнювачі, бетон, мінеральна вата, тощо) ми повинні спроектувати монтажний вузол таким чином, щоб він відповідав не тільки нормативної документації, а і виконував свою функцію протягом певного часу. (Рис. 1.5.)

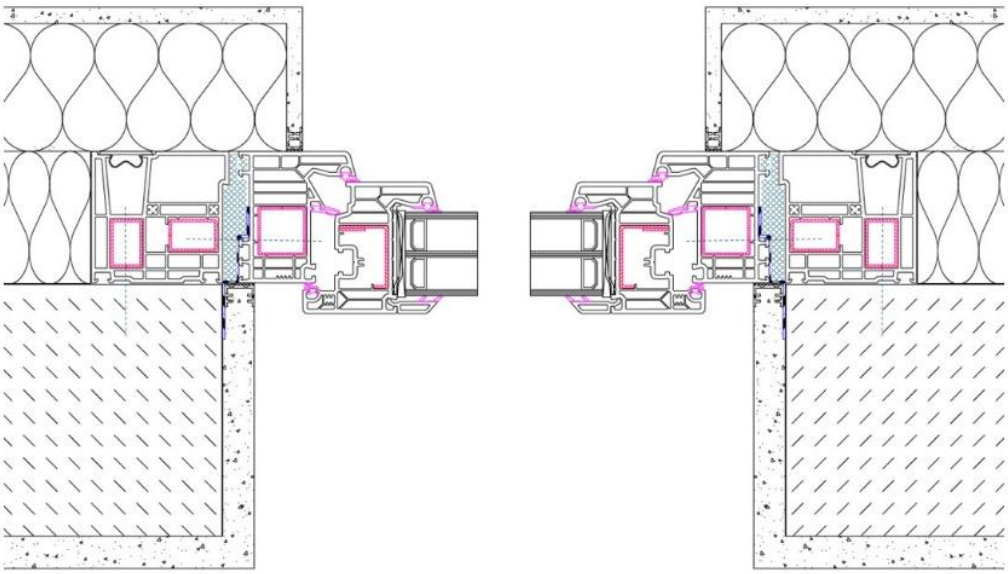


Рис. 1.5. Конструктивне рішення вузла примикання вікна зі стіною за допомогою системи виносного монтажу

Нажаль, іноді економія на деяких дрібних матеріалах можуть призвести к втраті функціональності конструкції (наприклад, невикористання або порушення технології використання герметизуючих монтажні шви плівок призводить к продуванню монтажного шва, протягу у зоні підвіконня, та появи плісняви на відкосах) [67].

Тому, виходячи з вищезгаданих складових можна зробити висновок, що сучасна технологія монтажу віконних конструкцій значно змінилась та потребує уважного відношення до усіх елементів:

- Вибір профільної системи та додаткових елементів конструкції;
- Аналіз монтажної ситуації;
- Конструктив стін;
- Вибір кріплення;
- Вибір герметизації.

Крім того, дуже важливо організувати роботи на будівельному майданчику таким чином, щоб наступні виконавці робіт не руйнували попередньо виконані (наприклад, торці змонтованих зовнішніх підсилювачей в багатоповерховому житловому будинку вчасно не закрити фасадом, що призвело до появи корозії, або відшарування зовнішньої герметизуючої плівки при монтаже фасадного утеплювача).

Виходячи з цього, та відповідно діючої нормативної документації, потрібно більш уважніше ставитися до проектувальної частини як монтажних швів віконних конструкцій, так і до організації виконання робіт на будівельному майданчику [25].

Багато віконних компаній, які виконують сьогодні завдання будівельних компаній по склінню житлових комплексів не мають кваліфікованого персоналу. Більшість монтажного персоналу не мають кваліфікованої професійної освіти. Це пов’язано з недавньою появою професії монтажник-складальник віконних конструкцій у Кодифікаторі професій. Незважаючи на це, виклик сьогодення, досвід бізнесу та сприяння цьому процесу Міністерства освіти України створив умови у 2025 році для створення окремої професії для молоді «Монтажник віконних та дверних конструкцій, майстер з монтажу вентильованих фасадів та світлопрозорих конструкцій», та у 2026 році низки навчально-практичних центрів (Київ, Чернівці), та у майбутньому Дніпро та Бориспіль, які будуть втілювати опрацьований досвід для навчання молоді нашої країни.

1.3 Аналіз наукових досліджень з технології виконання монтажу

Вагомий внесок у питаннях основи теорії організації та управління будівництвом, методології проектування організаційно-технологічних рішень зробили такі відомі вчені нашої держави та зарубіжжя: М. С. Будников [7, 8], Р. Б. Тян [57], С. А. Ушацький [58, 59], В. М. Майданов [25] та ін.

Питання оптимізації організаційно-технологічних рішень та створення інформаційних основ управління будівництвом відображені та розвинуті у наукових працях: В. С. Балицького [3], В. І. Торкатюка [53], А. П. Снежко [48], Р. І. Фокова [62], О. А. Тугая [55, 56] О. О. Жукова [21], В. А. Давидова [18], Е. Д. Косенкова [49], В. В. Савйовского [44, 45] та інших вчених нашої держави та зарубіжжя.

У вищезгаданих працях [10, 11, 20] оптимізація - це процес обґрунтування та вибору найкращих характеристик, параметрів організаційно- технологічних систем при одночасному зниженню матеріально-технічних і економічних витрат. Оптимальне рішення визначається авторами як рішення, що має перевагу відносно інших за встановленим критеріями або системою критеріїв. Такими критеріями в технології та організації промислового та цивільного будівництва виступають техніко-економічні показники – тривалість, трудомісткість, собівартість, продуктивність процесів і робіт тощо. Оптимізація рішень відповідно до сучасних уявлень здійснюється на принципах багатоваріантності та багатокритеріальності. При цьому варіанти повинні відповідати принципу альтернативності тобто бути співставленнями за організаційними формами, технічним рівнем, продуктивністю, екологічністю тощо. В розглянутих працях основними методами оптимізації організаційно-технологічних рішень є метод компромісних рішень – при деяких зниженнях головного критерію досягають збільшення інших в межах певних, заданих інтервалів – обмежень [36].

У теперишній час, теми обґрунтування та вибору раціональних організаційно-технологічних рішень, методів оптимізації, вдосконалення питань організації будівництва, знайшли розвиток у наукових працях докторів технічних наук: О. А. Тугая [55], О. Ф. Осипова [35, 36], В. Р. Сердюка [46], І. М. Бабія [13], В. О. Поколенко [40, 42], В. К. Черненко [52, 63], І. В. Шумакова [33], О. І.

Менейлюка [28], В. А. Галушко [14], А. Д. Єсипенко [20], В. Р. Млодецького [30], кандидатів технічних наук А. М. Березюка [1], Р. Я. Зельцера [22], М. І. Шебека [34], С. В. Матвієвського [27], Н. І. Нікогосян [32], С. О. Осипова [39], а також у працях інших вчених та спеціалістів.

Що стосується зарубіжних авторів, то проблематика досліджень в цілому подібна до проблематики, що ставиться та розвивається у роботах вітчизняних авторів. Найбільш значимими роботами з цієї проблематики є роботи У. Зиберата [79, 80], В. Файста [77], Ю. Бенитц-Вільденбурга [67], В. Йеля [71, 72], Х. Кюнцеля [73], Х. Менка [75], Л. Вебера [84].

Проведений аналіз наукових праць та практичного досвіду свідчить про те, що, незважаючи на велику кількість виконаних наукових досліджень, існуючі заходи не мають системних техніко-економічних обґрунтувань. Тому процес монтажу світлопрозорих конструкцій має недостатне науково-методичне забезпечення, а варіанти монтажу, під час будівництва будівель і споруд, призначаються без достатнього рівня системності та комплексності, принцип варіантності вибору не забезпечується, бо немає обґрунтованих альтернатив.

Таким чином, подальші дослідження повинні торкатися питаннь розробки науково-обґрунтованої системи методів організаційно-технологічної підготовки монтажу, що забезпечує підвищення ефективності будівництва на основі суттєвого зниження витрат часу.

1.4 Мета та задача дослідження

Враховуючи результати проведеного аналізу і узагальнення сучасного стану технології та організації монтажу світлопрозорих конструкцій сформульоване *головне протиріччя* полягає у необхідності підвищення ефективності монтажу вікон в умовах великомасштабного будівництва та, з іншого боку, недостатності науково-методичного забезпечення розробки та обґрунтування процесу монтажу оптимізованого за техніко-економічними критеріями.

Проблемне питання – полягає у необхідності створення системи раціональних методів монтажу віконних конструкцій, яка дозволяє підвищити

ефективність великомасштабного будівництва та відновлення, за рахунок оптимізації умов і параметрів застосування.

Можливість створення системи раціональних методів монтажу віконних конструкцій, упорядкованих за видами будівництва, конструктивно-технологічними параметрами віконних систем і об’єктів будівництва, параметрами фронту робіт приймається в якості *робочої гіпотези*.

Метою роботи – є підвищення ефективності виконання процесу монтажу віконних конструкцій комплексу житлових будівель на основі розробки та обґрунтування оптимальних організаційно-технологічних моделей та технологічних рішень виконання комплексу монтажних процесів в умовах великомасштабного будівництва.

Дослідження має вирішити такі задачі:

- дослідження сучасного стану технології та організації виконання монтажу віконних конструкцій житлових будівель та комплексів;
- дослідження факторів, що впливають на вибір методів монтажу віконних конструкцій житлових будівель та комплексів;
- дослідження та обґрунтування оптимальних організаційно-технологічних моделей виконання комплексу монтажних процесів в умовах великомасштабного будівництва та відновлення;
- розробка методики вибору раціональних методів монтажу віконних конструкцій в умовах великомасштабного будівництва та відновлення.

Об'єкт дослідження – це технологія виконання процесу монтажу віконних конструкцій житлових будівель та комплексів.

Предметом дослідження виступають методи, технологічні рішення та організаційно-технологічні моделі виконання монтажу віконних конструкцій житлових будівель в умовах великомасштабного будівництва.

Висновки до розділу 1

1. Будівельна галузь є фундаментом економічного розвитку країни, адже від стану будівельної інфраструктури залежить житлове забезпечення населення, розвиток промисловості та транспорту. Будівництво в Україні є

провідним за масштабами створення суспільного продукту та постійно буде збільшувати об’єми виробництва. Станом на 2026 рік загальна площа забудованих земель складає порядку 5 % до загальної площі України та має тенденцію до подальшого зростання, що виводить будівельну галузь на провідне місце за рівнем перетворення природного середовища поряд із сільським господарством, промисловістю та транспортом. Законодавчі зміни, почати ще до початку війни (Регламент 305), почали створювати міцний фундамент для подальшого розвитку сучасної нормативної бази та переходу багатьох процесів у цифрову площину (ЄДССБ). Повоєнне відновлення, враховуючи втрати трудових ресурсів, буде створювати стійкий попит не тільки на будівельні матеріали та техніку, а також на сучасні технології, які дозволять галузі стати більш інноваційної, продуктивної та екологічної.

2. Розвиток будівельних підприємств відбувається під впливом інноваційного механізму та прикладних інновацій. Для забезпечення стійкого розвитку та досягнення успіху будівельні компанії повинні впроваджувати інноваційні технології. Нові технології надають можливість скоротити витрати та час виконання робіт, підвищити якість робіт та поліпшити безпеку праці. Оскільки Україна приділяє значну увагу напрямку «зеленого будівництва», розвиток та впровадження нових матеріалів та технологій, надають можливість зводити безпечніші, енергоефективні та довговічні будівлі за менший час, при цьому значно знижуючи вплив на навколишнє середовище.

3. Практичний досвід та наукові дослідження свідчать про недостатню увагу до технології виконання монтажу світлопрозорих конструкцій, що враховує сучасну специфіку робіт, її види, наукову обґрунтованість за суттю, структурою та порядком. Незважаючи на широке коло виконаних досліджень, недостатньо вивчені та вимагають подальшого розгляду питання:

- дослідження факторів, що впливають на вибір раціональних методів монтажу віконних конструкцій;
- дослідження та обґрунтування раціональних методів монтажу;

- розробка основних положень методики вибору раціональної технології монтажу світлопрозорих конструкцій в умовах великомасштабного будівництва.

РОЗДІЛ 2.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ МЕТОДІВ МОНТАЖУ ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

2.1. Загальна методика та методи дослідження

Для вирішення поставленого завдання розроблено методику дослідження, що включає: теоретичні та експериментальні дослідження, практичну перевірку отриманих результатів (рис. 2.1).

Теоретичні дослідження передбачають формулювання робочої гіпотези, розробку методології дослідження у складі основних принципів, схем методик та основних методів дослідження.

В якості робочої гіпотези прийнято наступне припущення: підвищення ефективності технології монтажу віконних конструкцій у багатоповерхових житлових будівлях може бути досягнуто на основі розробки та впровадження системи нових методів монтажу, сформованих виходячи з принципу розподілу видів робіт між виробничою базою та будівельним майданчиком, що також вплине на якість та загальний час виконання робіт.

Експериментальні дослідження базуються на методах математичного, економіко-математичного, організаційно-технологічного та технологічного моделювання, що передбачає вивчення залежності між параметрами входу та величиною виходу.

Як параметри входу розглядаються методи, технологічні рішення та параметри монтажу віконних конструкцій у багатоповерхових житлових будівлях, як вихід – показники техніко-економічної ефективності будівельного процесу.

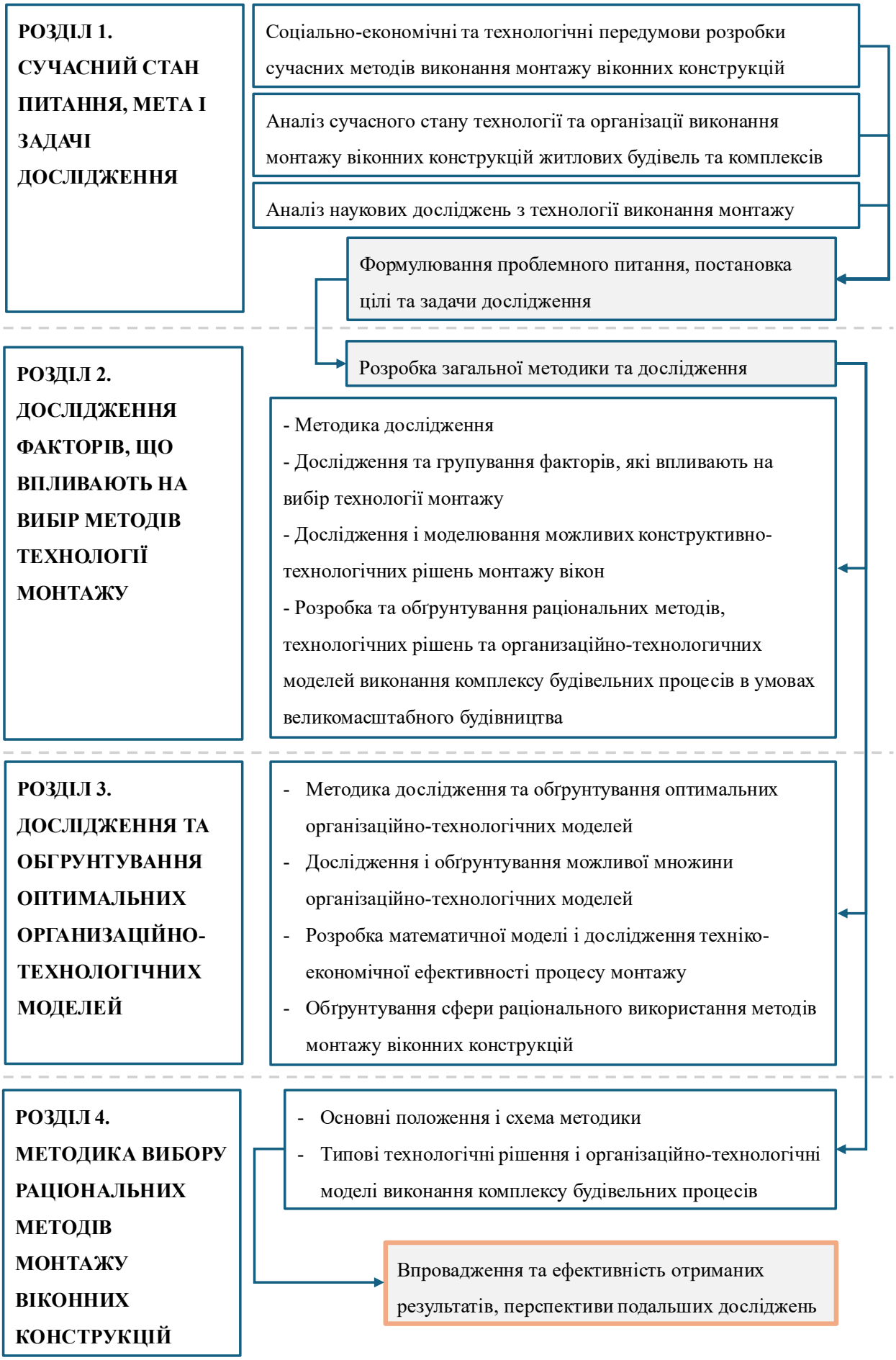


Рис. 2.1. Структурно-логістична схема дослідження

Практична перевірка одержаних результатів виконується на підставі впровадження розробленої системи методів, технологічних рішень при виконанні монтажу віконних конструкцій у багатоповерхових будинках, а також при виконання експериментального технологічного моделювання (проектування).

Реалізація поставлених завдань дослідження виконується з використанням методів, які за поставленими завданнями можна представити у вигляді наступної сукупності:

Завдання дослідження	*Методи дослідження*
1.Стан та актуальність питання дослідження	*аналіз та узагальнення* – для обґрунтування актуальності проблемного питання, постановки мети та завдань дослідження;
2.Дослідження факторів, що впливають на вибір раціональних методів монтажу віконних конструкцій	*аналіз, узагальнення та систематизація* – для формування вихідної сукупності факторів*;* *експертна оцінка, факторний аналіз* – для оцінки, ранжирування факторів та оцінки значущості їх впливу на вибір методів монтажу віконних конструкцій; *статистичні дослідження та класифікація* – для встановлення основних будівельно-технологічних характеристик віконних конструкцій багатоповерхових житлових будівель;
1.Дослідження та обґрунтування раціональних методів монтажу віконних конструкцій	*аналіз та узагальнення* – для встановлення взаємозв'язку між параметрами та технічним станом віконних конструкцій та можливими методами їх монтажу; *систематизація та синтез* – для обґрунтування метод-утворюючих ознак та формування системи методів монтажу віконних конструкцій;

1.Методика вибору раціональної технології монтажу віконних конструкцій	*технологічне моделювання та техніко-економічна оцінка* – для формування системи раціональних технологічних рішень виконання та механізації будівельних процесів при монтаже віконних конструкцій; *організаційно-технологічне моделювання* – для обґрунтування раціональних організаційно-технологічних моделей організації монтажу віконних конструкцій; *економіко-математичне моделювання* – для техніко-економічного обґрунтування раціональних параметрів та режимів виконання комплексно-механізованих будівельних процесів; *аналітична формалізація* – для аналітичного опису та прогнозування технологічних параметрів будівельних процесів; *узагальнення, формалізація* – для розробки процедур технологічного проектування; *конструювання* – для розробки раціональних конструктивних рішень для монтажу віконних конструкцій; *впроваджувальний експеримент* – для визначення ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій роботи шляхом розробки експериментальних технологічних моделей, а також практичного використання їх у будівельних та проектних організаціях.

2.2. Методика дослідження і систематизація факторів, впливаючих на вибір раціональних методів монтажу

Постановка задачі: вибір та обґрунтування технології монтажу, передбачає виявлення системи домінуючих факторів з оцінкою рівня їх впливу [37].

Загальну схему методики дослідження факторів можна подати у вигляді моделі, що включає три етапи (рис. 2.2):

перший етап – аналіз та систематизація факторів, які впливають на вибір технології монтажу;

другий етап – встановлення значимості сформованих груп факторів методами експертного опитування;

третій етап – статистичний аналіз факторів, які мають найбільший сплив на вибір технології монтажу світлопрозорих огороджуючих конструкцій.

Формування груп основних факторів (перший етап) виконаний у дві стадії: на першої стадії – виконаний обмін думками фахівців по характеру та рівню впливу основних факторів на технологію монтажу світлопрозорих огороджуючих конструкцій; на другої стадії, виконано мозкову атаку «в рознесення», та проведено обстеження 35 об'єктів-представників (дод. А), представляючих собою випадкову вибірку, з узагальненням раніше отриманих думок експертів [64]. На підставі цього, виконано формування основний сукупності впливаючих факторів.

Принципи дослідження. Формування та систематизація факторів впливу здійснено *на принципах*:

системності: фактори впливу розглядаються як елементи (підсистеми) більш складних виробничих систем, де вони представляють собою продуктивні фактори і процеси;

домінантності: множина факторів повинна бути зведена до множини найвпливовіших факторів; ті чинники, що як правило завжди проявляються та є вагомими за рівнем впливу;

достатності: множина факторів повинна бути достатньою за структурою, щоб на основі її розробити організаційно-технологічні рішення, які гарантовано забезпечуватимуть дотримання норм для певних умов будівництва.



Рис. 2.2. Загальна схема методики дослідження впливаючих факторів

Збір думок фахівців (стадія 1) виконаний групою експертів у складі 15 фахівців (M = 15), чисельний та кваліфікаційний склад якої був обумовлений передбачуваною кількістю об'єктів дослідження (факторів, що впливають; N= 5–

6), а також наявністю експертів-фахівців, які мають достатній рівень компетентності розглядуваного питання, та за умови дотримання умови $M > N$.

Рівень компетентності експертів-фахівців оцінювався за допомогою анкет самооцінки експерта (табл. 2.1) [17].

Таблиця 2.1

Анкета самооцінки експерта

Признак	Рівень оцінки		
	високий	середній	низький
1. Рівень знайомства з розглянутою проблемою, років)	більш 10	5 - 10	до 5
2. Ваша теоретична підготовка	д. т. н. або професор	к.т.н. або доцент	інженер
3. Ваш виробничий досвід, років	більш 10	5-10	до 5

Примітка. Зразок заповнення анкети виділено курсивом

Оцінку ступеня компетентності експерта здійснено за допомогою системи коефіцієнтів вагомості: високий рівень самооцінки експерта дорівнює 1, середній – 0,8, низький – 0,5 [15, 16].

Розподіл за джерелами аргументації та рівнем самооцінки наведено у таблиці 2.2.

Для розглянутого прикладу самооцінки експерта (див. табл. 2.1 та 2.2, виділено курсивом) рівень компетентності становить 0,5 + 0,35 + 0,1 = 0,95, що вказує на високий рівень експерта (0,8 < 0,95 < 1).

До складу групи експертів, для виконання мозкової атаки «збір думок», увійшли такі фахівці: п`ять професорів, чотири кандидати технічних наук та шість інженерів з досвідом роботи на виробництві не менше 5 років (рівень компетентності експертів становив 0,725 до 0,95).

Таблиця 2.2

Система коефіцієнтів вагомості

Ознака	1	***0,5***	0,45	0,35
	2	***0,35***	0,25	0,075
	3	0,15	***0,1***	0,075
		1	0,8	0,5
	Рівень	високий	середній	низький

Висловлення окремих думок з питання, що розглядається, виконано експертами шляхом заповнення відповідного листа опитування (табл. 2.3). Результати опитування наведено у дод. Б, табл. Б.1 – Б.6.

Таблиця 2.3

№ п/п (n = 1, *K*)	Назва ***групи факторів***
1	А-група**. Функціонально-цільові умови будівництва**
2	Б-група**. Будівельно-технологічні характеристики об'єкта зведення**
3	В-група**. Конструктивно-технологічна досконалість віконної системи**
4	Г-група**. Технологічні фактори**
5	Д-група**. Організаційні умови і обмеження**

В результаті виконаної згортки отримано основні групи (підгрупи) факторів, що впливають (табл. 2.4). Згортка виконана з урахуванням частоти висловлювань експертів щодо тієї чи іншої групи факторів.

Таблиця 2.4

Групування (згортка) впливаючих факторів (думок) експертів [39]

	Назва фактору	Частота висловлень	
		абсолютна, a_i	відносна, h_i
1	*2*	*3*	*4*
	А - група. Функціонально-цільові умови будівництва		
1	А.1. Вид будівництва (нове будівництво, реконструкція, ремонт)	13	0,159
2	А.2. Метод улаштування, оновлення віконних конструкцій (масове улаштування, повна, часткова або фрагментарна заміна, ремонт)	13	0,159
	Всього:	*26*	*0,317*
	Б – група. Будівельно-технологічні характеристики об'єкта зведення		
3	Б.1. Об'ємно-планувальне рішення об'єкту	1	0,012
4	Б.2. Конструктивне рішення об'єкту	5	0,061
5	Б.3. Технічний стан та наявність попередніх модернізацій і втручань в існуючий будинок	3	0,037
	Всього:	*9*	*0,110*
	В-група. Конструктивно-технологічна досконаліть віконної системи		
6	В.1. Конструктивна гнучкість до перетворення розмірів і форми (властивості трансформера)	2	0,024
7	В.2. Технологічність процесу монтажу	2	0,024
	Всього:	*4*	*0,049*
	Г – група. Технологічні фактори		

Продовження таблиці 2.4

8	Г.1. Параметри фронту робіт (просторові, технологічні, часові)	12	0,146
9	Г.2. Умови виконання монтажних процесів	2	0,024
10	Г.3. Прийоми виконання монтажних операцій	5	0,061
	Всього:	*19*	*0,232*
	Д – група. Організаційні умови і обмеження		
11	Д.1. Організація будівництва об’єкту	12	0,146
12	Д.2. Обмеження	12	0,146
	Всього:	*24*	*0,293*
		82	**1**

Зібрано 82 висловлення експертів відносно поставленого проблемного питання, які експертами-організаторами були узагальнені та згруповані з урахуванням відносної частоти висловлень експертів щодо того чи іншого фактору.

Відносні частоти висловлень h_i щодо i-х факторів негативного впливу визначені за відомою формулою математичної статистики [16]:

$$\boldsymbol{h_i = \frac{a_i}{n}},$$

де a_i – абсолютна частота висловлень щодо i-го фактору;

n – загальна кількість висловлювань (n = 82).

Статистична обробка вибірки здійснена за допомогою прикладної програми Microsoft Excel. Результати обробки та групування факторів впливу наведені у дод. Б.

На основі статистичної обробки результатів опитування вся сукупність висловлень експертів відносно факторів які впливають на вибір технології монтажу систематизована на таки групи:

- Функціонально-цільові умови будівництва (відносна частота hj = 0,317);
- Будівельно-технологічні характеристики об’єкта зведення (відносна частота hj = 0,110);

- Конструктивно-технологічна досконалість віконної системи (відносна частота hj = 0,049);
- Технологічні фактори (відносна частота hj = 0,232);
- Організаційні умови і обмеження (відносна частота hj = 0,293, див. табл. 2.4 та рис. 2.3);

Рівень вагомості зазначених груп факторів ілюструє побудована гістограма (рис. 2.3) на якій відображено розподілення думок експертів за відносною частотою висловлень h_i.

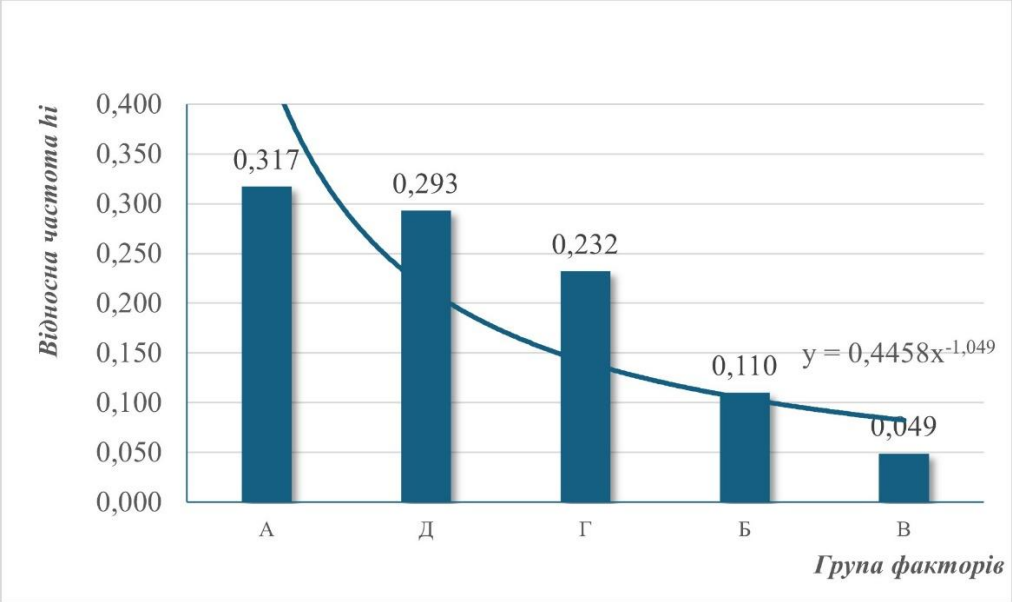


Рис. 2.3 Гістограма розподілу груп факторів за відносної частотою висловлень (h)

Таким чином, на думку експертів, найвпливовішими факторами які впливають на вибір технології монтажу є функціонально-цільові умови будівництва (група А), організаційні умови та обмеження (група Д) та технологічні факторі (група Г) займають, відповідно, друге та третє місця, будівельно-технологічні характеристики об’єкта (група Б) займає четверте місце, а конструктивно-технологічна досконалість віконної системи (група В) займає п’яте місце за значимістю.

Для отримання узгодженого документа про групи факторів, що впливають (стадія 2) виконана мозкова атака «в рознос» з узагальненням раніше

отриманих думок експертів (див. табл. 2.4), а також результатів аналізу та систематизації умов виконання монтажу світлопрозорих конструкцій.

Мозкова атака «в рознос» виконана іншою групою експертів, з жорсткою критикою заздалегідь підготовлених документів (опитувальних листів) з одночасними пропозиціями щодо удосконалення складу та змістового груп факторів і підготовкою єдиного узгодженого документа (рис. 2.4).

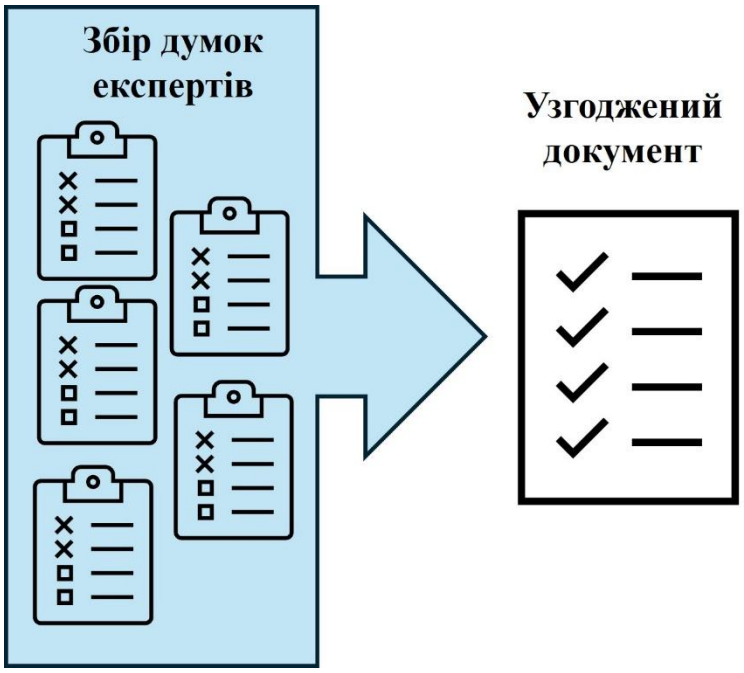


Рис. 2.4. Схема мозкової атаки “в рознос” [35]

У результаті виконаної мозкової атаки «в рознос» було отримано новий повністю узгоджений документ – групи чинників, які впливають на вибір раціональних методів монтажу світлопрозорих конструкцій (табл. 2.5).

Для виявлення підгруп і факторів здійснено їхній структурний аналіз (рис. 2.5 – 2.7).

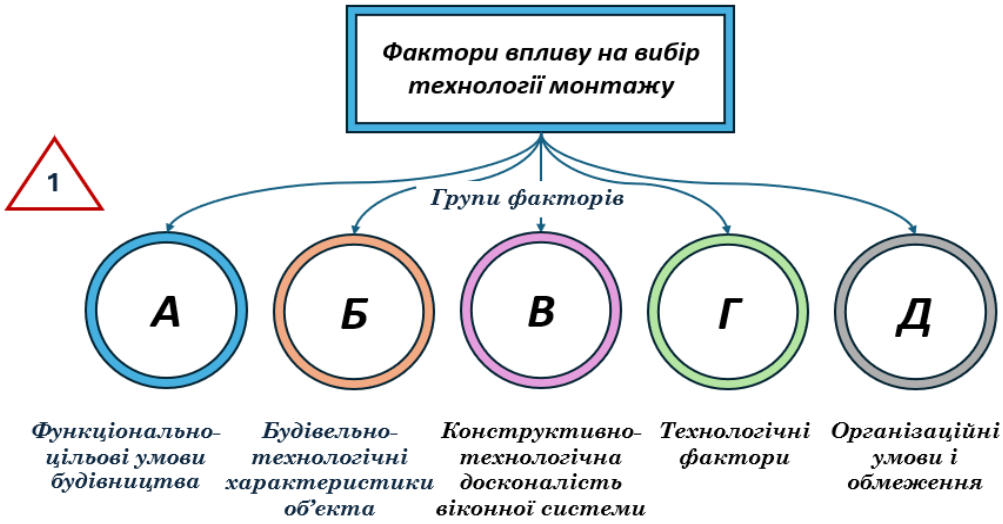


Рис.2.5. Розподіл факторів, які впливають на вибір технології монтажу світлопрозорих конструкцій

Кожна група факторів складається із сукупності підгруп факторів (Рис.2.6).

Групу факторів які відносяться до функціонально-цільових умов будівництва (група А) розподіляємо на дві підгрупи - вид будівництва (А.1) та методи улаштування віконних конструкцій (А.2).

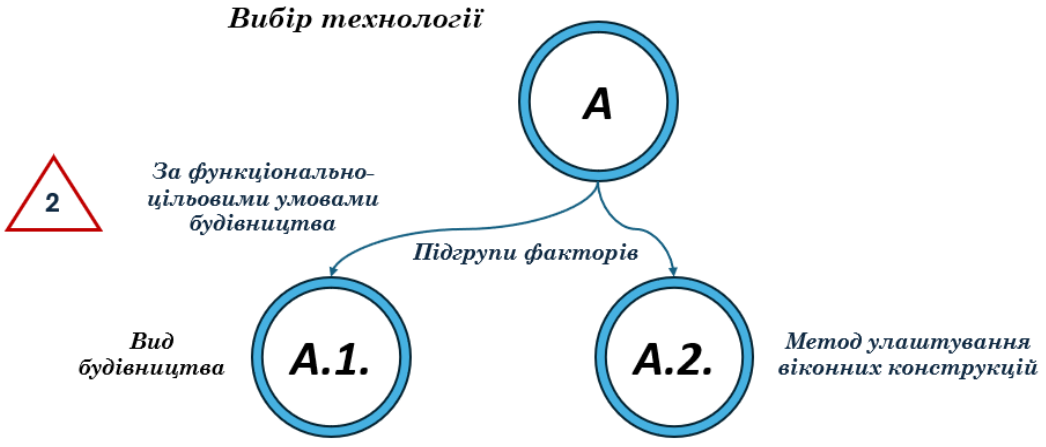


Рис.2.6. Розподіл підгруп факторів, які впливають на вибір технології монтажу світлопрозорих конструкцій

Підгрупа факторів види будівництва (А.1) поділяємо на видові: нове будівництво (А1.1), реконструкція (А1.2), ремонт (А1.3) (рис.2.7).

Підгрупу факторів методи улаштування (А.2) поділяємо на три наступні: масове улаштування (А.2.1), повна або часткова заміна віконних конструкцій (А.2.2) та фрагментарна заміна або ремонт віконних конструкцій у існуючому будинку (А.2.3).

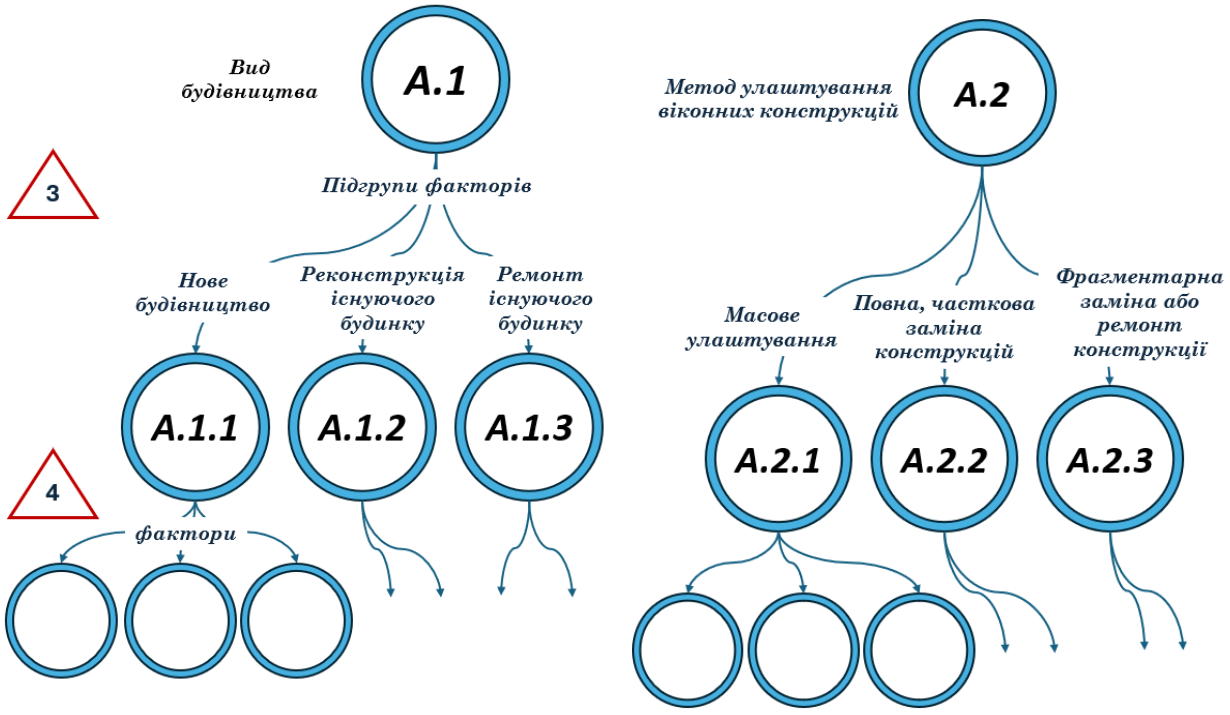


Рис. 2.7. Розподіл факторів, які впливають на вибір технології монтажу світлопрозорих конструкцій

Таблиця 2.5

Основні групи факторів, впливаючих на вибір раціональних методів монтажу світлопрозорих конструкцій [35]

Групи факторів	**Підгрупи факторів**
А - група. Функціонально-цільові умови будівництва	**А.1.** Вид будівництва (нове будівництво, реконструкція, ремонт)
	А.2. Метод улаштування, оновлення віконних конструкцій (масове улаштування, повна, часткова або фрагментарна заміна, ремонт)
Б – група. Будівельно-технологічні характеристики об’єкта зведення	**Б.1.** Об’ємно-планувальне рішення об’єкту
	Б.2. Конструктивне рішення об’єкту
	Б.3. Технічний стан та наявність попередніх модернізацій і втручань в існуючий будинок
В-група. Конструктивно-технологічна досконалість віконної системи	**В.1.** Конструктивна гнучкість до перетворення розмірів і форми (властивості трансформера)
	В.2. Технологічність процесу монтажу
Г – група. Технологічні фактори	**Г.1.** Параметри фронту робіт (просторові, технологічні, часові)
	Г.2. Умови виконання монтажних процесів
	Г.3. Прийоми виконання монтажних операцій
Д – група. Організаційні умови і обмеження	**Д.1.** Організація будівництва об’єкту
	Д.2. Обмеження

Таблиця 2.6

Декомпозиція ***A*** – факторів

(Функціонально-цільові умови)

Група факторів	**Підгрупа факторів**	**Фактори**
А - група. Функціонально-цільові умови будівництва	***A.1.*** Вид будівництва	***A.1.1.*** Нове будівництво
		A.1.2. Реконструкція існуючого будинку
		A.1.3. Ремонт існуючого будинку
	A.2. Метод улаштування, оновлення віконних конструкцій	***A.2.1.*** Масове улаштування віконних конструкцій
		A.2.2. Повна, часткова заміна або ремонт віконних конструкцій у існуючому будинку
		A.2.3. Фрагментарна заміна або ремонт віконних конструкції у існуючому будинку

Таблиця 2.7

Декомпозиція ***Б*** – факторів (Будівельно-технологічні характеристики)

Група факторів	Підгрупа факторів	Фактори
Б – група. Будівельно-технологічні характеристики об’єкта зведення	**Б.1.** Об’ємно-планувальне рішення об’єкту	**Б.1.1.** Поверховість та геометричні розміри будівлі
		Б.1.2. Компонувальна схема будівлі (наявність однорідних/неоднорідних об’ємів)
		Б.1.3. Прорізність стінового заповнення фасадів будівлі
	Б.2. Конструктивне рішення об’єкту	**Б.2.1.** Конструктивна система будівлі
		Б.2.2. Конструктивна схема будівлі
		Б.2.3. Конструктивне виконання стінового заповнення
	Б.3. Технічний стан та наявність попередніх модернізацій і втручань в існуючий будинок	**Б.3.1.** Технічний стан конструкцій і існуючого будинку в цілому
		Б.3.2. Характер и ступень пошкодження стінового заповнення і віконних конструкцій
		Б.3.3. Наявність попередніх модернізацій і втручань в існуючий будинок

Таблиця 2.8

Декомпозиція ***B*** – факторів (Будівельно-технологічні характеристики)

Група факторів	Підгрупа факторів	Фактори
B - група. Конструктивно-технологічна досконаліть віконної системи	**B.1.** Конструктивна гнучкість до перетворення розмірів і форми (властивості трансформера)	**B.1.1.** Можливість корекції геометричних розмірів і форми
		B.1.2. Наявність конструктивних адаптерів
		B.1.3. Наявність додаткових конструктивних елементів та приладів
	B.2. Технологічність процесу монтажу	**B.2.1.** Наявність системи спеціальних засобів механізації та інструменту
		B.2.2. Наявність системи спеціальної будівельної оснастки та інвентарю (траверс, захоплювачів, шаблонів-адаптерів, накладок, підкладок, …)
		B.2.3. Малоопераційність процесу монтажу віконної конструкції
		B.2.4. Трудомісткість підготовчих та допоміжних операцій

Таблиця 2.9

Декомпозиція ***Г*** – факторів (Технологічні фактори)

Група факторів	Підгрупа факторів	Фактори
Г – група. Технологічні фактори	**Г.1.** Параметри фронту робіт (просторові, технологічні, часові)	**Г.1.1.** Просторові параметри фронту робіт (кількість поверхів, дільниць, захваток)
		Г.1.2. Технологічні параметри фронту робіт (обсяги, структура та трудомісткість процесів)
		Г.1.3. Часові параметри (терміни монтажу, інтенсивність, модуль циклічності, крок і темп потоку)
	Г.2. Умови виконання монтажних процесів	**Г.2.1.** Умови постачання віконних конструкцій (елементами, частинами конструкцій, віконними блоками)
		Г.2.2. Спосіб та відстань транспортування до об’єкту, наявність і розташування площадок передмонтажної підготовки та укрупнення
		Г.2.3. Спосіб подавання під монтаж-установку
	Г.3. Прийоми виконання монтажних операцій	**Г.3.1.** Монтаж з ізоляційними стрічками
		Г.3.2. Монтаж з застосуванням рідких герметиків
		Г.3.3. Виносній монтаж EPS-система
		Г.3.4. Виносній монтаж ПВХ-система

Таблиця 2.10

Декомпозиція ***Д*** – факторів

(Організаційні умови)

Група факторів	**Підгрупа факторів**	**Фактори**
Д – група. Організаційні умови і обмеження	**Д.1.** Організація будівництва об’єкту	**Д.1.1.** Строки та послідовність виконання робіт
		Д.1.2. Режим будівництва, оновлення (перша-друга зміни, з припиненням функціонування будівлі чи без припинення, …)
		Д.1.3. Умови організації будівельного господарства
	Д.2. Обмеження	**Д.2.1.** Обмеження на параметри будівельного господарства та режим виконання монтажних процесів
		Д.2.2. Обмеження на забруднення навколишнього середовища

2.3. Оцінка значущості впливу сформованих груп факторів на вибір технології монтажу світлопрозорих конструкцій

Оцінка значущості впливу сформованих груп факторів (етап II, рис.2.8) виконано методом експертної оцінки. [37].

Дослідження значущості факторів виконано з використанням двоетапної схеми експертної оцінки (рис. 2.8), яка дозволяє поступово вдосконалювати загальну сукупність об'єктів дослідження (груп та підгруп факторів) за допомогою отримання та аналізу результатів опитування, їх коригування та подальшої експертної оцінки.

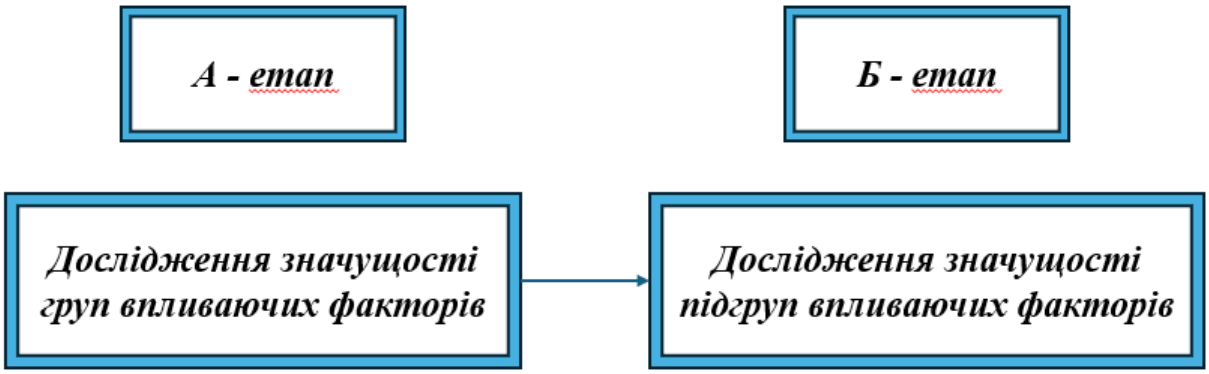


Рис. 2.8. Двохетапна схема експертної оцінки

2.3.1. Дослідження значущості груп факторів, що впливають, виконано в послідовності, відповідно до наведеної на рис. 2.9 схемою експертної оцінки.

Блок 1. Формування об'єктів дослідження, відбір групи експертів. Як об'єкти експертної оцінки прийняті сформовані групи факторів (див. п. 2.2, табл. 2.4), а саме:

А - фактори**.** Функціонально-цільові умови будівництва

Б - фактори. Будівельно-технологічні характеристики об’єкта зведення

В - фактори. Конструктивно-технологічна досконалість віконної системи

Г - фактори. Технологічні фактори

Д - фактори. Організаційні умови і обмеження

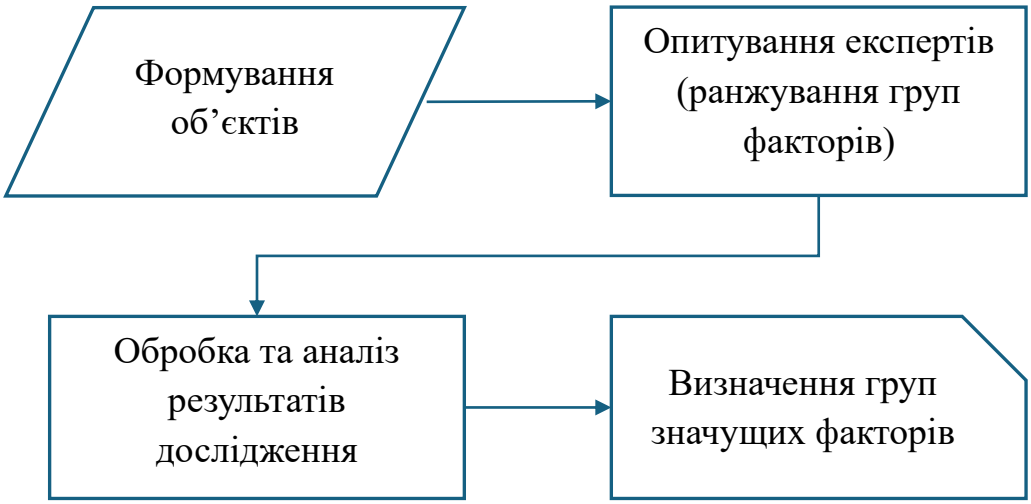


Рис. 2.9. Схема експертної оцінки груп факторів впливу

Отже, першому етапі експертного опитування сформовано п`ять об'єктів дослідження ($N = 5$).

Для проведення експертного опитування сформовано групи експертів у складі 15 осіб – п`ять професорів, чотири кандидати технічних наук та шість інженерів з досвідом роботи на виробництві не менше 5 років (рівень компетентності експертів становив 0,725 до 0,95).

Блок 2. Опитування експертів виконано за допомогою анкети, що містить перелік об'єктів дослідження (групи факторів А, Б, В, Г, Д).

Ранжування виконано за допомогою натуральних чисел у межах кількісного складу об'єктів дослідження для даного етапу від 1 до 5.

У разі присвоєння експертом одного рангу різним групам факторів, виконується нормування рангів даного експерта так, щоб сума рангів ($\sum R$) дорівнювала сумі натурального ряду чисел, яка визначається за формулою [16]:

$$\sum R = \frac{N(N+1)}{2} \quad , \tag{2.1}$$

де N – загальна кількість об'єктів дослідження – груп факторів.

Блок 3. Обробка та аналіз результатів дослідження – оцінка ступеня відповідності оцінок експертів щодо предмета дослідження, виконана за допомогою коефіцієнта конкордації (ω), який розраховується за формулою [16]:

$$\omega = \frac{12\sum Q_i^2}{K^2(N^3 - N) - K\sum U_j} \quad , \tag{2.2}$$

де $\sum Q_i^2$ - загальна варіація вибірки

$$\sum Q_i^2 = \sum (\sum r_{ij} - \bar{r})^2, \tag{2.3}$$

де $\sum r_{ij}$ – сума рангів, які присвоєно i-му об'єкту всіма експертами;

$\bar{r}$ – средня сума рангів:

$$\bar{r} = \frac{\sum\sum r_{ij}}{N} \quad , \tag{2.4}$$

де K – кількість експертів, які взяли участь в опитуванні;

N – загальна кількість об'єктів дослідження;

U_j – показник, що враховує кількість пов'язаних рангів (однакових рангів у кожного експерта):

$$U_j = \sum(u_{sj}{}^3 - u_{sj}), \qquad (2.5)$$

де u_{sj} – число пов'язаних (однакових) рангів у s-й групі j-го експерта.

Коефіцієнт конкордації змінюється у сегменті від нуля до одиниці, якщо він дорівнює одиниці ($\omega = 1$), то говорять про повну узгодженість оцінок експертів [17].

Оцінку значущості коефіцієнта конкордації виконано за критерієм Пірсона (χ^2– хи-квадрат), який розраховується за формулою:

за наявності пов'язаних рангів:

$$\chi_p^2 = \frac{12\Sigma Q_i^2}{KN(N+1) - \frac{\Sigma U_j}{N-1}} \quad , \qquad (2.6)$$

за відсутності пов'язаних рангів:

$$\chi^2{}_p = K\,(N-1)\omega. \qquad (2.7)$$

Розрахований критерій $\chi^2{}_p$ порівнюється з теоретичним значенням критерію Пірсона $\chi^2{}_{1-\alpha}\,(m)$, який береться з математичних таблиць [16] для заданого числа ступенів свободи ($m = N - 1$) та рівня значимості $\alpha = 1\%$ або $\alpha = 5\ \%$.

Якщо розраховане значення критерію Пірсона більше теоретичного $\chi^2{}_p > \chi^2{}_{1-\alpha}(m)$, то гіпотеза про наявність узгодженості оцінках експертів не відкидалася з прийнятим рівнем значимості α.

Розрахунок виконаний у табличній формі (табл. 2.11), яка є матрицею виду $R = \{r_{ij}\}$, $i = 1,2,.N$; $j = 1,2,...,K$ (N – кількість об'єктів дослідження – груп факторів, K – кількість експертів).

Розрахункове значення критерію Пірсона (за відсутності пов'язаних рангів):

$$\chi^2{}_p = K\,(N-1)\omega = 15(5\ -1)0.5 = 30$$

Теоретичне значення критерію Пірсона визначено за 1 % рівня значущості ($\alpha = 0,01$) та кількості ступенів свободи $m = N - 1 = 15 - 1 = 14$:

$$\chi^2{}_{1-0,01}(14) = 29,1$$

Якщо $\chi^2_p = 30 > \chi^2_{1\text{-}0,01}(14) = 29,1$, тоді гіпотеза про наявність узгодженості в оцінках експертів не відкидається з рівнем значимості $\alpha = 0,01$.

Таким чином, ми маємо високу узгодженість між окремими поглядами експертів щодо досліджуваного питання.

Блок 4. Визначення значних груп чинників виконано виходячи з всебічного аналізу отриманих результатів.

Отримані дані оцінки значущості груп факторів представлені у вигляді діаграми рангів (рис. 2.10), де по осі абсцис відкладено об'єкти дослідження (групи факторів), а по осі ординат – суми рангів.

Таблиця 2.11

Матріца рангів. Фактори, що найбільше впливають на вибір технології монтажу світлопрозорих конструкцій

Номер експерта, $j = (1, K)$	Об'єкти дослідження, $i = (1, N)$				
	А	***Б***	***В***	***Г***	***5***
1	1	4	2	3	5
2	1	4	2	3	5
3	4	5	1	2	3
4	1	4	3	2	5
5	1	4	3	2	5
6	1	4	2	3	5
7	1	4	5	2	3
8	1	4	3	2	5
9	1	4	3	2	5
10	1	5	3	2	4
11	2	1	5	3	4
12	4	1	3	2	5
13	1	3	2	4	5
14	3	2	4	1	5
15	1	2	3	4	5
Сума рангів, $\sum r_{ij}$	24	51	44	37	69
Квадрат відхилення, $(\sum r_{ij} - \bar{r})^2$	441	36	1	64	576
Варіація, $\sum Q_i^2 = \sum(\sum r_{ij} - \bar{r})^2 =$	1118				
Коэффіциент конкордації $\omega = 12\sum Qi^2/(K^2(N^3-N) - K\sum Uj) = 0,5$					

* Ранги нормовані відповідно до формули (2.1)

Чим менша сума рангів, тим більше впливає група факторів на параметри технології монтажу віконних конструкцій.

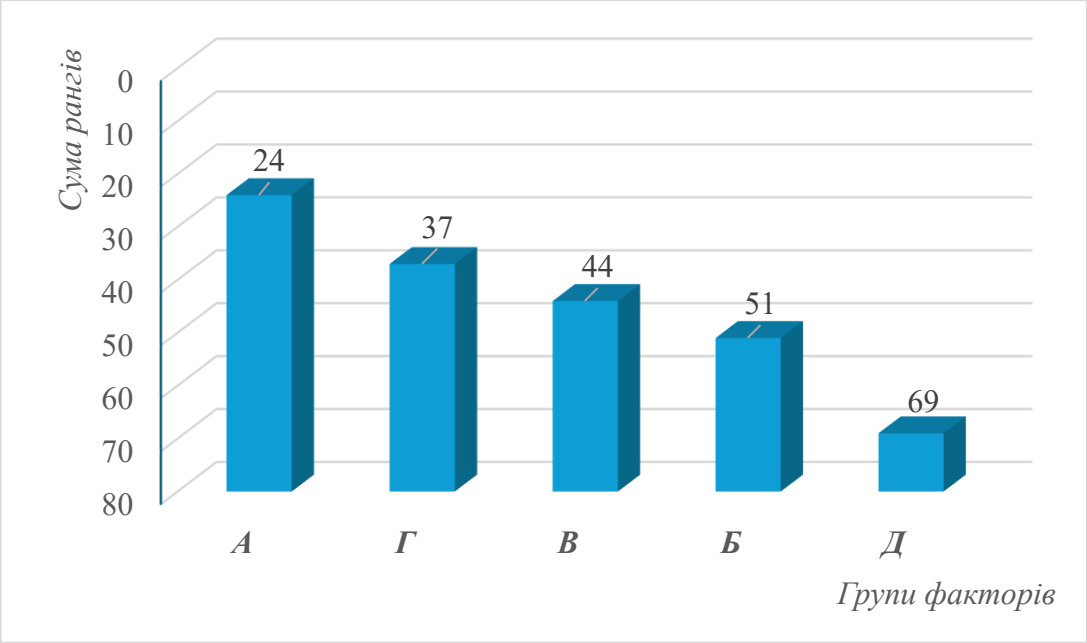


Рис. 2.10. Діаграма рангів

Аналіз діаграми показує, що, на думку експертів, функціонально-цільові умови будівництва (фактор А) мають найбільший вплив на вибір раціональної технології монтажу віконних конструкцій. Також значний вплив надають технологічні фактори (фактор Г) і, трохи менший вплив, конструктивно-технологічна досконалість віконної системи (фактор В), будівельно-технологічні характеристики об'єкта (фактор Б). Вплив організаційних умов та обмежень (фактор Д) на досліджуване питання порівняно з вищевказаними факторами – помітно менше.

Оцінку ступеня впливу аналізованих факторів на параметри технології монтажу світлопрозорих конструкцій доповнено дисперсійним аналізом за допомогою критерію Фішера (F – критерій), який визначається за формулою [16]:

$$F_p = \frac{S_A^2}{S_O^2} > F_\alpha[m, m']$$

де F_p – розрахункове значення F – критерія Фішера;

$F_\alpha[m, m']$ - теоретичне значення критерія Фішера при значущості α=0,10 та кількості ступенів свободи m и m';

m – кількість ступенів свободи для більшої дисперсії при кількості аналізованих факторів r:

$$m = r - 1; \tag{2.9}$$

m' – теж, для меншої дисперсії для вибірки обсягом n:

$$m' = n - r; \tag{2.10}$$

S_A^2 – систематична дисперсія (розсіювання під впливом аналізованих факторів):

$$S_A^2 = \frac{1}{r-1} Q_A^2; \tag{2.11}$$

S_O^2 – залишкова дисперсія (розсіювання під впливом всіх інших факторів) [16]:

$$S_O^2 = \frac{1}{n-r} Q_O^2, \tag{2.12}$$

де Q_A^2, Q_O^2 – варіації, відповідно, систематична та залишкова – остання перебуває із загальної варіації Q^2 за формулою:

$$Q_O^2 = Q^2 - Q_A^2. \tag{2.13}$$

Розрахунок виконано у табличній формі (табл. 2.12) з використанням даних табл. 2.11; результати розрахунку показано на діаграмі (рис. 2.11).

Результати дисперсійного аналізу підтверджують, що спільний вплив сукупності досліджуваних груп факторів (А, Б, В, Г, Д – груп факторів) на параметри технології монтажу віконних конструкцій значуще в порівнянні з іншими факторами, які в даному дослідженні не розглядаються. Крім того, підтверджується і загальний характер впливу виділених груп факторів – найбільший вплив має А – група факторів, найменший вплив має Д – група факторів (рис. 2.8).

Таблиця 2.12

Дисперсійний аналіз ступеня впливу досліджуваних факторів на параметри технології монтажу віконних конструкцій

$Q_O^2=Q^2-Q_A^2=$	677	1082	1117	1054	542
Дисперсія системат $S_A^2=$	110,25	9	0,25	16	144
Остаточна дисперсія $S_O^2=$	9,67	15,45	15,95	15,05	7,74
$F_ф=S_A^2/S_O^2=$	11,39	0,58	0,01	1,06	18,59
$F_{0,10}[59;240]$ =	1,5	<	31,65788		
середній вплив xj=	2,68	2,32	2,41	2,50	2,08
Сумарний вплив **1+2+3+4+5** факторів значимо					
Фактори	***А***	***Б***	***В***	***Г***	***Д***

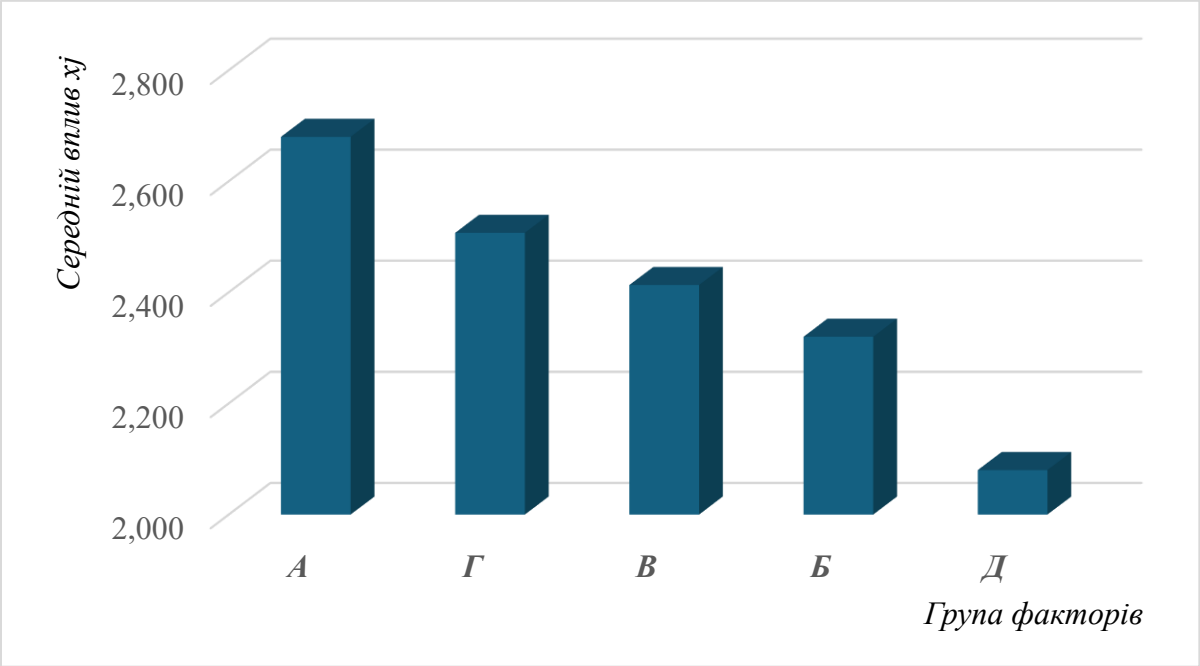


Рис. 2.11. Діаграма середнього впливу

2.3.2. Дослідження значущості підгруп факторів, що впливають, виконано в послідовності, відповідно до наступної схеми експертної оцінки (рис. 2.12).

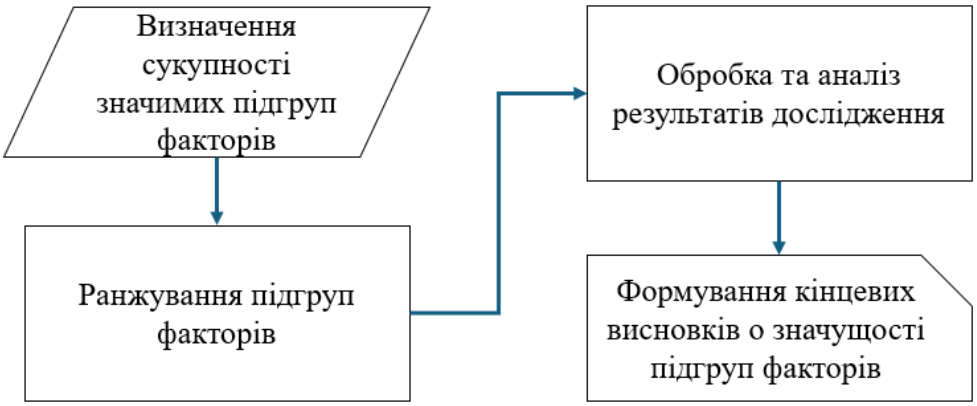


Рис. 2.12. Схема експертної оцінки підгруп факторів впливу

Блок 1'. Визначення сукупності значущих підгруп факторів виконано виходячи з результатів попереднього циклу. З подальшого розгляду було виключено Д – чинники, як такі, які істотно впливають на параметри технології монтажу віконних конструкцій.

Для проведення експертного опитування було сформовано групу експертів у складі 15 осіб – п`ять професорів, три кандидатів технічних наук два аспіратна та п`ять інженерів з досвідом роботи на виробництві не менше 5 років (рівень компетентності експертів становив від 0,725 до 0,95).

Кількість експертів призначена з урахуванням максимальної кількості аналізованих факторів, яка у D – групі факторів становить N = 11, за умови дотримання умови:

$$K > N, \tag{2.15}$$

Як об'єкти експертного дослідження прийнято такі підгрупи факторів (див. п. 2.1, табл. 2.6 – 2.10):

А.1. Вид будівництва

1) А.1.1. Нове будівництво

2) А.1.2. Реконструкція існуючого будинку

3) А.1.3. Ремонт існуючого будинку

А.2. Метод улаштування, оновлення віконних конструкцій

1) А.2.1. Масове улаштування віконних конструкцій

2) А.2.2. Повна, часткова заміна або ремонт віконних конструкцій у існуючому будинку

3) А.2.3. Фрагментарна заміна або ремонт віконних конструкції у існуючому будинку

Б.1. Об’ємно-планувальне рішення об’єкту

1) Б.1.1. Поверховість та геометричні розміри будівлі

2) Б.1.2. Компонувальна схема будівлі (наявність однорідних/неоднорідних об’ємів)

3) Б.1.3. Прорізність стінового заповнення фасадів будівлі

Б.2. Конструктивне рішення об’єкту

1) Б.2.1. Конструктивна система будівлі

2) Б.2.2. Конструктивна схема будівлі

3) Б.2.3. Конструктивне виконання стінового заповнення

Б.3. Технічний стан та наявність попередніх модернізацій і втручань в існуючий будинок

1) Б.3.1. Технічний стан конструкцій і існуючого будинку в цілому

2) Б.3.2. Характер и ступень пошкодження стінового заповнення і віконних конструкцій

3) Б.3.3. Наявність попередніх модернізацій і втручань в існуючий будинок

В.1. Конструктивна гнучкість до перетворення розмірів і форми (властивості трансформера)

1) В.1.1. Можливість корекції геометричних розмірів і форми

2) В.1.2. Наявність конструктивних адаптерів

3) В.1.3. Наявність додаткових конструктивних елементів та приладів

В.2. Технологічність процесу монтажу

1) В.2.1. Наявність системи спеціальних засобів механізації та інструменту

2) В.2.2. Наявність системи спеціальної будівельної оснастки та інвентарю (траверс, захоплювачів, шаблонів-адаптерів, накладок, підкладок, …)

3) В.2.3. Малоопераційність процесу монтажу віконної конструкції

4) В.2.4. Трудомісткість підготовчих та допоміжних операцій

Г.1. Параметри фронту робіт (просторові, технологічні, часові)

1) Г.1.1. Просторові параметри фронту робіт (кількість поверхів, дільниць, захваток)

2) Г.1.2. Технологічні параметри фронту робіт (обсяги, структура та трудомісткість процесів)

3) Г.1.3. Часові параметри (терміни монтажу, інтенсивність, модуль циклічності, крок і темп потоку)

Г.2. Умови виконання монтажних процесів

1) Г.2.1. Умови постачання віконних конструкцій (відправними елементами, частинами конструкцій, конструкціями, віконними блоками)

2) Г.2.2. Спосіб та відстань транспортування до об’єкту, наявність і розташування площадок передмонтажної підготовки та укрупнення

3) Г.2.3. Спосіб подавання під монтаж-встановлення.

Г.3. Прийоми виконання монтажних операцій

1) Г.3.1. Монтаж з ізоляційними стрічками

2) Г.3.2. Монтаж з застосуванням рідких герметиків

3) Г.3.3. Виносний монтаж EPS-система (VSThermo та ін.)

4) Г.3.4. Виносний монтаж ПВХ-система (Veka)

Д.1. Організація будівництва об’єкту

1) Д.1.1. Строки та послідовність виконання робіт

2) Д.1.2. Режим будівництва, оновлення (перша-друга зміни, з припиненням функціонування будівлі чи без припинення, …)

3) Д.1.3. Умови організації будівельного господарства

Д.2. Обмеження

1) Д.2.1. Обмеження на параметри будівельного господарства та режим виконання монтажних процесів

2) Д.2.2. Обмеження на забруднення навколишнього середовища

Блок 2 '. Ранжування нової сукупності об'єктів дослідження.

Цей етап, загалом, виконується відповідно до раніше наведеної методики опитування. Відмінність полягає в тому, що експерти заповнювали нові анкети. До складу яких було включено підгрупи факторів.

Блок 3 '. Обробка та аналіз результатів опитування виконані за раніше наведеною методикою.

Блок 4 '. Формування остаточних висновків щодо досліджуваного питання виконано на підставі отриманих результатів, які проілюстровані на побудованих діаграмах рангів (рис. 2.13) на підставі даних відповідних матриць рангів, наведених у дод. Б.

За результатами другого етапу експертної оцінки значущості підгруп факторів можна зробити наступні узагальнення:

– перша група факторів показує, що фактори виду будівництва більш значимі у порівнянні з методами улаштування, але друга підгрупа факторів також надає вплив на вибір раціональних методів технології монтажу віконних конструкцій (рис. 2.13, а);

– у другої групі можна виділіти найбільш впливовішу підгрупу параметрів фронту робіт, (рис. 2.13, б);

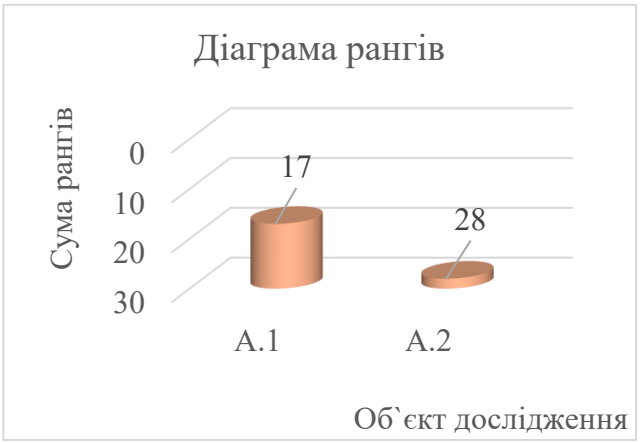
– третя група факторів у порядку зменшення їх рівня значущості: це технологічність процесу монтажу та конструктивна гнучкість віконної системи (рис. 2.13, в);

– четверта група факторів підкреслює значимість факторів конструктивного рішення та технічного стану будинку (рис. 2.13, г);

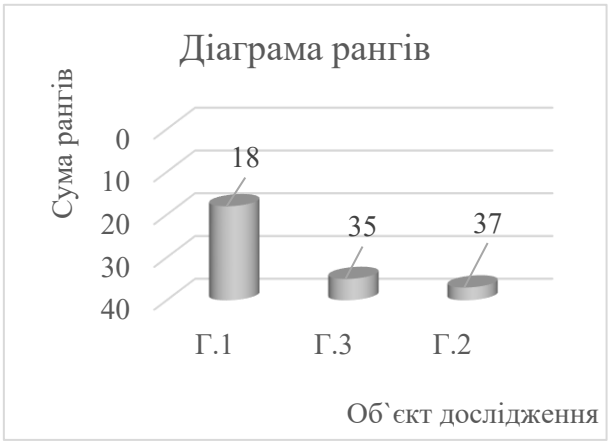
– п’ята група підкреслює значимість факторів організації будівництва (рис. 2.13, д).

Таким чином, на підставі результатів двоетапної експертної оцінки визначено загальну сукупність основних факторів, що впливають на вибір технології монтажу світлопрозорих конструкцій (рис. 2.14). Групи факторів, що впливають, і самі фактори наведені в порядку значущості з верху-вниз.

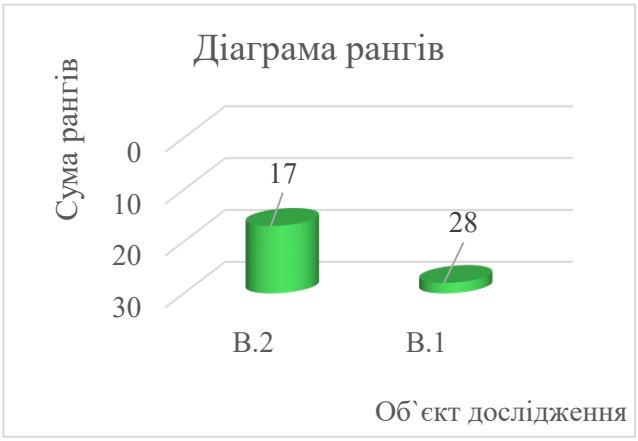
а)



б)



в)



г)



д)

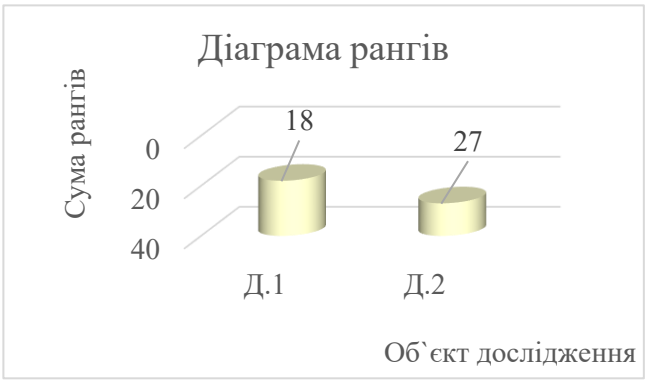


Рис. 2.13. Експертна оцінка підгруп факторів впливу

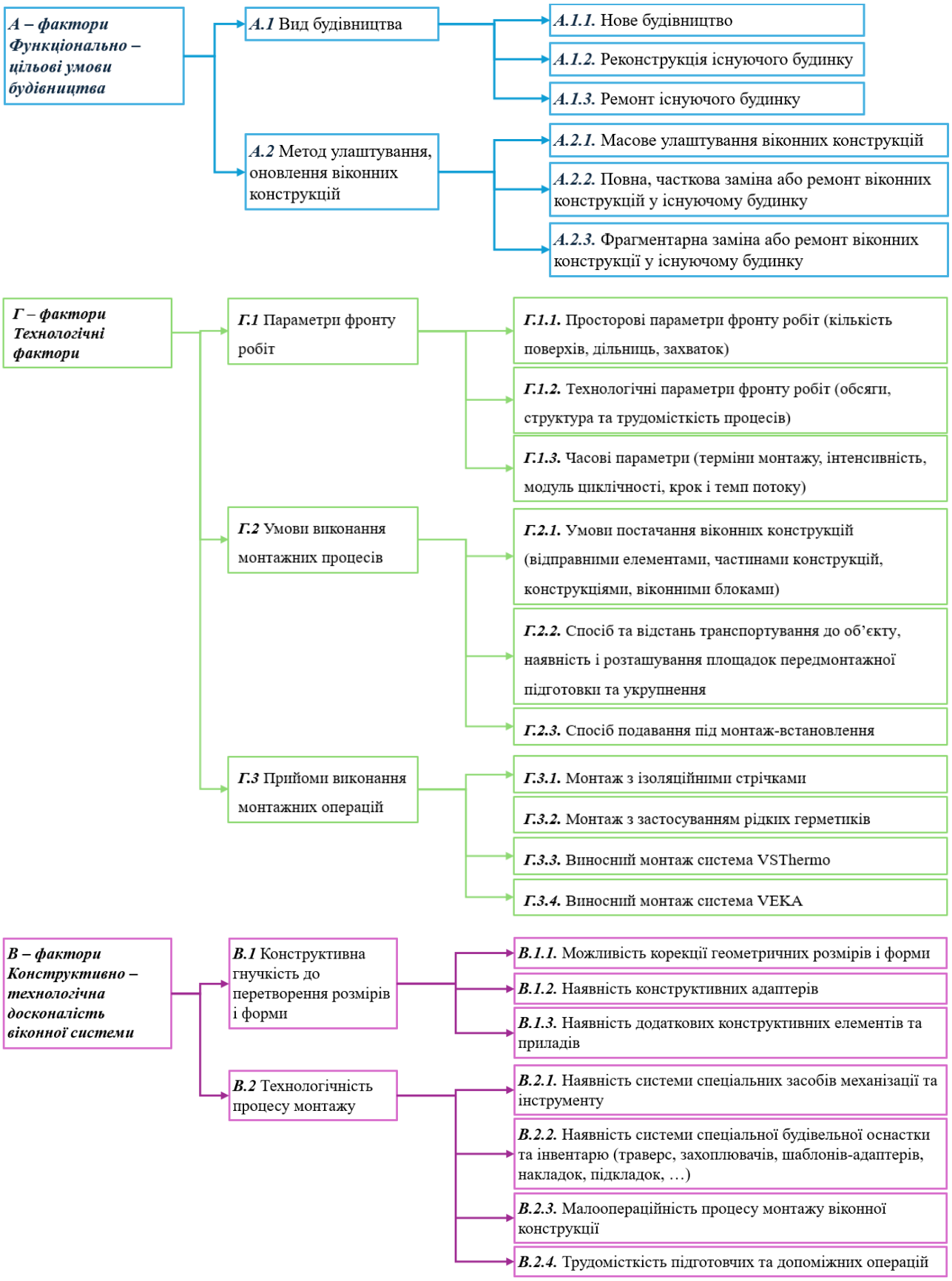


Рис. 2.14. (початок) Основні фактори, що впливають на вибір раціональних методів монтажу віконних конструкцій

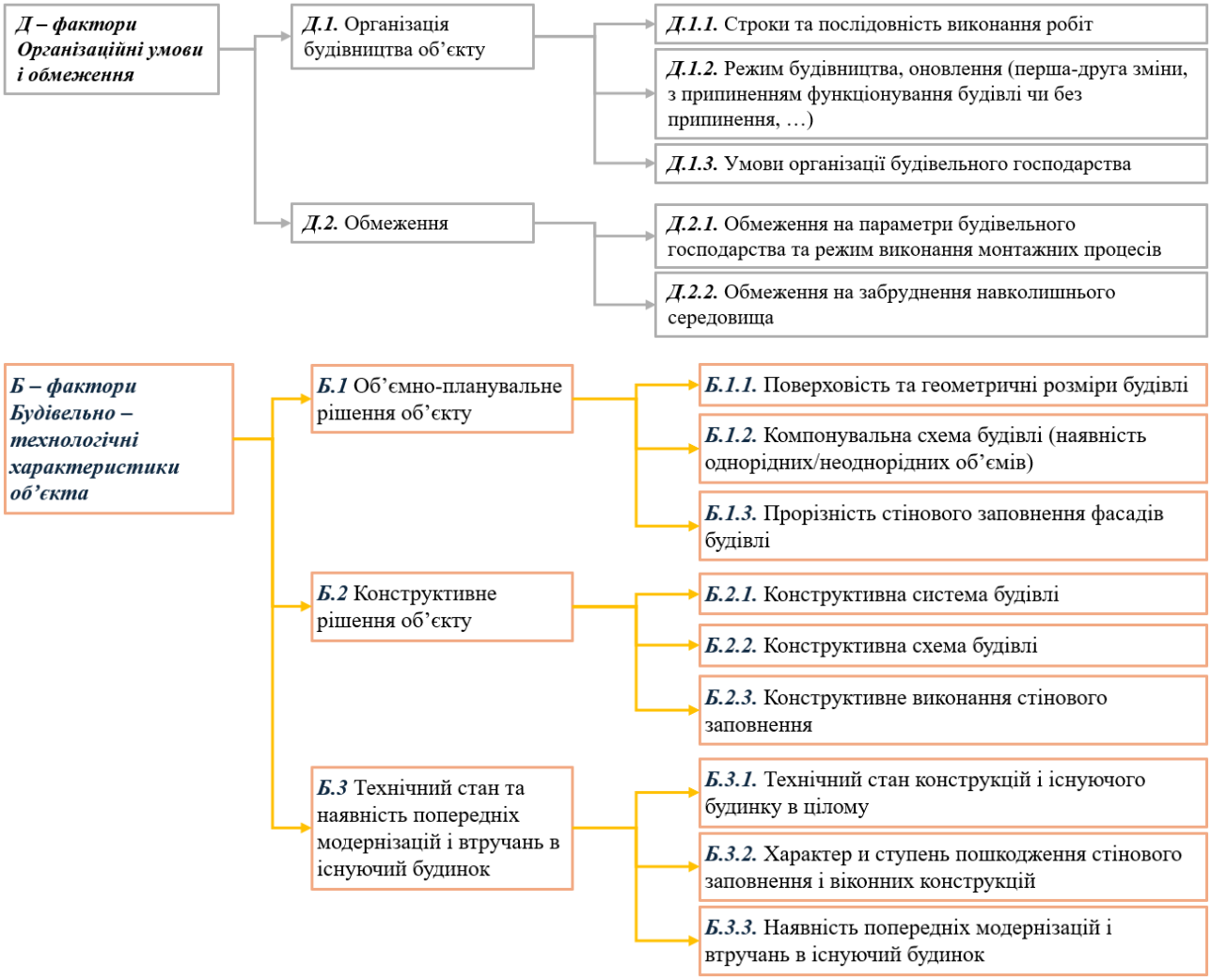


Рис. 2.14. Основні фактори, що впливають на вибір раціональних методів монтажу віконних конструкцій (закінчення)

2.4. Дослідження факторів, які найбільш впливають на вибір методів монтажу світлопрозорих конструкцій

Основою дослідження факторів є ідеалізація впливу процесів будівництва на об'єкти будівництва.

Зазначену множину факторів будемо описувати *n*–мерним радіус – вектором

$$\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{rev}} = \left(\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{I}}, \overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{II}}, \overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{III}}, \overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{IV}}, \overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{V}}\right) = \left(\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{I.1}}, \overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{I.2}}, \overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{II.1}}, \dots, \overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{V.1}}, \overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{V.2}}\right) = \begin{pmatrix} (\boldsymbol{a1}, \boldsymbol{a2}, \boldsymbol{a3}) & (\boldsymbol{b1}, \boldsymbol{b2}, \boldsymbol{b3}) \\ (\boldsymbol{c1}, \boldsymbol{c2}, \boldsymbol{c3}) & (\boldsymbol{d1}, \boldsymbol{d2}, \boldsymbol{d3}) \\ (\boldsymbol{e1}, \boldsymbol{e2}, \boldsymbol{e3}) & (\boldsymbol{f1}, \boldsymbol{f2}, \boldsymbol{f3}) \\ (\boldsymbol{g1}, \boldsymbol{g2}, \boldsymbol{g3}, \boldsymbol{g4}) & (\dots) \end{pmatrix}, \quad (2.28)$$

де

$(\overline{X}_I, \overline{X}_{II}, \overline{X}_{III}, \overline{X}_{IV}, \overline{X}_V)$ – радіус–вектори, що описують множину враховуваних факторів (відповідно, *функціонально-цільові умови будівництва, технологічні фактори, конструктивно-технологічна досконалість віконної системи, будівельно-технологічні характеристики об'єкта та вплив організаційних умов та обмежень*) заданих відповідними радіус – векторами ($\overline{X}_{I.1}$, $\overline{X}_{I.2}$, $\overline{X}_{II.1}$, …, $\overline{X}_{V.1}$, $\overline{X}_{V.2}$) та координатами – факторами:

$\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{I.1}} = (a_1, a_2, a_3)$ – характеристичні параметри виду будівництва;

$\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{I.2}} = (b_1, b_2, b_3)$ – характеристичні параметри методів улаштування;

$\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{II.1}} = (c_1, c_2, c_3)$, $\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{II.2}} = (d_1, d_2, d_3)$ та $\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{II.3}} = (e_1, e_2, e_3)$ – характеристичні параметри фронту, умов та технологічних прийомів виконання монтажних робіт;

$\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{III.1}} = (f_1, f_2, f_3)$ та $\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{III.2}} = (g_1, g_2, g_3, g_4)$ – конструктивно – технологічна досконалість;

$\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{IV.1}} = (h_1, h_2, h_3)$, $\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{IV.2}} = (i_1, i_2, i_3)$, $\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{IV.3}} = (j_1, j_2, j_3)$ – будівельно – технологічні характеристичні параметри;

$\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{V.1}} = (k_1, k_2, k_3)$ та $\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{V.2}} = (l_1, l_2, l_3)$ – характеристичні параметри організаційних умов та обмежень.

В свою чергу кожний із параметрів (від a до l) є радіусом-вектором та за-дається відповідними координатами, наприклад, поверховість та геометричні розміри будівлі c_1 описується координатами:

$$\bar{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{1}} = \{\boldsymbol{c_{11}, c_{12}, c_{13}, c_{14}, c_{15}, c_{16},}\}, \tag{2.29}$$

де $\{\boldsymbol{c_{11}, c_{12}, c_{13}, c_{14}, c_{15}, c_{16},}\}$ – відповідно, довжина, ширина, висота, поверховість, периметр фасаду будівлі, споруди.

Таким чином, задача обґрунтування достатньої множини факторів, що впливають на вибір технології монтажу при спорудженні ξ-го об'єкту, полягає у встановленні значень відповідних координат – факторів (від a_1 до l_2) (див. (2.28) та (2.29)):

$$\overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{rev}}^{\boldsymbol{\xi}} = \begin{pmatrix} \{\boxed{\boldsymbol{a_1}}, \boldsymbol{a_2}, \boldsymbol{a_3}\} \\ \{\boxed{\boldsymbol{b_1}}, \boldsymbol{b_2}, \boldsymbol{b_3}\} \\ \dots \\ \{\boldsymbol{l_1}, \boxed{\boldsymbol{l_2}}\} \end{pmatrix} \tag{2.30}$$

Формування характеристичних параметрів об'єкту будівництва [55]. Множину процесів будівельного виробництва вибірково-екстремальної структури $\{P_j\}$ сформовано на основі статистичного аналізу характеристичних параметрів будівництва $\overline{XI}$ (див. п. 2.4), взятих за об'єктами-представниками (дод. В).

Множина об'єктів-представників являє собою випадкову вибірку, у яку включені об'єкти житлового будівництва (з 35 найменувань, дод. А), як найбільш поширений вид нового будівництва, що здійснюється і проектується в м. Києві. Таким чином, радіус-вектор $\bar{a}_1 = \{a_{11}, a_{12}, a_{13}\}$ задається координатою $a_{11} = 1$ – нове будівництво (див. (2.29)).

Наступні характеристичні параметри об'єкту будівництва, такі як обсяги будівництва ($\bar{\boldsymbol{h}}$), об'ємно-планувальні рішення ($\bar{\boldsymbol{c}}$), конструктивні рішення ($\bar{\boldsymbol{d}}$), встановлені статистичним аналізом відповідних величин на об'єктах – представниках (табл. 3.1, дод. В).

Статистичний аналіз даних сформованої випадкової вибірки здійснений за відомими методиками [16] з визначенням наступних характеристик:

- *вибіркове середнє*:

$$\boldsymbol{x_0 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i}\ , \tag{2.31}$$

де n – обсяг вибірки (n = 35);

x_i – випадкова величина;

- *максимальне та мінімальне значення параметру:* x_{max} і x_{min};

- *розмах параметру:*

$$\{x\} = x_{max} - x_{min}, \tag{2.32}$$

- *стандартне відхилення:*

$$\boldsymbol{s = \sqrt{s^2}}, \tag{2.33}$$

де s^2 – дисперсія вибірки:

$$\boldsymbol{s^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}; \tag{2.35}$$

- *середнє мінімальне (максимальне) значення параметру*; (25 – 75) – процентільна широта $x_{75} - x_{25}$, що встановлює розміри інтервалу з 75 % ймовірністю потрапляння випадкової величини:

$$x_{H(B)} = x_0 \mp 0{,}674s, \tag{2.36}$$

де $x_{\text{Н(В)}}$ – відповідно, нижнє (середнє мінімальне) і верхнє (середнє максимальне) значення інтервалу (параметру).

Статистична обробка матеріалів виконана засобами Microsoft Excel з побудовою графічних об'єктів – «діаграми розмаху» (рис. 2.15), що інтерпретують максимальне x_{max} , мінімальне x_{min} і середнє x_0 значення вибірки та її середнє мінімальне x_{25} і середнє максимальне x_{75} значення.

Аналіз статистичних даних дозволив встановити таки *характеристичні параметри ідеального об'єкту будівництва* (див. табл. 2.13 та рис. 2.15):

- c_{11} – довжина будівлі – 53,83 м;
- c_{12} – ширина будівлі – 22,31 м;
- c_{13} – висота будівлі – 68,26 м;
- c_{14} – кількість поверхів – 22,14;
- c_{15} – периметр фасаду – 152,27 м;
- h_{21} – середні обсяги – 12 028 м^2;

- h_{22} – обсяги підготовки прорізів – 17 817 м.п.

Тоді, ідеальний об’єкт будівництва описується такими характеристичними параметрами:

$$\overline{X_I} = (a, c, d, h) = \begin{pmatrix} a_{11} \\ c_{11}, c_{12}, c_{13}, c_{14}, c_{15} \\ d_{11}, d_{22} \\ h_{21}, h_{22} \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 1, \\ 53.83, 22.31, 68.26, 22.14, 152.27, \\ 12028, 17817 \end{pmatrix}$$

Таблиця 2.13

Статистичні параметри ідеального об’єкту будівництва

	Кількість секцій, шт.	Кількість поверхів, шт.	Ширина буд., м	Довжина буд., м	Висота буд., м	Периметр фасаду, м	Обсяг монтажу, $м^2$	Обсяг монтажу, шт.	Обсяг підготовки прорізів, м.п.
Середнє значення параметру x_o =	1,69	22,14	22,31	53,83	68,26	152,27	12 028,00	2 068,04	17 817,00
Максимальне значення параметру x_{max} =	4,00	34,00	42,00	108,00	112,00	252,00	68 310,00	11 350,80	98 571,00
Мінімальне значення параметру x_{min} =	1,00	7,00	15,50	16,10	21,00	68,60	1 240,00	210,00	1 826,00
Розмах параметру $\{x\} = x_{max} - x_{min}$ =	3,00	27,00	26,50	91,90	91,00	183,40	67 070,00	11 140,80	96 745,00
Стандартне відхилення s =	0,80	5,75	5,88	27,84	18,70	54,97	12 995,29	2 239,05	19 228,73
Середнє мінімальне (нижне) значення параметру з 75% ймовірністю $x_{25}=x_o - 0,674s$ =	1,15	18,26	18,35	35,07	55,66	115,22	3 269,17	558,92	4 856,84
Середнє максимальне (верхне) значення параметру з 75% ймовірністю $x_{75}=x_o+0,674s$ =	2,23	26,02	26,27	72,59	80,86	189,32	20 786,83	3 577,16	30 777,16
Коєфіцієнт неоднорідності параметру $\varepsilon = x_{75}/x_{25}$ =	1,94	1,42	1,43	2,07	1,45	1,64	6,36	6,40	6,34

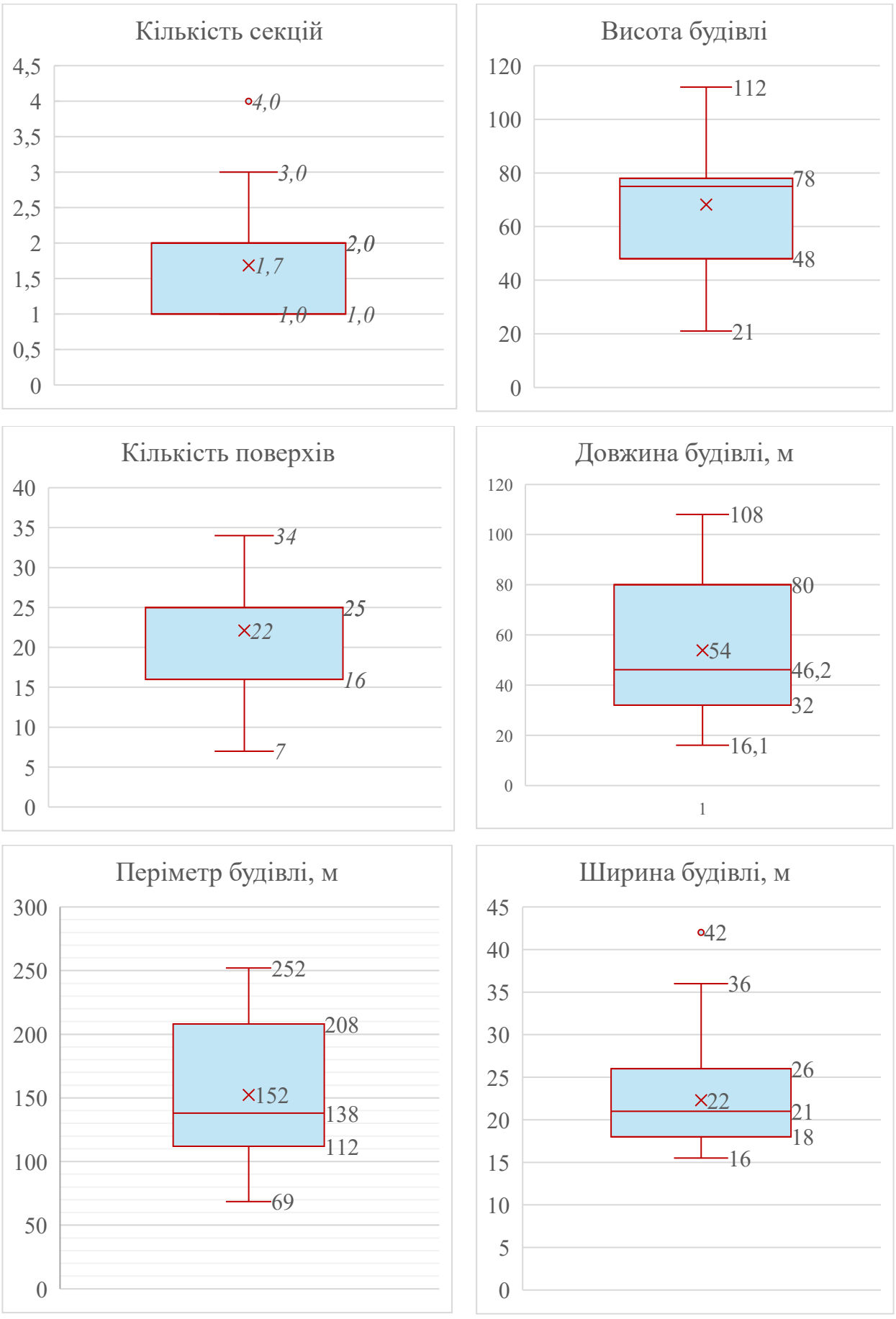


Рис. 2.15. (початок) Характеристичні параметри ідеального об’єкту

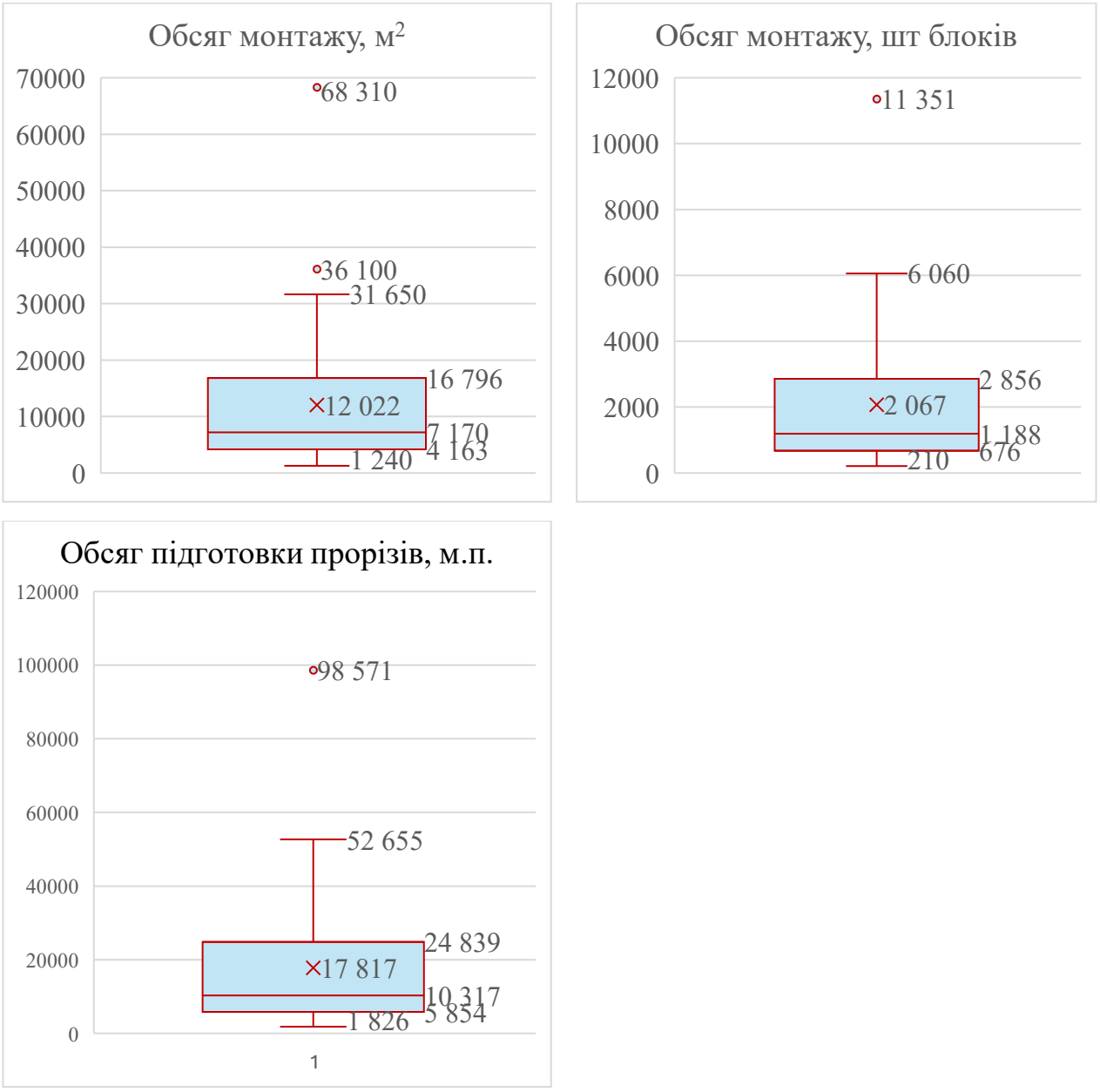


Рис. 2.15. Характеристичні параметри ідеального об’єкту (закінчення)

Таким чином *за ідеальний об’єкт будівництва* в подальших дослідженнях береться 22-х поверхова двосекційна споруда, загальними розмірами у плані 53 на 22 м, висотою до 68 м.

Висновки до розділу 2

1. Підвищення основних техніко-економічних показників виконання монтажних робіт світлопрозорих конструкцій можливе на основі ретельного дослідження та врахування основних впливових факторів, виявлення взаємозв'язку між основними будівельно-технологічними характеристиками і технологіями.

2. На основі проведеного дослідження встановлено основні групи факторів, які можна розглядати як домінуючі при виборі та обґрунтуванні можливих методів монтажу. Дослідження факторів виконано за фактичними даними 35 об'єктів-представників, які можна розглядати як статистичну вибірку, що охоплює більшість новобудов. Виділено такі групи факторів, що впливають: 1) функціонально-цільові умови будівництва; 2) технологічні фактори; 3) конструктивно-технологічна досконаліть віконної системи; 4) будівельно-технологічні характеристики об’єкта; 5) вплив організаційних умов та обмежень. Рівень значущості факторів, що впливають, встановлений за результатами експертної оцінки. Аналіз об'єктів-представників дозволив виділити основні види технологій монтажу: кріплення та запінювання конструкцій в прорізі (*до 40% від загальної кількості*), монтаж вікон з ізоляцією монтажного шва за допомогою рідких герметиків (*35%*), монтаж вікна з використанням пароізоляційних стрічок (*15%*) та виносний монтаж вікна в зоні утеплювача з використанням пароізоляційних стрічок (*10%*).

3. Дослідження нормативної бази показує, що згодом, зміни які відбулися, обмежують варіанти технології які дозволено застосовувати у теперішній час, а саме просте кріплення та запінювання віконних конструкцій у прорізі без застосування гідро- та пароізолючих матеріалів не відповідає чинному законодавству. Тобто виходячи з аналізу об’єктів-представників, ми можемо стверджувати, що наразі ми можемо залишити три основні технології монтажу:

- монтаж вікна з ізоляцією монтажного шва за допомогою рідких герметиків;
- монтаж вікна з ізоляцією монтажного шва за допомогою паро- та гідроізоляційних стрічок;
- монтаж вікна в зоні утеплювача з використанням додаткових систем з ПВХ (VEKAFAST) або зі спіненого полістиролу високої щільності – EPS (VSThermo, blaugelb Triotherm) та ізоляцією монтажного шва пароізоляційними стрічками.

4. Сформовані характеристичні параметри об’єкту будівництва методом статистичного аналізу даних, зібраних на об’єктах-представниках. Здійснена оцінка впливу факторів будівельного виробництва при зведенні ідеального об’єкту будівництва.

РОЗДІЛ 3.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РАЦІОНАЛЬНИХ МЕТОДІВ МОНТАЖУ ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

3.1. Методика дослідження та обґрунтування метод-утворюючих ознак та загальної сукупності методів монтажу віконних та дверних конструкцій

Дослідження та обґрунтування раціональних методів монтажу світлопрозорих огороджуючих конструкцій базується на наступному принципі - технологія монтажу повинна забезпечувати високопродуктивне виконання всього комплексу будівельно-монтажних робіт при одночасному гарантованому забезпеченні енергоефективності оболонки, звукоізоляції, та експлуатаційної стійкості монтажного шва протягом часу експлуатації будівлі.

Наведений вище принцип реалізується послідовними дослідженнями та обґрунтуваннями, що складаються з етапів (рис. 3.1):

1. Систематизація і узагальнення будівельно-технологічних характеристик і умов виконання робіт при виконанні монтажних робіт, і на їх основі встановлення системи метод-утворюючих ознак, що описують особливості монтажу житлових будівель, будівельно-технологічних характеристик прорізу, його технічного стану та характеру.

2. Дослідження та обґрунтування раціональних методів монтажу віконних конструкцій на основі виділеної системи метод-утворюючих ознак, що враховує умови монтажу, необхідність додаткових робіт, а також особливості технічного стану, наявності характерних видів прорізів.

3. Дослідження та обґрунтування раціональних технологічних рішень та параметрів при виконанні монтажу віконних конструкцій для обґрунтованих груп методів.

Перший етап. Обґрунтування системи метод-утворювальних ознак здійснюється шляхом системного аналізу та узагальнення будівельно-технологічних характеристик, взятих з обґрунтованої групи об'єктів-представників (див. дод. А), на основі виявлення характерних ознак, що описують вид, конструктивне рішення і технічний стан, техніку та технологію,

вид і характер монтажу, а також особливості об'ємно-планувального та конструктивного рішень житлового будинку, умов виконання будівельно-монтажних робіт.

Результатом систематизації та узагальнення будівельно-технологічних характеристик є науково-обґрунтована система метод-утворюючих ознак, та чи інша комбінація яких, визначає характерну виробничо-технологічну ситуацію.

Другий етап. Дослідження та обґрунтування раціональних методів монтажу віконних конструкцій здійснюється на основі виділеної системи метод-утворюючих ознак.

Таким чином, результатом другого етапу дослідження є науково обґрунтована система методів монтажу віконних конструкцій житлових будівель, застосування яких гарантовано забезпечує певні характеристики та надійну експлуатацію будівлі.

Третій етап. Обґрунтування організаційно-технологічних моделей технології виконання робіт по монтажу здійснюється методами структурного аналізу для виділених груп методів на організаційно-технологічних моделях, сформованих для кожної сукупності груп методів.



Рис. 3.1. Загальна схема методики дослідження та обґрунтування раціональних методів монтажу віконних конструкцій

Результатом дослідження є науково-обґрунтована сукупність раціональних технологічних параметрів і рішень, що встановлюють структуру і послідовність монтажних процесів, технологічні параметри, взаємозв'язки та організаційні обмеження, застосування яких забезпечує надійну і безпечну роботу віконних конструкцій весь термін експлуатації.

На основі систематизації та узагальнення будівельно-технологічних характеристик та умов виконання робіт при монтажу віконних конструкцій (див. розділ 2) як метод-утворювальні ознаки можна прийняти [76]:

А-ознака. Метод улаштування, оновлення віконних конструкцій

a_1 - масове улаштування віконних конструкцій у новому будинку;

a_2 - повна, часткова заміна віконних конструкцій у існуючому будинку;

a_3 - фрагментарна заміна або ремонт віконних конструкції у існуючому будинку.

В-ознака. Параметри фронту робіт

b_1 - просторові параметри фронту робіт (кількість поверхів, дільниць, захваток);

b_2 - технологічні параметри фронту робіт (обсяги та трудомісткість процесів);

b_3 - часові параметри (терміни монтажу, інтенсивність, модуль циклічності, крок і темп потоку);

С-ознака. Прийоми виконання монтажних операцій

c_1 - монтаж з ізоляцією монтажного шва стрічками;

c_2 - монтаж з ізоляцією монтажного шва рідкими герметиками;

c_3 - виносний монтаж EPS-система VSThermo та інші;

c_4 - виносний монтаж ПВХ-система VEKAFAST.

D-ознака. Технологічність процесу монтажу

d_1 - наявність системи спеціальних засобів механізації та інструменту;

d_2 - наявність системи спеціальної будівельної оснастки та інвентарю;

d_3 - малоопераційність процесу монтажу віконної конструкції;

d_4 - трудомісткість підготовчих та допоміжних операцій.

Е-ознака. Технічний стан та наявність попередніх модернізацій і втручань в існуючий будинок

e_1 - технічний стан конструкцій і існуючого будинку в цілому;

e_2 - характер и ступень пошкодження стін, прорізу та віконних конструкцій;

e_3 - наявність попередніх модернізацій і втручань в існуючий будинок

Сукупність можливих методів монтажу віконних конструкцій можна представити у вигляді n-вимірного векторного простору:

$$\begin{cases} A = (a_1, a_2, a_3) \\ B = (b_1, b_2, b_3) \\ C = (c_1, c_2, c_3, c_4) \\ D = (d_1, d_2, d_3, d_4) \\ E = (e_1, e_2, e_3) \end{cases} \quad (3.1)$$

Комбінація метод-утворюючих ознак формує той чи інший спосіб монтажу віконних конструкцій.

Метод улаштування віконних конструкцій (А – ознака) визначає групу методів монтажу віконних конструкцій (рис. 3.2).

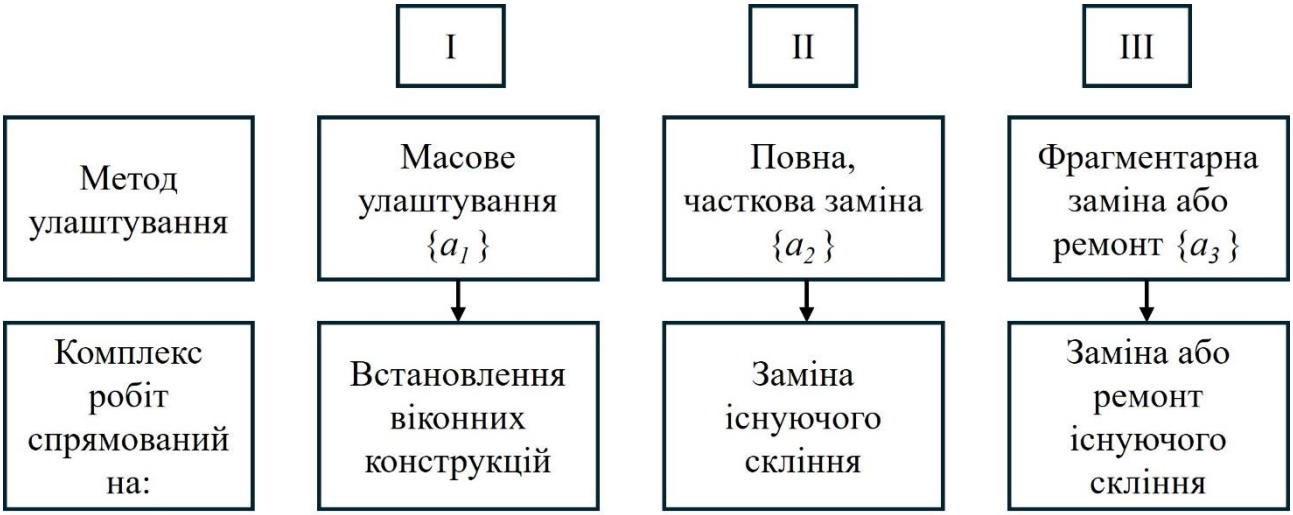


Рис. 3.2. Формування груп методів монтажу віконних конструкцій відповідно до значення А – ознаки

Дійсно, при:

- масовому улаштуванні (вектор $\{a_1\}$) комплекс будівельно-монтажних робіт спрямований на встановлення великої кількості віконних конструкцій у новому будинку;
- заміні існуючого скління (вектор $\{a_2\}$) зазначений вище комплекс робіт спрямований на видалення існуючого скління та встановлення нових віконних конструкцій відповідно до прийнятого проекту;

- фрагментарної заміні або ремонті віконних конструкцій (вектор $\{a_3\}$) – спрямованих на відновлення віконних конструкцій з пристосуванням їх, за необхідності, під нове призначення та навантаження.

Таким чином, А – ознака (метод улаштування, оновлення віконних конструкцій) утворює (при будь-якому поєднанні інших метод-утворюючих ознак) ту чи іншу групу методів монтажу віконних конструкцій житлових будівель (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Структурно-логістична схема утворення груп методів монтажу віконних конструкцій

Група методів	Метод-утворюючі ознаки				
	А-ознака	В-ознака	С-ознака	D-ознака	Е-ознака
I. Масове улаштування віконних конструкцій	$\{a_1\}$	$\{b_1, b_2, b_3\}$	$\{c_1, c_2, c_3, c_4\}$	$\{d_1, d_2, d_3, d_4\}$	-
II. Заміна існуючого скління	$\{a_2\}$	$\{b_1, b_2, b_3\}$	$\{c_1, c_2, c_3, c_4\}$	$\{d_1, d_2, d_3, d_4\}$	$\{e_1, e_2, e_3\}$
III. Заміна або ремонт існуючого скління	$\{a_3\}$	$\{b_1, b_2, b_3\}$	$\{c_1, c_2, c_3, c_4\}$	$\{d_1, d_2, d_3, d_4\}$	$\{e_1, e_2, e_3\}$

Масове улаштування віконних конструкцій (А-ознака набуває значення $\{a_1\}$) утворює першу групу методів – встановлення конструкцій, повна або часткова заміна існуючого скління ($\{a_2\}$) – другу групу методів – заміна скління, фрагментарна заміна або ремонт ($\{a_3\}$) – третю групу методів – ремонт конструкцій.

Умови застосування методів наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Умови застосування методів монтажу

Група методів	Умови використання
I. Масове улаштування конструкцій	Забезпечення масового встановлення нових віконних конструкцій у промислових та цивільних будівлях в умовах нового будівництва.
II. Заміна існуючих конструкцій	Забезпечення повної заміни існуючих віконних конструкцій при повному відновленні або в умовах капітального ремонту відповідно до нових законодавчих вимог та з метою підвищення енергозбереження будівлі.
III. Часткова заміна або ремонт конструкцій	Забезпечення збереження функціональних властивостей віконних конструкцій в умовах довготривалої експлуації шляхом відновлення окремих елементів конструкції (заміна фурнітури, склопакетів, ущільнювачив або частин конструкції).

Групи методів монтажу віконних конструкцій можна представити у вигляді наступних векторних просторів:

I. Масове улаштування

$$\begin{cases} A = (a_1) \\ B = (b_1, b_2, b_3) \\ C = (c_1, c_2, c_3, c_4) \\ D = (d_1, d_2, d_3, d_4) \end{cases} \quad (3.2)$$

II. Повна, часткова заміна

$$\begin{cases} A = (a_2) \\ B = (b_1, b_2, b_3) \\ C = (c_1, c_2, c_3, c_4) \\ D = (d_1, d_2, d_3, d_4) \\ E = (e_1, e_2, e_3) \end{cases} \quad (3.3)$$

III. Фрагментарна заміна або ремонт

$$\begin{cases} A = (a_3) \\ B = (b_1, b_2, b_3) \\ C = (c_1, c_2, c_3, c_4) \\ D = (d_1, d_2, d_3, d_4) \\ E = (e_1, e_2, e_3) \end{cases} \quad (3.4)$$

Спільний аналіз залежностей (3.2) - (3.4) вказує, що для кожної з наведених груп методів будуть існувати певні підгрупи методів монтажу, характерні для того чи іншого характеру поєднання B, C, D та E - ознак.

3.2. Дослідження та обґрунтування раціональних методів монтажу віконних та дверних конструкцій

Раціональні методи монтажу віконних конструкцій житлових будинків формуються виходячи з принципу гарантованого забезпечення комфортного простору у житловому приміщені (тобто комфортного мікроклімату, певної звукоізоляції та тривалої експлуатації), а також з урахуванням особливості конструктивного виконання, технічного стану, якщо мова їде про існуючу будівлю, потрібно провести оцінку характерних пошкоджень і дефектів, умов виконання робіт та організаційних обмежень.

Дослідження та обґрунтування раціональних методів здійснюється не тільки для багатоповерхових будинків, також це стосується приватної забудови і особливо пам’яток архітектури. Оскільки заміна чи ремонт світлопрозорих огороджуючих конструкцій не повинні порушувати цілісність енергоефективної оболонки будівлі та зберігати первісний зовнішній вигляд будівлі. При цьому важливим моментом є збереження комфортного клімату у приміщенні.

Формування раціональних методів монтажу здійснюється як процес синтезу рішень, що складається з послідовних процедур упорядкування вихідної системи методів за допомогою системо-утворюючих факторів (рис. 3.3).

В якості таких факторів виступають метод-утворюючи ознаки (див. п.3.1), що дозволяють упорядковувати вихідну систему методів на групи методів, що реалізують головну функцію монтажу (встановлення конструкцій, заміна або ремонт), на підгрупи методів, що розкривають сутність процесів і явищ, лежачих

в основі перетворення матеріальних елементів на будівельну продукцію, а також на методи, впорядковані за технологічними ознаками (використання стрічок або герметиків, використання додаткових систем монтажу) [76].

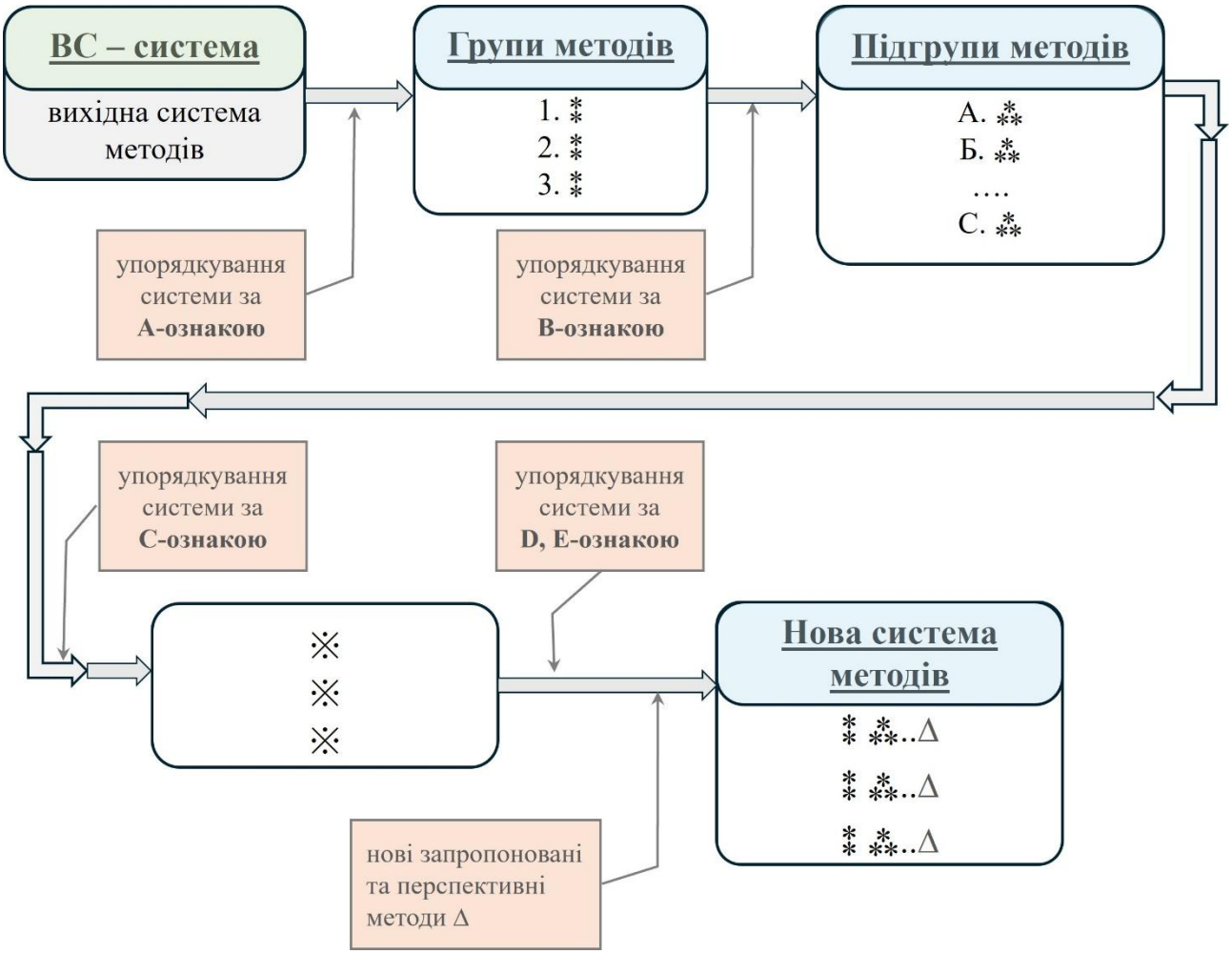


Рис.3.3. Процедурно-логістична схема формування раціональних методів монтажу світлопрозорих конструкцій

На етапах формування В-системи (підгрупи методів) і С, D, Е-системи (методи) вводяться нові структурні елементи (підгрупи та методи), що мають функціональне, конструктивне та технологічне обґрунтування (рис. 3.3). З розвитком науки і техніки структура В-системи і С, D, Е-системи може доповнюватися новими перспективними елементами (рис. 3.3). Таким чином, система методів монтажу віконних конструкцій житлових будинків формується як відкрита система, що розвивається.

Методи монтажу віконних конструкцій.

Методи монтажу віконних конструкцій формуються з урахуванням можливих комбінацій метод-утворювальних ознак – $B = \{b_1, b_2, b_3\}$, $C = \{c_1, c_2, c_3, c_4\}$, $D = \{d_1, d_2, d_3, d_4\}$, $E = \{e_1, e_2, e_3\}$ встановлені на основі раніше виконаного будівельно-технологічного аналізу параметрів та умов монтажу житлових будівель.

Методи монтажу вікон формуються для раніше виділених груп методів, а саме: I. Масове улаштування нових конструкцій; II. Заміна існуючих конструкцій; III. Часткова заміна або ремонт конструкцій.

При масовому улаштуванні віконних конструкцій (***I - група методів***) можливо відокремити три метода: I_a – вертикальний (секційний) метод, I_b – горизонтальний (поповерховий або поярусний) метод та I_c – змішаний.

Вертикальний (секційний) метод монтажу передбачає виконання робіт в окремих секціях, що може значно прискорити загальний термін здачі будівлі у експлуатацію (Рис.3.4).

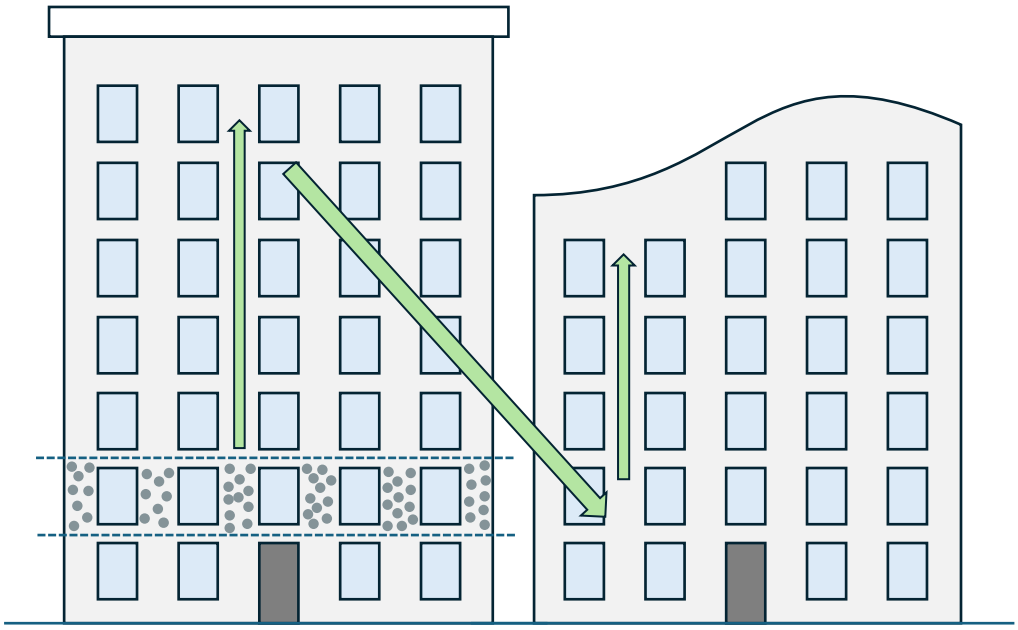


Рис. 3.4. Вертикальний метод монтажу віконних конструкцій

Горизонтальний (поповерховий або поярусний) метод використовується при виконанні робіт широким фронтом (Рис.3.5).

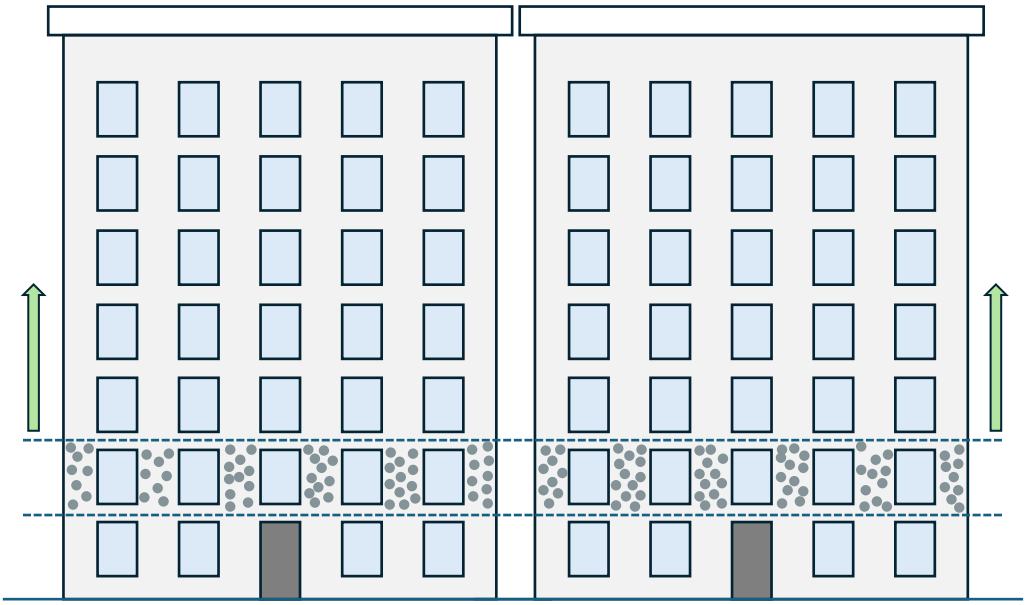


Рис. 3.5. Горизонтальний метод монтажу віконних конструкцій

Змішаний метод використовується при комбінованому будівництві багатоповерхівок зі стилобатними частинами.

При заміні існуючих конструкцій (***II – група***) можливо виділити дві основних підгрупи: – заміна конструкцій при капітальному ремонті, – заміна конструкцій при руйнуванні.

Заміна конструкцій при капітальному ремонті передбачає повний демонтаж існуючого скління, та встановлення на підготовлені прорізи нових світлопрозорих конструкцій, які відповідають чинному законодавству [50, 51].

Заміна конструкцій при руйнуванні передбачає видалення рештків пошкоджених конструкцій, відновлення (підсилення, укріплення) та підготовку прорізу та улаштування нових світлопрозорих конструкцій.

Ці підгрупи передбачають застосування схожих методів як у першої групи, тобто I_a – вертикальний (секційний) метод, I_b – горизонтальний (поповерховий або поярусний) метод та I_c – змішаний.

При часткової заміні або ремонті (***III – група***) конструкцій можливо виділити дві підгрупи: часткова заміна віконних конструкцій в окремої квартирі або частині квартири, та ремонт існуючих конструкцій (заміна стулки, ущільнювача, фурнітури, склопакету) або встановлення додаткових елементів (ролети, елементи сонцезахисту, зовнішні підсилювачі).

Ці підгрупи формують наступні методи: III_a – дискретний метод, та III_b – фрагментарний метод.

Дискретний метод характеризується заміною окремих конструкцій в межах квартири, або межах фасаду будівлі.

Фрагментарний метод використовується при виконанні ремонтних робіт в межах окремої конструкції (наприклад, заміна частини конструкції, або ремонт окремого елемента конструкції – стулки, тощо).

Виконане дослідження з розробки та обґрунтування методів монтажу віконних конструкцій дозволили розробити їх класифікацію (рис. 3.6), засновану на класифікаційних ознаках.

Отримані результати класифікації методів дозволяють зробити певні висновки щодо напрямків застосування (дод. Г).

Методи монтажу $\boldsymbol{\alpha}$ та $\boldsymbol{\beta}$ (герметизація шва за допомогою стрічок або рідких герметиків) частіше використовуються на об’єктах масового будівництва багатоповерхових будинків, роботи по герметизації монтажних швів можуть виконуватись як монтажними бригадами підрядників по встановленню віконних конструкцій, так і підрядниками, які виконують фасадні роботи.

Для отримання більш високих показників по енергоефективності будівлі, ми маємо можливість використати методи $\boldsymbol{\gamma}$ та $\boldsymbol{\delta}$ (з застосуванням систем виносного монтажу). Наразі ринок розробників та постачальників виносних систем обмежується чотирма компаніями: три компанії виготовляють систему виносного монтажу зі спіненого полістиролу високої щільності EPS (VSThermo, blaugelb Triotherm, illbruck), та одна компанія надає на ринок систему виносного монтажу з ПВХ (VEKAFast).

Метод монтажу $\boldsymbol{\delta}$ дозволяє скоротити час роботи на будівельному майданчику, виконуючи підготовчу частку робіт на виробництві вікон.

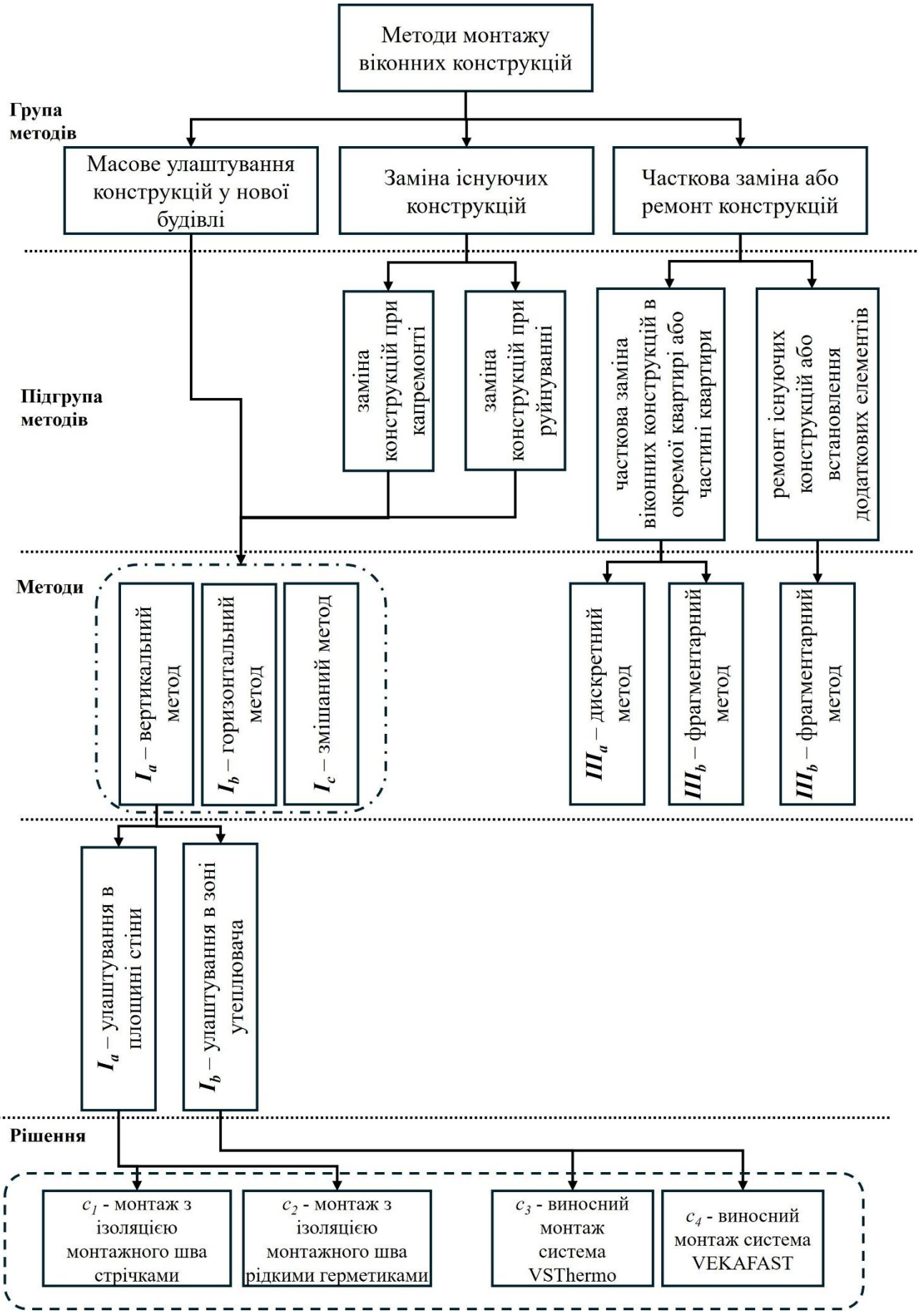


Рис. 3.6. Класифікація методів монтажу віконних конструкцій

3.3. Дослідження та обґрунтування раціональних рішень при виконанні монтажу віконних конструкцій

В основу дослідження та обґрунтування раціональних технологічних рішень монтажу віконних конструкцій житлових будівель покладено методологічний принцип системного синтезу рішень, що враховує взаємозв'язки між можливими методами монтажу конструкцій, їх видом, технічним станом та конструктивно-технологічними обмеженнями у вигляді технологічної реалізованості рішення з оцінкою його технологічності (рис. 3.7).

Дослідження та обґрунтування раціональних технологічних рішень монтажу виконується як одноразово-ітераційна послідовність процедур: вибір виду віконної конструкції та технічного стану прорізу (процедура А0), вибір можливих методів її монтажу (див. раз. 3.2, процедура А1) та методів виконання будівельних процесів (процедура А3).

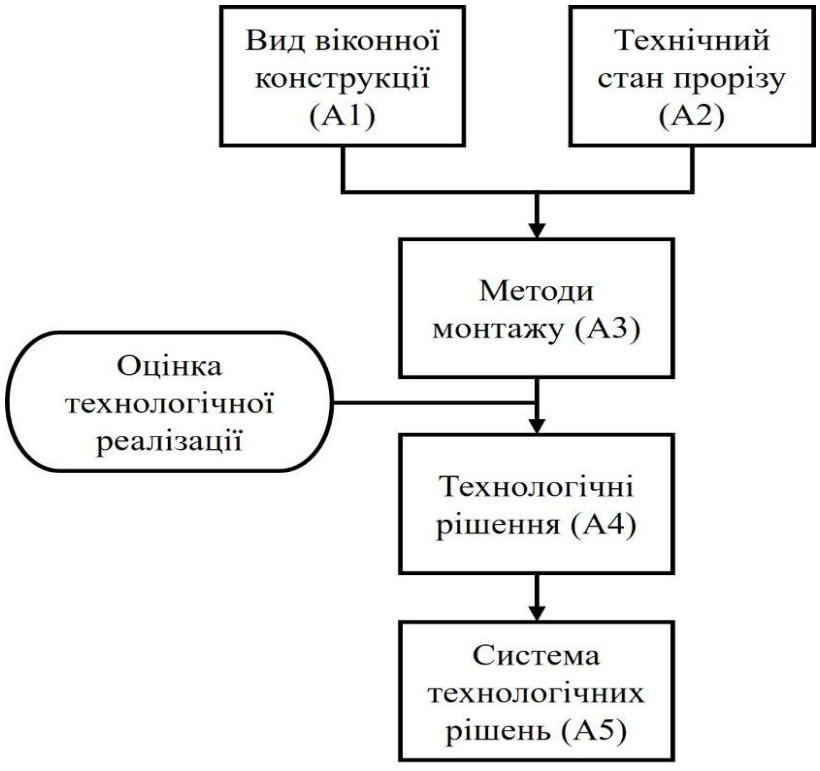


Рис. 3.7. Схема формування раціональних технологічних рішень монтажу (А1 – А5 послідовність процедур)

Оцінка технологічної реалізованості рішення формується як система технологічних обмежень, що враховує особливості роботи віконної конструкції як елемента будівлі та технічний стан будівлі (Е – ознака).

Як додаткові конструктивні обмеження прийнято:

1) конструктивне рішення монтажного шву та відповідного кріплення в цілому повинно відповідати проєктний довговічності конструкції;

2) стійкість матеріалів, що застосовуються, повинна бути не нижче стійкості матеріалів віконної конструкції;

3) конструктивне рішення та застосовувані матеріали не повинні змінювати стан конструкції, що встановлюється (змінювати рівновагу точок кріплення, перерозподіляти зусилля, концентрувати напруги).

При розробці та обґрунтуванні раціональних технологічних рішень монтажу віконних конструкцій враховувалися запропоновані методи [61].

Як критерії оцінки ефективності технологічних рішень прийняті абсолютні та відносні показники технологічності:

абсолютні показники:

- питома трудомісткість (q, чол.-година на од. продукції), яка визначається на основі пооперацийних графіків

$$q \rightarrow min \tag{3.8}$$

- кількість процесів та операцій (М) у технологічному рішенні

$$M = m \rightarrow min \tag{3.9}$$

– тривалість ($\sum t_{\text{ОТП}}$) організаційно-технологічних перерв, у одиницях часу:

$$\sum t_{\text{ОТП}} \rightarrow 0 \tag{3.10}$$

відносний показник - багатоопераційність технологічного рішення

$$k = \frac{1}{m} \rightarrow 1 \tag{3.11}$$

де m – кількість процесів та операцій у технологічному рішенні.

Вище наведені показники технологічності технологічного рішення оцінюють його трудомісткість і багатоопераційність.

Рішення раціональне, коли показники технологічності прагнуть свого оптимуму, див. (3.8) – (3.11).

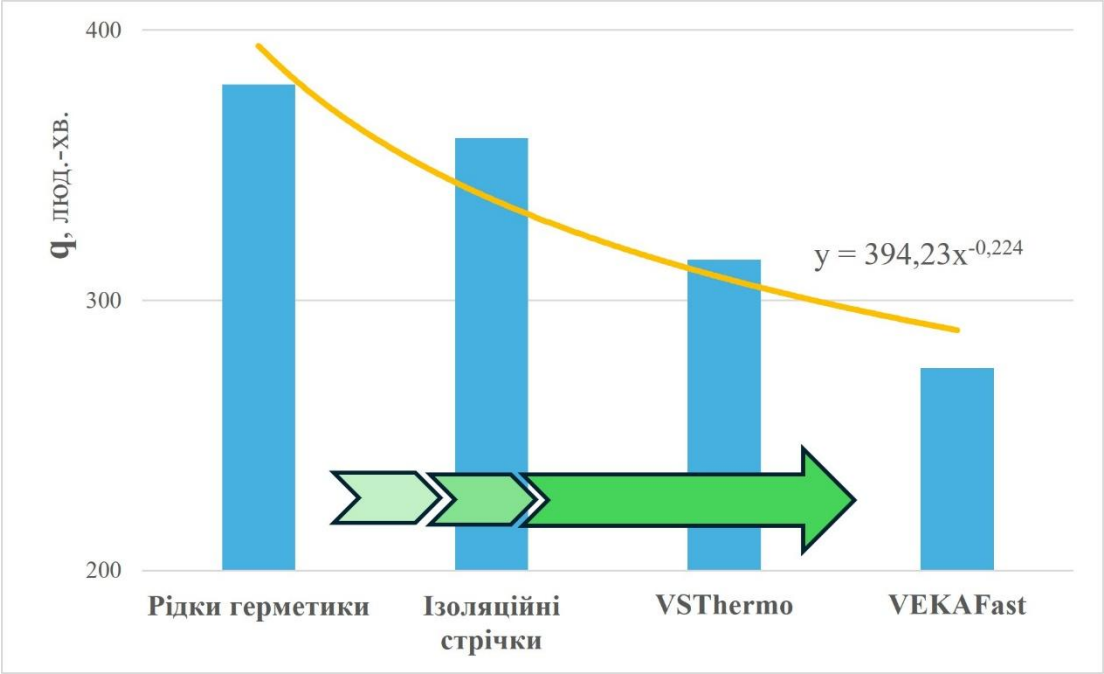


Рис. 3.8. Зміна трудомісткості (q) за варіантом монтажу віконних конструкцій

Технологічні рішення моделюють склад і послідовність основних процесів, їх технологічні та організаційні взаємозв'язки та представлені у вигляді графічних моделей з тимчасовими (t, хв) та трудовими параметрами (склад та кількість виконавців, трудомісткість робіт q, чол.-мін на одиницю будівельної продукції), а також організаційно-технологічними перервами ($\sum t_{отп}$) (рис.3.9.).

E	Монтаж віконної конструкції у прорізі	Тривалість, хв.	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	t, хв.	q, люд.-год.	q	$\frac{m}{k}$	$\sum t_{отп}$
1	Приклеяти ПСУС на монтажну частину рами		2		M2								10	20	75	$\frac{6}{0.16}$	-
2	Встановити віконну конструкцію у монтажну раму, та закріпіти у відповідни отвори				2	M2							5	10			
3	Провести заміри та корекцію положення віконної конструкції					1	M1						5	5			
5	Встановитити, розклиніти склопакети, перевіріти роботу фурнітури						2		M2				10	20			
6	Встановити штапік								2	M2			5	10			

Рис. 3.9. Операційна модель процесів монтажу віконних конструкцій

За результатами моделювання побудовано розподіли досліджуваних варіантів монтажу в залежності від величини загального часу Тзаг. (рис. 3.10).

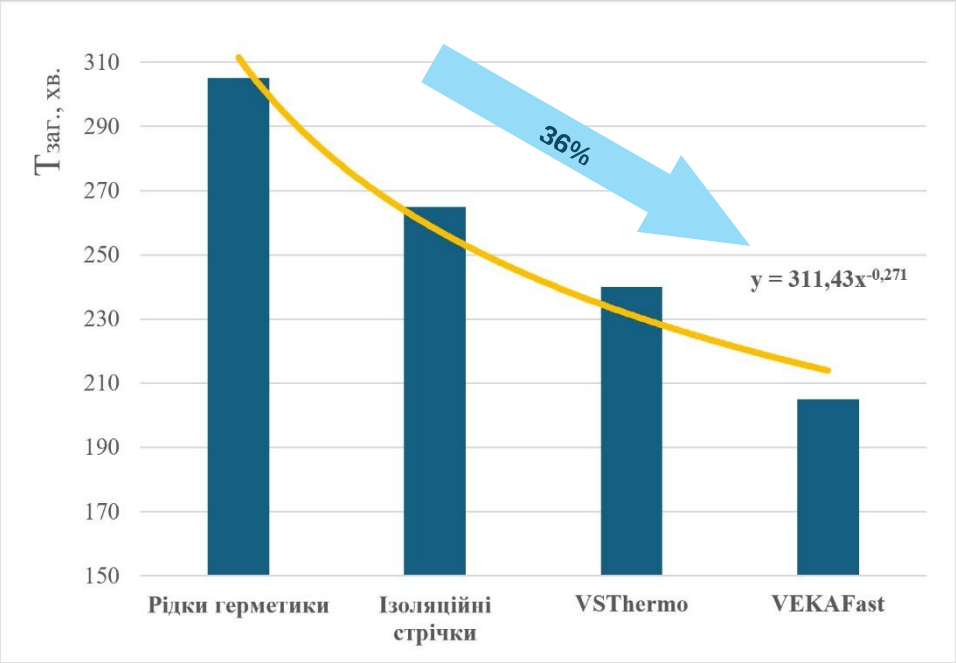


Рис. 3.10. Залежність загальної тривалості ($T_{заг.}$) процесу монтажу віконних конструкцій від варіантів виконання

Аналіз отриманих результатів дозволив встановити, що варіанти методів монтажу віконних конструкцій суттєво відрізняються за рівнем технологічності та часу виконання робіт (рис. 3.10).

3.4. Дослідження та обґрунтування раціональних організаційно-технологічних моделей монтажу віконних конструкцій

В основі організаційно-технологічного моделювання монтажу віконних конструкцій лежить системний підхід, що враховує технічні, технологічні та організаційні взаємозв'язки при проведенні монтажу віконних конструкцій.

Дослідження та обґрунтування та вибір раціональних організаційно-технологічних моделей монтажу віконних конструкцій базується на принципі поетапного синтезу рішень, що враховує систему впливових факторів та умов монтажу та забезпечує високопродуктивне виконання всього комплексу будівельно-монтажних робіт всієї будівлі.

Організаційно-технологічні моделі розроблені для умов раніше виділених видів будівництва, – нове будівництво, реконструкція існуючого будинку, ремонт існуючого будинку – представлених відповідними групами методів: масове

улаштування віконних конструкцій, повна або часткова заміна віконних конструкцій у існуючому будинку, фрагментарна заміна або ремонт віконних конструкції у існуючому будинку [61].

Об'єктами організаційно-технологічного моделювання є:

- елементи фронту робіт: захватки, ділянки та яруси;

- структура спеціалізованих потоків та організаційно-технологічні взаємозв'язки;

- технологічні параметри будівельних потоків та організаційні обмеження.

Характер умовного членування фронту робіт по висоті, на яруси, враховує особливості конструктивного рішення віконних конструкцій. У досліджуваної моделі прийнято одноярусне членування в межах поверху.

На основі статистичного аналізу об’єктів-представників раніше ми визначили типовий двосекційний 22 поверховий будинок.

Як дільниці приймаються секції будівлі, що мають однорідні об'ємно-планувальні та конструктивні рішення.

В одну захватку входить ціле число конструкцій, що встановлюється, мінімальний розмір захватки 21 конструкція. Розміри захваток обмежуються змінної інтенсивністю робіт, достатньої для продуктивної роботи бригади оптимального складу протягом однієї робочої зміни.

Комплекс монтажних робіт та будівельних процесів при інсталяції вікна можна представити у вигляді наступних організаційно-технологічних структурних елементів:

1. Роботи підготовчого періоду – це роботи, що забезпечують нормативні умови розгортання та здійснення монтажу (огорожу майданчика, будову тимчасових будівель та споруд, тимчасових інженерних мереж та комунікацій, майданчиків складування конструкцій тощо);

2. Монтажні роботи основного циклу монтажу віконних конструкцій.

При виконанні заміни існуючих вікон або їх ремонті потрібно виконати *спеціальний комплекс робіт* по встановленню захисних надувних або збірних екранів (Рис. 3.11).





Рис. 3.11. Варіанти захисних екранів при виконання монтажу світлопрозорих конструкцій

(*Фото okna.ua*)

З урахуванням наведених вище положень рекомендована структура об'єктних потоків при виконанні монтажу віконних конструкцій в залежності від групи методів монтажу має вигляд:

І. Нове будівництво

Монтажні роботи:

1 – монтажні роботи основного циклу (МР).

Організаційно-технологічні заходи:

2 – моніторинг монтажу – відхилень, технічного стану та факторів, що змінюють експлуатаційні характеристики (ММ).

ІІ. Заміна конструкцій, ремонт

Монтажні роботи:

0 – спеціальний комплекс робіт (СКР);

1 - монтажні роботи основного циклу (МР).

Організаційно-технологічні заходи:

2 – моніторинг монтажу – відхилень, технічного стану та факторів, що змінюють експлуатаційні характеристики (ММ).

Монтажні роботи (нове будівництво):

Об'єктний потік (МР) формується із спеціалізованих потоків наступної структури:

1-1 – монтаж системи виносного монтажу;

1-2 – монтаж віконної конструкції.

Організаційно-технологічні заходи:

Моніторинг монтажу (ММ):

2-1 – моніторинг відхилень, технічного стану та факторів, що змінюють експлуатаційні характеристики.

Монтажні роботи (заміна конструкцій, ремонт).

Перший об'єктний потік (СКР):

0-1 – монтаж системи захисту прорізу;

0-2 – операційний контроль якості виконання монтажу.

Другий об'єктний потік (МР) формується із наступної структури:

1-1 – монтаж системи виносного монтажу;

1-2 – монтаж віконної конструкції.

Організаційно-технологічні заходи:

Моніторинг монтажу (ММ):

2-1 – моніторинг відхилень, технічного стану та факторів, що змінюють експлуатаційні характеристики.

Структура спеціалізованих потоків та організаційно-технологічних заходів змінюється залежно від виду будівлі, прийнятих методів монтажу окремих конструктивних рішень будівлі, а також умов та організаційних обмежень конкретного житлового комплексу.

Рекомендована структура спеціалізованих потоків, залежно від видів будівельних робіт, отже, і груп методів, наведено у табл. 3.3.

На основі розробленої структури потоків виконано моделювання їх розвитку, результати якого наведені у вигляді організаційно-технологічних моделей, розроблені для виділених видів будівельних робіт: нове будівництво (рис. 3.12), заміна або ремонт віконних конструкцій (рис. 3.13).

Таблиця 3.3

Структура об'єктних потоків та організаційно-технологічних заходів при виконанні монтажу віконних конструкцій

Група методів	Структура об'єктних потоків				Структура заходів
	1-й потік (СКР)		2-й потік (МК)		ММ
	0-1	0-2	1-1	1-2	2-1
I*	0	0	**1**	**1**	**1**
II	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**

* - I, II – групи методів, відповідно, нове будівництво, заміна або ремонт конструкцій

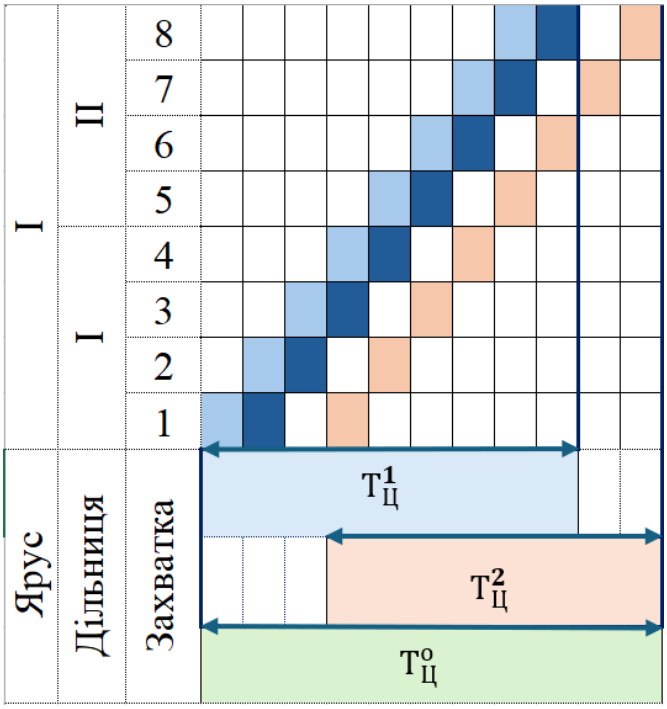


Рис. 3.12. Організаційно-технологічна модель розвитку потоків при виконанні монтажу віконних конструкцій (нове будівництво):

МР – монтажні роботи: – структура спеціалізованого потоку: 1-1; 1-2;

ММ – моніторинг монтажу: – структура організаційно-технологічних заходів: 2-1;

$T_Ц^1$ $T_Ц^2$ $T_Ц^o$ – тривалість відповідних циклів та робіт

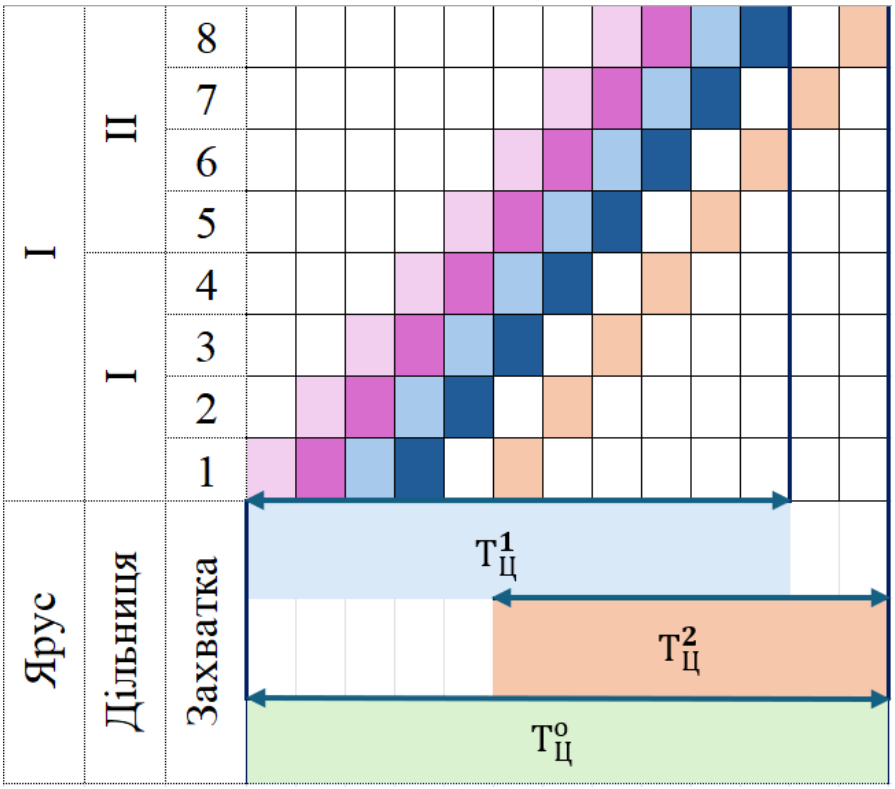


Рис. 3.13. Організаційно-технологічна модель розвитку потоків при виконанні монтажу віконних конструкцій (заміна, ремонт):

СКР – спеціальні роботи: – структура I-го спеціалізованого потоку: 0-1, 0-2;

МР – монтажні роботи: – структура II-го спеціалізованого потоку: 1-1; 1-2;

ММ – моніторинг монтажу: – структура організаційно-технологічних заходів: 2-1;

$T_Ц^1$ $T_Ц^2$ $T_Ц^o$ – тривалість відповідних циклів та робіт

3.5. Розробка математичної моделі і дослідження техніко-економічної ефективності процесу монтажу

Метою цих досліджень є визначення та техніко-економічне обґрунтування раціональних методів монтажу віконних конструкцій, що виконуються в умовах великомасштабного будівництва.

На підставі виконаного дослідження параметрів і умов монтажу (див. п.2.2-2.4), а також з урахуванням розроблених технологічних рішень і моделей (п.3.3),

як основні процеси в дослідженні розглядалися монтажні процеси, як процеси найбільш представницькі за обсягом.

Технологічна обґрунтованість оцінених варіантів монтажних процесів, що виконуються в умовах великомасштабного будівництва, забезпечується використанням, при їх формуванні, розроблених технологічних та конструктивних рішень (див. пункт 2.3. та дод. Д).

Приведення порівнюваних варіантів до порівнянного виду забезпечується використанням нормалізованих вихідних параметрів: фізичні обсяги робіт на об'єкті (роботи малооб'ємні, розосереджені по фронту і в часі, змінні обсяги робіт по обстеженим об'єктам-представникам), наведені до порівняльного виду за рівнем цін, тарифів, норм тощо.

Для варіантів оптимізації монтажних процесів встановлення віконних і дверних конструкцій, процес подавання конструкцій на монтажні горизонти є суто транспортний внутрішньомайданчиковий, який не входить у структуру монтажного процесу.

Внутрішньомайданчиковий транспортний процес для варіантів оптимізації здійснюється наявними монтажними кранами які обслуговують інші процеси зведення будівлі; метод механізації – однаковий для всіх варіантів.

Загальні витрати на організацію/ліквідацію робочих місць у кожну робочу зміну залежать від питомих витрат ($t_{\text{рм}}$) та кількості циклів організації/ліквідації робочих місць ($n^i_{\text{о/л}}$).

$$\begin{cases} Q^i_{\text{рм}} = t_{\text{рм}} * N_{\text{бр}} * n^i_{\text{о/л}} \\ n^i_{\text{о/л}} = T_o^{ij} \end{cases}, \tag{3.12}$$

Питомі витрати робочого часу $t_{\text{рм}}$ взяти однаковими за і-ми варіантами з урахуванням рекомендації типових технологічних карт, прийняти в межах 0.05…0.06 зміна. (25…30хв.)

Загальні витрати виробництва за і-м варіантом оптимізації:

$$Q_i = Q^i_{m.n} + Q^i_{p.m}, \tag{3.13}$$

Собівартість продукції монтажного процесу:

$$C_i = Q_i * C_{top} + E_i, \tag{3.14}$$

де,

C_{top} – середня змінна тарифна ставка монтажників віконних конструкцій

E_i – витрати коштів на господарське забезпечення процесу за i-м варіантом.

Тому витрати на засоби механізації транспортного внутрішньо-майданчикового процесу для варіантів оптимізації є постійними і вилучаються з загальної математичної моделі.

Варіанти оптимізації відрізняються питомими витратами праці (q_i) та загальними витратами на організацію/ліквідацію робочих місць ($Q^i_{p.m}$), які залежать від загальної тривалості робот на об'єкті (T^i_o).

Тривалість роботи на об'єкті знаходимо за формулою:

$$T_o^{ij} = \frac{V_{oj}}{B_i}, \tag{3.15}$$

де

T_o^{ij} – тривалість роботи на об'єкті за i-м варіантом технології та j-м варіантом обсягу робіт на об'єкті;

B_i – середньозмінний виробіток бригади монтажників за i-й технологією.

$$B_i = \left(\frac{1}{q_i}\right) N_{\text{бр}} * t_{\text{зм}}, \tag{3.16}$$

де

q_i – трудомісткість одиниці продукції за i-м варіантом технології, люд-год/шт.

$N_{\text{бр}}$ – кількість чоловік у бригаді,

$t_{\text{зм}}$ – тривалість зміни.

Тоді математична модель оптимізації i-х варіантів технології має вигляд:

$$f(q_i, V_{oj}) = \frac{\left(\left(\left[(q_i * t_{\text{зм}} * V_{oj}) + \frac{\left(t_{pm} * N_{\text{бр}} * V_{oj}\right)}{\left(\frac{1}{q_i} * N_{\text{бр}} * t_{\text{зм}}\right)}\right] * C_{Top}\right) + E_i\right)}{V_{oj}}, \tag{3.17}$$

варіант i є [1;4]

перемінна: V_{oj} є [200;10000]

$$E_i = e * T_{oj}, \tag{3.18}$$

де

e – середні змінні витрати на господарське забезпечення монтажу віконних конструкцій, грн/зм.:

$$e = e_1 + e_2, \tag{3.19}$$

e_1 – питомі витрати на електрозабезпечення монтажного процесу бригади, грн/зм

$$e_1 = P_{\text{в}-\text{т}} * C_e * t_{\text{зм}}, \tag{3.20}$$

де $P_{в\text{-}т}$ – розрахункова потужність електрообладнання для виробничих потреб та освітлення робочих місць кВт-год, прийнять 40кВт

C_e – вартість 1кВт-год.

e_2 – питомі витрати на тимчасові будівлі та водопостачання, грн/зм.

$$e_2 = e_{21} + e_{22}, \tag{3.21}$$

де e_{21} – витрати на тимчасові будівлі і споруди, грн/зм.

$$e_{21} = P_{\text{б}-\text{с}} * \text{С}_{1\text{м}^2} * N_{\text{бр}} * t_{\text{зм}}, \tag{3.22}$$

де $P_{б\text{-}с}$ – розрахункова площа тимчасових будівель і споруд на 1 монтажника, прийнято 4м^2/монт.

$C_{1м}{}^2$ – вартість 1 м^2 тимчасових будівель грн/м^2 прийнять 8500грн/м^2.

При обмеженнях

$$\begin{cases} t_i \le t_H, \\ q_i \in \{q_i^{min}, [q]\} \\ p_i \in \{p_i^{min}, p_i^{max}\}, \\ w_i \le [w] \end{cases} \tag{3.23}$$

де q_i^{min}, p_i^{min}, p_i^{max} та $[q]$, $[w]$ – відповідно, мінімальні, максимальні та гранично допустимі значення відповідних техніко-економічних показників (термін виконання процесу (t_i), трудомісткість (q_i), продуктивність (p_i) і матеріаломісткість (w_i)).

Область раціонального застосування методів монтажу віконних конструкцій в умовах великомасштабного будівництва встановлювалася за спеціально розробленою програмою, реалізованою засобами Microsoft Excel (дод. Е).

Техніко-економічний аналіз виконано для варіантів монтажу, сформованих на основі існуючого сучасного типорозмірного ряду світлопрозорих конструкцій.

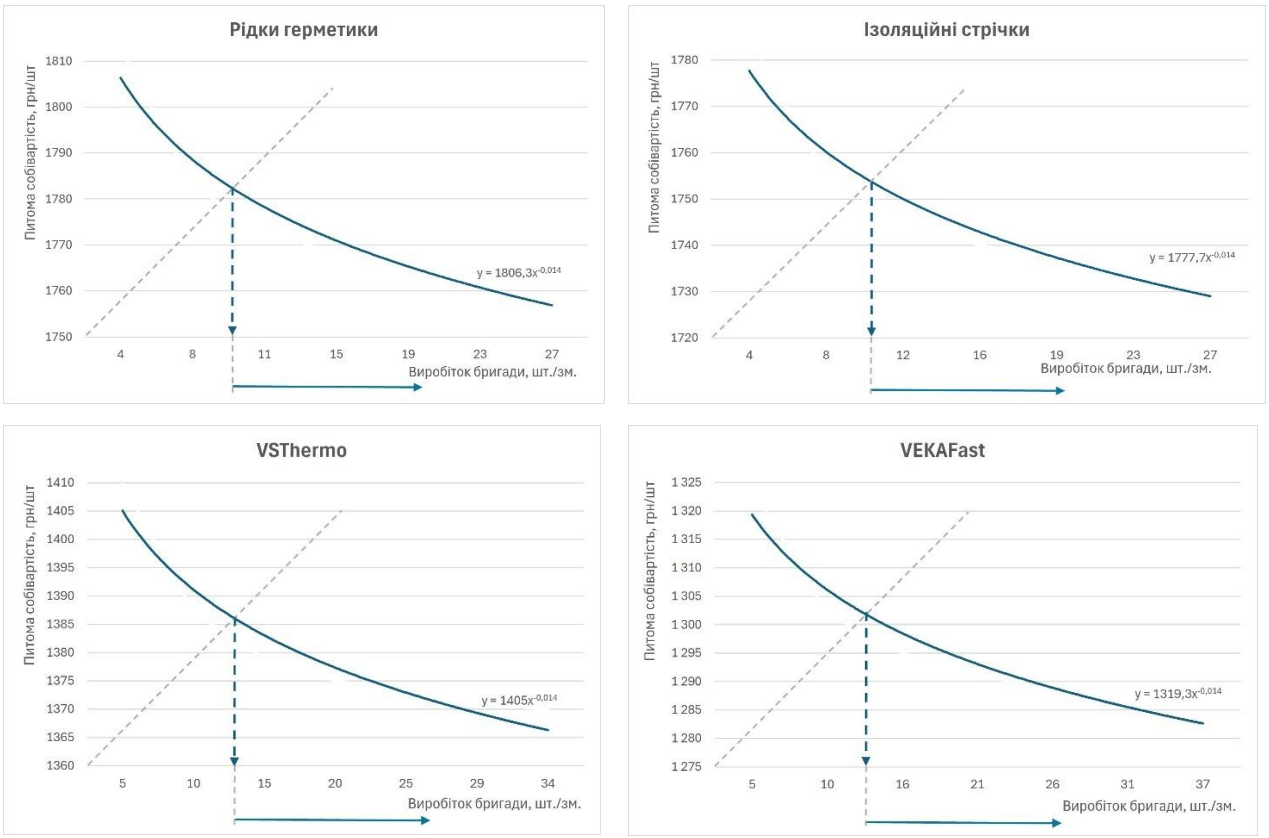


Рис. 3.14. Залежність між виробітком монтажної бригади на об'єкті та питомою собівартістю монтажного процесу

Сумісний аналіз отриманих закономірностей (Рис. 3.14) показує:

по-перше, зміна питомої собівартості за обраними варіантами рішень монтажу віконних конструкцій, підкоряється степеневої функції;

по-друге, підвищення виробітку бригади при виконанні монтажних операцій гарантовано буде забезпечуватись шляхом використання систем виносного монтажу;

по-третє, вибір системи виносного монтажу з ПВХ (VEKAFAST) призводить до найбільшого зниження питомої собівартості будівництва у порівнювальних варіантах.

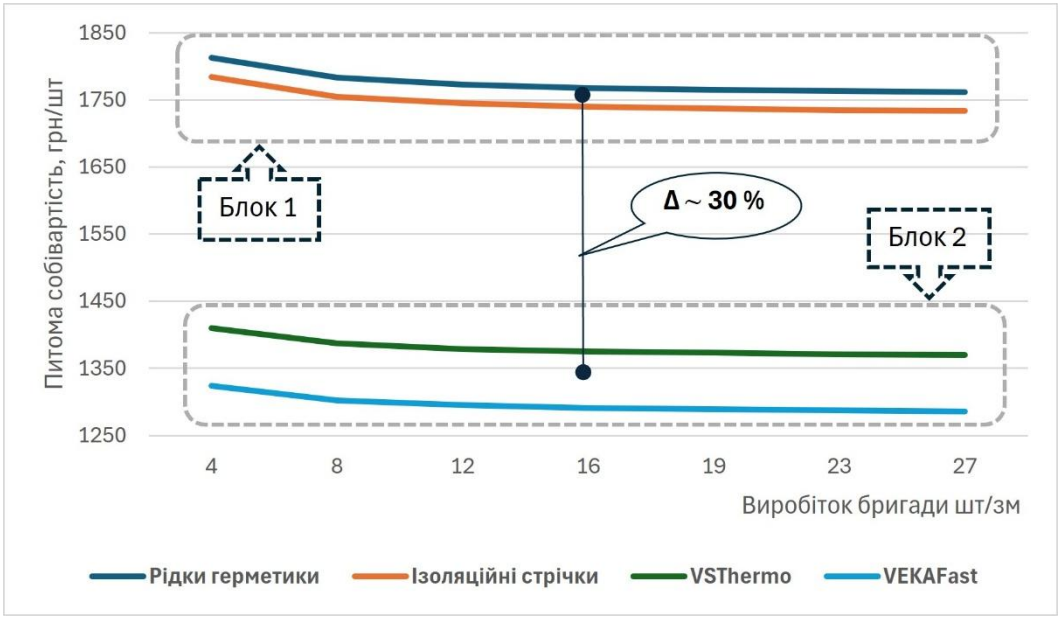


Рис. 3.15. Розподіл варіантів рішень з монтажу віконних конструкцій

Загальний аналіз варіантів обраних рішень (Рис. 3.15), залежностей виробітку бригади та питомої собівартості, дозволяє провести їх розподілення на два основних блока (*блок 1* - монтаж за допомогою стрічок/герметиків та *блок 2* - монтаж за допомогою виносних систем) і зробити висновок, що найбільш ефективними рішеннями у сучасному будівництві є системи виносного монтажу які дозволяють виконати роботи з меншою собівартістю (*прогнозоване зниження показника до 30 %*) та у найкоротший проміжок часу, що також значно впливає на загальні економічні показники будівництва (дод. Е).

Висновки до розділу 3

1. Методика дослідження та розробки раціональних методів монтажу віконних конструкцій спрямована на забезпечення високопродуктивного виконання всього комплексу будівельно-монтажних робіт за одночасного гарантованого забезпечення створювання енергетично ефективної оболонки будівлі, а також експлуатаційної довготривалості встановлених огороджувальних конструкцій. Методика ґрунтується на послідовному виконанні процедур оптимізації:

- систематизація та узагальнення будівельно-технологічних характеристик та умов виконання робіт при виконанні монтажу, і на їх основі встановлення

системи метод-утворюючих ознак, що описують особливості монтажу, будівельно-технологічні характеристики конструкцій;

- розробка та обґрунтування раціональних методів монтажу віконних конструкцій на основі виділеної системи метод-утворюючих ознак, що враховує умови робіт, необхідність збереження архітектурної ідентичності об'єкта будівництва при виконанні заміни або ремонту віконних конструкцій, а також особливості технічного стану, наявності характерних дефектів і пошкоджень (при відновленні) та будівельно-технологічних характеристик будівлі; розробка та обґрунтування раціональних технологічних рішень та параметрів при виконанні монтажу віконних конструкцій для обґрунтованих груп методів.

2. Формування можливих методів монтажу віконних конструкцій виконано на основі виділених метод-утворюючих ознак, встановлених за результатами систематизації та узагальнення будівельно-технологічних характеристик та умов виконання монтажу. Як метод-утворювальні ознаки прийняті: метод улаштування, оновлення віконних конструкцій (А-ознака); параметри фронту робіт (В – ознака); прийоми виконання монтажних операцій (С – ознака), технологічність процесу монтажу (D – ознака) та технічний стан та наявність попередніх модернізацій і втручань в існуючий будинок (Е-ознака). Процедура формування методів монтажу полягає в послідовній комбінації метод-утворюючих ознак, що дозволяє систематизувати всю сукупність можливих методів монтажу віконних конструкцій за головною функціональною ознакою (нове будівництво, заміна існуючих конструкцій, часткова заміна або ремонт) процесу виконання монтажу (монтаж з ізоляцією шва стрічками, монтаж з використанням виносних систем та ін.). На основі даного підходу розроблено системи методів монтажу, що включають групи методів масове улаштування при новому будівництві, заміну віконних конструкцій, часткову заміну або ремонт, які поділяються на підгрупи методів та методи.

3. В результаті дослідження обґрунтовано методику раціональних конструктивно-технологічних рішень монтажу віконних конструкцій в умовах

великомасштабного будівництва та сформовано системний підхід до оптимізації параметрів ефективності та якості при виконанні монтажу світлопрозорих конструкцій. Рішення розроблені на основі системного синтезу, що враховує взаємозв’язки між методами монтажу, технічним станом будівлі а також можливостю реалізації в умовах конструктивно-технологічних обмежень. Формування конструктивних та технологічних рішень здійснено як взаємообумовлена одноразово-ітераційна послідовність процедур технологічного проєктування з оцінкою ефективності рішень системою критеріїв – конструктивна реалізованість, технологічність, питома трудомісткість. Створені графічні моделі порівнювальних технологічних процесів відобразили суттєву диференціацію процесу, що вказує на необхідність обґрунтування по багатьох критеріях на стадії підготовки будівництва.

4. Обґрунтовано типову структуру робіт при виконанні монтажу віконних конструкцій:

1) роботи підготовчого періоду, що забезпечують нормативні умови розгортання та здійснення монтажу;

2) спеціальний комплекс робіт та організаційно-технологічних заходів, спрямований на забезпечення якості експлуатаційної довготривалості віконних конструкцій будівлі;

3) монтажні роботи основного циклу встановлення віконних конструкцій.

Організаційно-технологічним моделюванням процесів монтажу віконних конструкцій обґрунтовано раціональну структуру об'єктних потоків та організаційно-технологічних заходів, що змінюється залежно від групи методів.

5. На основі виконаного економіко-математичного моделювання монтажних процесів встановлена раціональна область застосування тих чи інших рішень монтажу віконних конструкцій.

Раціональні технологічні параметри та ефективні монтажні рішення встановлені на основі аналізу отриманих закономірностей, що відображають

залежність між питомою собівартістю монтажного процесу та виробітку бригади на будівельному об'єкті.

Загальний аналіз варіантів обраних рішень (див. рис. 3.14), залежностей виробітку бригади та питомої собівартості, дозволяє провести їх розподілення на два основних блока (*блок 1* - монтаж за допомогою стрічок/герметиків та *блок 2* - монтаж за допомогою виносних систем) і зробити висновок, що найбільш ефективними рішеннями у сучасному будівництві є системи виносного монтажу які дозволяють виконати роботи з меншою собівартістю (*прогнозоване зниження показника до 30 %*) та у найкоротший проміжок часу, що також значно впливає на загальні економічні показники будівництва.

РОЗДІЛ 4.

МЕТОДИКА ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ МОНТАЖУ ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

4.1. Основні положення та схема методики

Методика поширюється на обґрунтування та вибір технології монтажу віконних конструкцій житлових будівель, в основу якої покладено:

- системний підхід, що забезпечує максимально широкий облік факторів, що впливають та умов монтажу при виборі та обґрунтуванні раціональних варіантів;
- цілеспрямований синтез можливих методів монтажу віконних конструкцій залежно від виду будівництва, будівельно-технологічних параметрів конструкцій, будинка в цілому, а також впливових груп факторів та умов виконання робіт;
- використання технологічних рішень та методів монтажу віконних конструкцій, що мають наукове та техніко-економічне обґрунтування;
- використання багатокритеріальних методів технологічного та техніко-економічного обґрунтування раціональних варіантів, в основі яких лежить система різнорідних критеріїв, що мають кількісну чи якісну, техніко-економічну чи технологічну сутність, та методологію їх використання.

Системний підхід передбачає системне врахування впливаючих факторів та умов монтажу та реалізується процедурами будівельно-технологічного аналізу об'єкта будівництва та умов виконання робіт з подальшою систематизацією будівельно-технологічних характеристик, за запропонованими метод-утворюючими ознаками (див. п. 3.1), що описують особливості будівлі та її технічний стан, характерні пошкодження та дефекти:

- метод улаштування, оновлення віконних конструкцій (метод-утворююча ознака $A = (a_1, a_2, a_3)$;
- параметри фронту робіт ($B = (b_1, b_2, b_3)$);
- прийоми виконання монтажних операцій ($C = (c_1, c_2, c_3, c_4)$);

- технологічність процесу монтажу ($D = (d_1, d_2, d_3, d_4)$);
- технічний стан та наявність попередніх модернізацій і втручань в існуючий будинок ($E = (e_1, e_2, e_3)$).

Комбінація вищезгаданих ознак однозначно визначає ту чи іншу будівельно-технологічну ситуацію, формує безліч можливих методів монтажу віконних конструкцій.

Принцип цілеспрямованого синтезу потенційних способів монтажу передбачає поетапне прийняття рішень, оптимальних у тому чи іншому рівні (етапі) проєктування залежно від цілей, чинників і проєктних організаційно-технологічних властивостей.

Таким чином, синтез методів монтажу віконних конструкцій здійснюється як цілеспрямований процес прийняття рішень у наступній послідовності: формування цілей, системи критеріїв та прийняття рішень на кожному з процедурно-ієрархічного етапу технологічного проєктування.

Як такі процедурно-ієрархічні етапи даною методикою передбачено: 1-й етап - вибір методу монтажу віконних конструкцій; 2-й етап – вибір методів виконання робіт: розбивка об'єкта на елементи фронту робіт (яруси, ділянки та захватки), визначення напрямку та послідовності монтажу у зв'язку з іншими будівельно-монтажними роботами; вибір способів механізації будівельних процесів, формування бригад робітників; організаційно-технологічне моделювання процесу монтажу віконних конструкцій та вибір остаточного рішення; 3-й етап – розробка календарного плану виконання робіт, розрахунок матеріально-технічних ресурсів і техніко-економічних показників.

Використання методів, конструктивно-технологічних рішень монтажу віконних конструкцій, що мають техніко-економічне обґрунтування, дозволяє істотно зменшити розмірність завдання вибору до обґрунтованої величини (скоротити варіанти) і підвищити загальний рівень технології (дод. Г).

Використання багатокритеріальних методів технологічного та техніко-економічного обґрунтування раціональних варіантів передбачає застосування на виділених вище процедурно-ієрархічних етапах проєктування власної групи критеріїв, що відповідають за своєю сутністю завдання вибору.

На першому етапі вибір методів монтажу віконних конструкцій здійснюється з використанням якісних критеріїв логічного перебору варіантів на основі встановленої комбінації метод-утворювальних ознак, див. (4.1), та розробленої системи рекомендованих методів (див. пп. 3.1 – 3.2).

На другому етапі вибір можливих методів виконання будівельних процесів та робіт здійснюється за допомогою системи якісних та кількісних критеріїв. Наприклад, методи виконання будівельних процесів призначаються логічним перебором відповідних варіантів із можливої сукупності з кількісною оцінкою їх ефективності техніко-економічними показниками – кількісними критеріями.

На третьому етапі оцінка варіантів технології монтажу віконних конструкцій здійснюється вартісними (кількісними) показниками – загальною вартістю, матеріаломісткістю та трудомісткістю робіт.

Вибір раціональної технології монтажу віконних конструкцій здійснюється у чотири етапи (рис. 4.1):

I. Формування та систематизація вихідних даних по об'єкту будівництва;

II. Вибір та обґрунтування методів монтажу віконних конструкцій;

III. Вибір варіантів монтажу;

IV. Розробка проектної технологічної документації.

На **першому етапі** (блоки 1 – 4) виконується систематизація та перетворення вихідних даних з метою формування достатньої сукупності будівельно-технологічних характеристик будівлі.

Формування та систематизація вихідних даних по об'єкту здійснюється за допомогою аналізу проектно-кошторисної документації та матеріалів об'єкта, що будується, за результатами якого визначаються наступні параметри:

- вид будівництва та методи улаштування світлопрозорих конструкцій;
- технологічні фактори (просторові параметри фронту робіт, обсяги, структура та трудомісткість процесів, терміни монтажу та циклічність);
- умови виконання робіт (умови постачання продукції, спосіб транспортування конструкцій та подавання під монтаж).

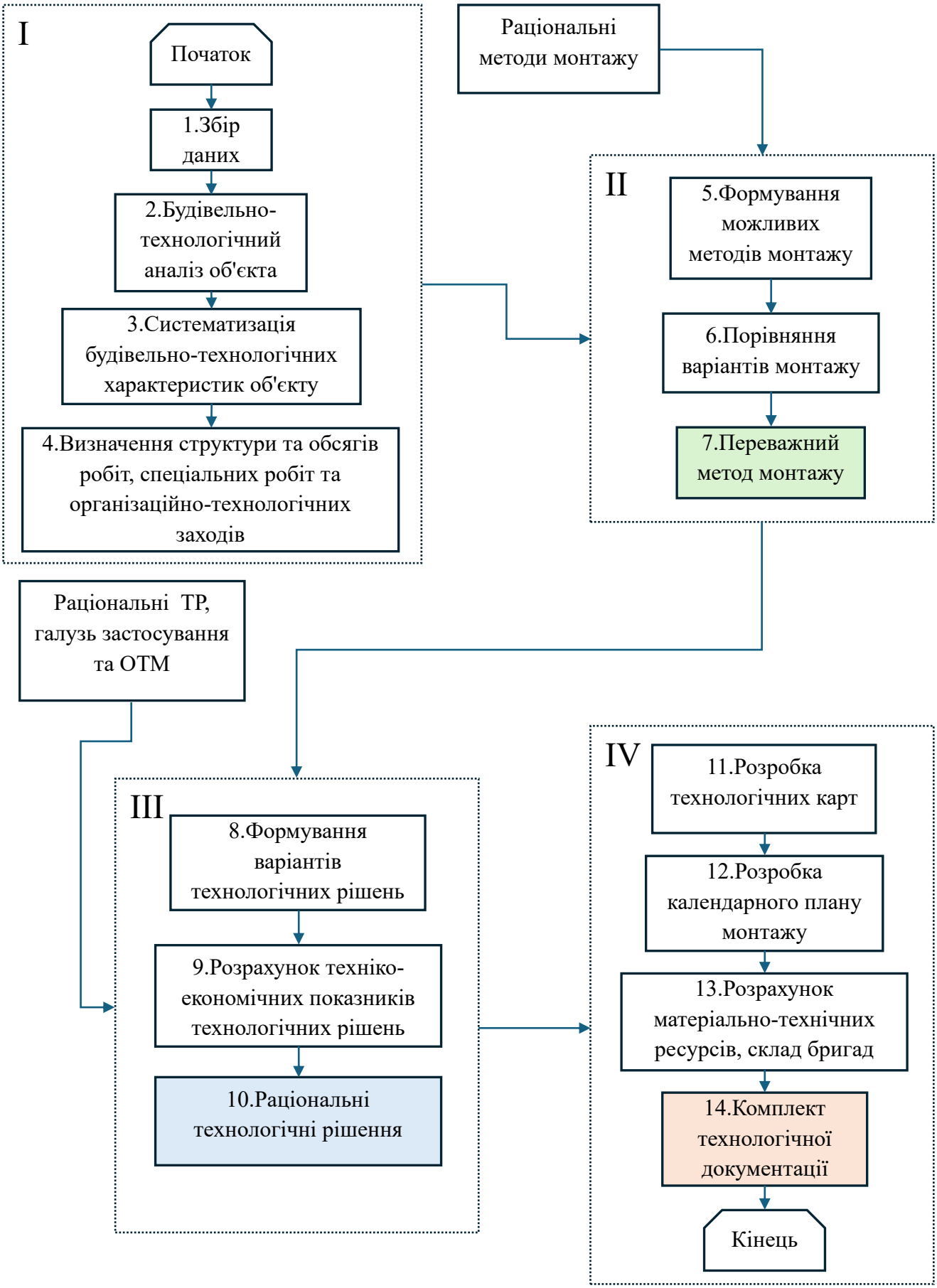


Рис. 4.1. Схема методики вибору раціональної технології монтажу світлопрозорих конструкцій

Організаційні умови та обмеження (строки та послідовність робіт, режим будівництва, обмеження параметрів будівельного господарства та обмеження за забруднення навколишнього середовища).

На **другому етапі** (блоки 5 – 7) виконується обґрунтування та вибір методів монтажу світлопрозорих конструкцій. Спочатку формуються можливі методи монтажу елементів конструкцій (див. розділ 3, п. 3.2).

Для підвищення ефективності процедур вибору використовуються матеріали за розробленими раціональними методами монтажу вікон (див. розділ 3, табл. 3.2).

Вибір кращих методів монтажу (блок 7) виконується на основі логічних переборів складових методу, доповненого техніко-економічною оцінкою вартості (блок 6) додаткових технологічних заходів в цілому.

На **третьому етапі** (блоки 8 – 10) виконується вибір та обґрунтування можливих методів виконання монтажних процесів і робіт (технологічних рішень), що здійснюється послідовними процедурами вибору раціональних рішень (блок 8) з можливої сукупності на основі зіставлення технічних параметрів засобів механізації та показниками – собівартістю та трудомісткістю продукції, а також тривалістю робіт (блок 9).

Для підвищення ефективності процедур вибору використовуються розроблені раціональні технологічні рішення (ТР), а також організаційно-технологічні моделі монтажу світлопрозорих конструкцій, що моделюють організаційно-технологічні взаємозв'язки об'єктних потоків (див. п. 3.3 та 3.4).

Вибір виконується у послідовності: 1) розбивка об'єкта будівництва на елементи фронту робіт (яруси, ділянки та захватки) з урахуванням видів, типу, технічного стану; 2) визначення напряму та послідовності монтажу віконних конструкцій; 3) вибір можливих методів виконання та механізації монтажних процесів; 4) організаційно-технологічне моделювання об'єктних потоків із встановленням технологічної структури спеціалізованих потоків, що організуються на однорідних ділянках об'єкта; 5) визначення добових та змінних інтенсивностей спеціалізованих та приватних потоків по кожній ділянці з

урахуванням термінів початку-закінчення робіт на об'єкті та по окремих ділянках.

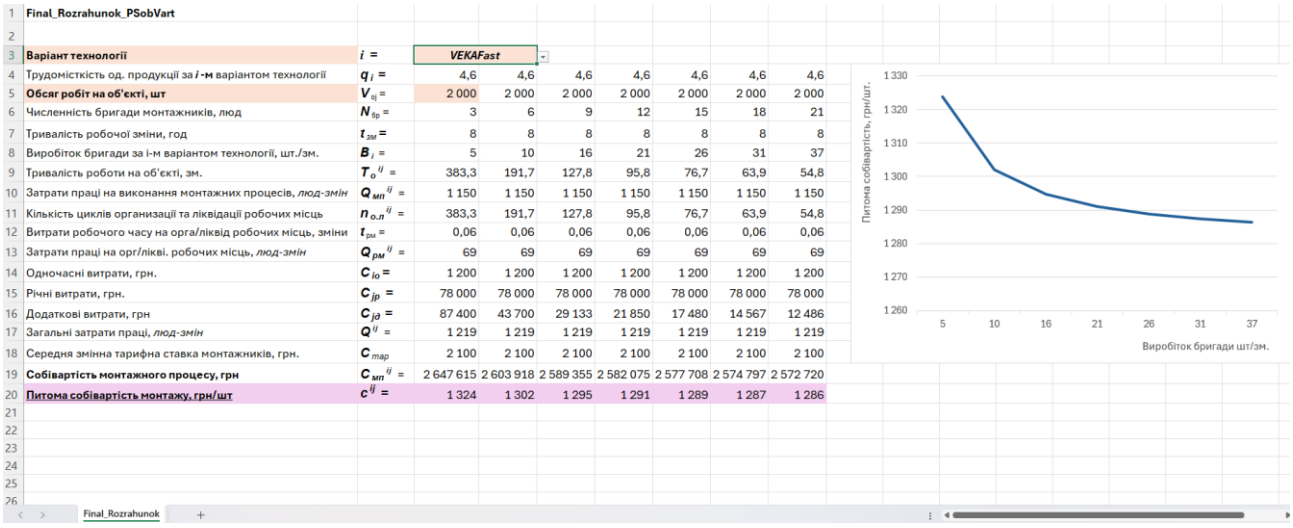
Остаточний вибір (блок 9) раціональних технологічних рішень складає основі зіставлення техніко-економічних показників сформованих варіантів (альтернатив).

На **четвертому етапі** (блоки 11 – 14) виконується розробка проектної технологічної документації у складі:

- технологічних карт, схем (блок 11) на основні види робіт – монтаж світлопрозорих конструкцій та інші роботи;
- календарного плану виконання робіт (блок 12);
- відомостей потреби у матеріально-технічних ресурсах, складі бригад (блок 13).

4.2. Програмно-методичне забезпечення проектування монтажних робіт

З метою підвищення ефективності організаційно-технологічного проектування монтажних робіт розроблена прикладна підпрограма, реалізована в середовищі MS Excel (Рис.4.2):



Final_Rozrahunok_PSobVart								
Варіант технології	i =	VEKAFast						
Трудомісткість од. продукції за i-м варіантом технології	q_i =	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Обсяг робіт на об'єкті, шт	$V_{об}$ =	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000
Численність бригади монтажників, люд	$N_{бр}$ =	3	6	9	12	15	18	21
Тривалість робочої зміни, год	$t_{зм}$ =	8	8	8	8	8	8	8
Виробіток бригади за і-м варіантом технології, шт./зм.	B_i =	5	10	16	21	26	31	37
Тривалість роботи на об'єкті, зм.	T_o^{ij} =	383,3	191,7	127,8	95,8	76,7	63,9	54,8
Затрати праці на виконання монтажних процесів, *люд-змін*	$Q_{мп}^{ij}$ =	1 150	1 150	1 150	1 150	1 150	1 150	1 150
Кількість циклів організації та ліквідації робочих місць	$n_{о.л}^{ij}$ =	383,3	191,7	127,8	95,8	76,7	63,9	54,8
Витрати робочого часу на орга/ліквід робочих місць, зміни	$t_{зм}$ =	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Затрати праці на орг/ліквід. робочих місць, *люд-змін*	$Q_{рм}^{ij}$ =	69	69	69	69	69	69	69
Одночасні витрати, грн.	$C_{ю}$ =	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
Річні витрати, грн.	C_{jp} =	78 000	78 000	78 000	78 000	78 000	78 000	78 000
Додаткові витрати, грн	$C_{jд}$ =	87 400	43 700	29 133	21 850	17 480	14 567	12 486
Загальні затрати праці, *люд-змін*	Q^{ij} =	1 219	1 219	1 219	1 219	1 219	1 219	1 219
Середня змінна тарифна ставка монтажників, грн.	$C_{тар}$	2 100	2 100	2 100	2 100	2 100	2 100	2 100
Собівартість монтажного процесу, грн	$C_{мп}^{ij}$ =	2 647 615	2 603 918	2 589 355	2 582 075	2 577 708	2 574 797	2 572 720
Питома собівартість монтажу, грн/шт	c^{ij} =	1 324	1 302	1 295	1 291	1 289	1 287	1 286

Рис. 4.2. Графічна оболонка підпрограми *PPRozrahunok_PSobVart*^{DVFirsov} розрахунок питомої собівартості процесу монтажу

Прикладна підпрограма *PPRozrahunok_PSobVart*^{DVFirsov} дозволяє у інформаційному середовищі автоматизувати процеси систематизації вхідної інформації щодо параметрів об'єкту будівництва та прогнозованих витрат та, на цієї основі, встановити оптимальні процеси з визначенням конкретної будівельної ситуації, що будуть формуватися під час виконання монтажних процесів.

4.3. Впровадження результатів роботи та перспективи подальших досліджень

Реалізація результатів роботи виконана з метою апробації її окремих теоретичних і практичних положень, що стосуються розробленої системи методів монтажу віконних конструкцій, системи раціональних технологічних рішень, а також методичних рекомендацій з проектування технології монтажу.

Основні результати дослідження були використані при розробці навчального посібника «Монтажник віконних та дверних конструкцій» який був створений в процесі реалізації проєкту «Енергоефективний освітній заклад. Термомодернізація закладів профтехосвіти в рамках розроблених курсів з енергоефективності», який реалізується Благодійною організацією «Благодійний фонд «Людина» в рамках проєкту технічного співробітництва «Просування енергоефективності та імплементації Директиви ЄС з енергоефективності в Україні» (далі – проект FEER), який реалізує Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Міністерства економічного розвитку та співробітництва Німеччини та за підтримки уряду Швейцарії [25].

Крім того результати дослідження були використані при підготовці лекцій з дисциплін: «Спецкурс випускової кафедри» та «Організація та управління будівництвом», «Інформаційне моделювання процесів організації і управління будівництвом», «Використання BIM інструментарію при плануванні та організації будівництва» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» ОПП «Промислове та цивільне будівництво», першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти Київського національного університету будівництва і архітектури. У процес навчання

впроваджено розроблені автором організаційно-технологічні та методичні підходи до моделювання, контролю й оцінювання ефективності процесів монтажу та технічного нагляду в будівництві. Матеріали дисертаційного дослідження використано під час впровадження сучасних інформаційних систем і технологій для моніторингу якості будівельних робіт, оцінювання потенціалу цифровізації служб замовника, а також підвищення надійності та конкурентоспроможності будівельного виробництва в умовах повоєнного відновлення України.

Розроблені рекомендації висвітлюють комплекс підготовчих і спеціальних робіт і заходів, спрямованих на гарантоване забезпечення стійкості світлопрозорих конструкцій у процесі їх монтажу, а також всього об’єкту в цілому.

Методи монтажу віконних конструкцій представлені у вигляді трьох основних підсистем – методів монтажу: нове будівництво, реставрація або ремонт.

По кожній підсистемі методи згруповані на групи в залежності від спрямованості комплексу робіт, кожна з яких поділяється на підгрупи методів в залежності від сутності процесів і явищ, що лежать в основі методу, а також окремі методи, класифіковані за технологічними ознаками.

У рекомендаціях наведено область та умови застосування підгруп методів і розкривається технологічна сутність кожного із запропонованих методів. У рекомендаціях викладено основи формування раціональних технологічних рішень монтажу віконних конструкцій, наведено область раціонального застосування засобів монтажу. Особливу увагу приділено положенням поточної технології монтажу віконних конструкцій з регламентацією правил розбивки об'єкта будівництва на яруси, ділянки та окремі захватки. Встановлено типову організаційно-технологічну структуру комплексу монтажних робіт, що включає такі структурні елементи, як роботи підготовчого періоду, спеціальний комплекс монтажних робіт та організаційно-технологічних заходів. Розроблено типову структуру об'єктних потоків і наведено основні організаційно-технологічні

моделі їх розвитку для основних видів монтажу – масове улаштування, часткова заміна або ремонт.

Експериментальне технологічне моделювання виконувалось у процесі будівництва при виконанні монтажу віконних конструкцій на об’єкті компанії «КАНБУД» ЖК Unit Home, м. Київ, вул. Сім'ї Хохлових, 8 (Рис. 4.3).

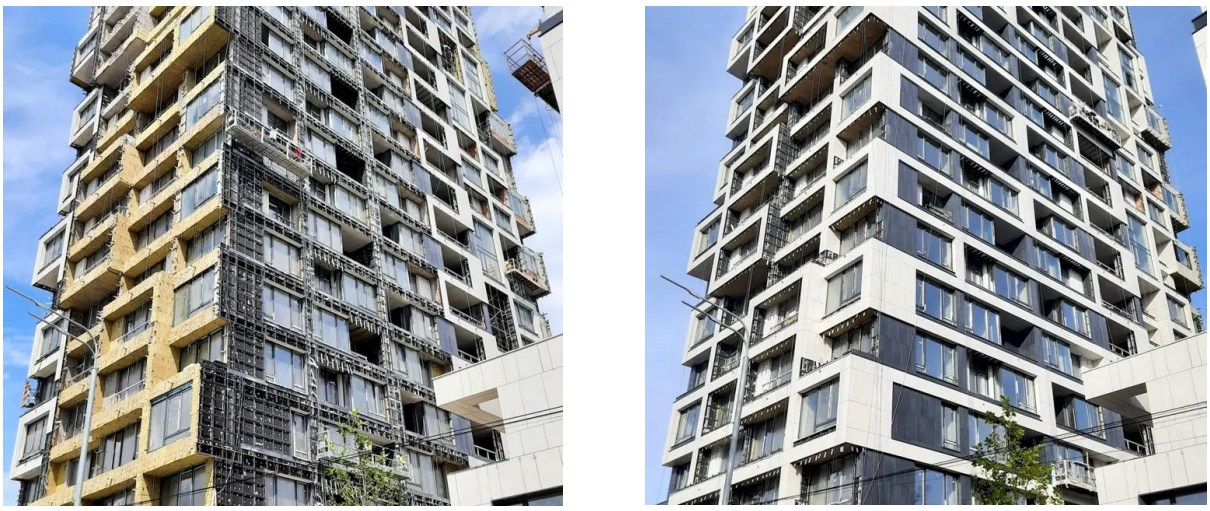


Рис. 4.3. Приклад об’єкту реалізації технологічних рішень

(Фото ТОВ «КАНБУД»)

Метою експериментального технологічного моделювання є встановлення ступеня наукової достовірності та практичної значущості основних результатів дослідження.

Предметами експериментального технологічного моделювання виступають методи, технологічні рішення, режими та параметри процесу монтажу, організаційно-технологічні моделі, а також методика вибору раціональної технології монтажу віконних конструкцій (дод. Е).

Протягом співпраці з виробничим та монтажним підрозділами компанії «КАНБУД» проведено доопрацювання технологічних карт монтажу світлопрозорих конструкцій в залежності від обраних технологічних рішень.

В цілому аналіз матеріалів впровадження основних результатів дослідження показав їхню достатню універсальність при проектуванні та зведенні об’єктів промислового та цивільного призначення в умовах виликомасштабного будівництва.

Основними напрямками подальших досліджень можуть бути:

- адаптація результатів дослідження до умов перспективних видів цивільного та промислового будівництва (модульне, каркасне-монолітне, тощо);

- систематизація будівельно-технологічних параметрів віконних конструкцій різних періодів будівництва в умовах відновлення;

- вдосконалення розробленої системи методів монтажу в умовах повоєнної реконструкції цивільної забудови та промислових об'єктів;

- оптимізація технологічних параметрів та режимів виконання всього комплексу монтажних процесів віконних конструкцій;

- дослідження та обґрунтування галузі раціонального використання нових будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, що володіють високою довговічністю та стійкістю до впливів навколишнього середовища, що мають необхідні властивості, механічні та міцнісні характеристики.

Висновки до розділу 4

1. На підставі встановлених особливостей та умов монтажу світлопрозорих конструкцій, та їх будівельно-технологічних характеристик, розроблено основні положення методики вибору раціональної технології монтажу віконних конструкцій, які базуються на принципах системного підходу та цілеспрямованого синтезу можливих методів монтажу. Вибір раціональних методів монтажу здійснюється з використанням багатокритеріальних моделей, в основі яких лежить система різнорідних критеріїв, що мають різну кількісну або якісну, техніко-економічну або технологічну сутність.

2. Розроблена підпрограма задля підвищення ефективності ОТР, шляхом визначення основних об'ємно-планувальних і конструктивних рішень об'єкту, структури та обсягів виконання основних монтажних робіт; розрахунку витрат на реалізацію певних ОТР, розглянутих в роботі.

3. Для перевірки теоретичних і практичних положень даної роботи виконане впровадження результатів (наприклад, класифікація факторів, що впливають на вибір організаційно-технологічних рішень процесів монтажу,

методики вибору раціональних ОТР) на реальних об’єктах будівництва (проектні рішення та організаційно-технологічні рішення у складі розділів ПОБ і ПВР, що дозволило підвищити науково-технічну обґрунтованість організаційно-технологічних рішень монтажу і знизити тривалість та трудомісткість робіт), а також у підготовці навчального посібника для навчання студентів за напрямком «Монтажник віконних та дверних конструкцій».

4. Основними напрямками подальших досліджень можуть бути питання систематизації будівельно-технологічних параметрів світлопрозорих конструкцій, вдосконалення розробленої системи методів монтажу в умовах повоєнної реконструкції цивільної забудови та промислових об’єктів, дослідження галузі раціонального використання нових матеріалів та конструкцій, що мають високу довговічність та відповідають умовам сталого розвитку.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У виконаній дисертаційної роботі проведені теоретичні та експериментальні дослідження, які *вирішили* головне *протиріччя* між необхідністю підвищення ефективності виконання процесу монтажу світлопрозорих конструкцій комплексу житлових будівель і зменшенням витрат в умовах великомасштабного будівництва та недостатнім науково-методичним забезпеченням розробки та обґрунтування процесу монтажу, оптимізованих за техніко-економічними критеріями, що підтверджує правдивість прийнятої робочої гіпотези.

Основні наукові і практичні результати:

1. Вирішено проблемне питання – створена впорядкована система методів монтажу світлопрозорих конструкцій, яка дозволила зменшити витрати часу на будівельному майданчику та підвищити ефективність будівництва за рахунок використання сучасних систем та матеріалів.

2. На основі збору даних та проведеного аналізу 35 об’єктів-представників сформовані характеристичні параметри ідеального об’єкту, що являє собою житлову двосекційну, 22-х поверхову будівлю, з загальними розмірами: довжиною 53м та шириною 22м, з обсягом монтажу 2000 одиниць віконних та балконних конструкцій.

3. Вперше встановлені основні групи домінуючих факторів, які впливають на вибір методів монтажу, а саме, у порядку значимості: функціонально-цільові умови будівництва; технологічні фактори; конструктивно-технологічна досконалість віконної системи; будівельно-технологічні характеристики об’єкта; організаційні умови та обмеження.

4. Проведена класифікація факторів що впливають на вибір організаційно-технологічних заходів та рішень щодо монтажу віконних конструкцій, які поділені на дві групи: інваріантні та варіантні фактори. Інваріантні – це характеристичні параметри об’єкту будівництва; варіантні – вибір матеріалів та систем монтажу, організації будівництва, логістика на будівельному майданчику та система контролю якості.

5. Сформовані можливі методі монтажу віконних конструкцій на основі виділених метод-утворюючих ознак (метод улаштування, оновлення віконних конструкцій; параметри фронту робіт; прийоми виконання монтажних операцій, технологічність процесу монтажу, технічний стан та наявність попередніх модернізацій і втручань в існуючий будинок), встановлених за результатами систематизації та узагальнення будівельно-технологічних характеристик та умов виконання монтажу.

6. Обґрунтована раціональна структура організаційно-технологічних моделей, що змінюється залежно від групи методів та визначає основні технологічні параметри (час, структуру процесу, наявність ОТП, питомі витрати праці) на основі організаційно-технологічного моделювання процесів монтажу світлопрозорих конструкцій.

7. Встановлена раціональна сфера застосування рішень монтажу віконних конструкцій на основі виконаного математичного моделювання монтажних процесів. Найбільш ефективними рішеннями у сучасному будівництві є ПВХ-системи виносного монтажу які дозволяють виконати роботи з найменшою собівартістю (*прогнозоване зниження показника до 30 %*) та у найкоротший проміжок часу, що значно впливає на загальні економічні показники будівництва.

8. Розроблена інженерна методика формування раціональних організаційно-технологічних рішень процесу монтажу віконних конструкцій, в основу якої покладено:

- системний підхід, що забезпечує максимально широкий облік факторів, що впливають та умов монтажу при виборі та обґрунтуванні раціональних варіантів;
- цілеспрямований синтез можливих методів монтажу віконних конструкцій залежно від виду будівництва, будівельно-технологічних параметрів конструкцій, будинка в цілому, а також впливових груп факторів та умов виконання робіт;
- використання технологічних рішень та методів монтажу віконних конструкцій, що мають наукове та техніко-економічне обґрунтування;

- використання багатокритеріальних методів технологічного та техніко-економічного обґрунтування раціональних варіантів, в основі яких лежить система різнорідних критеріїв, що мають кількісну чи якісну, техніко-економічну чи технологічну сутність, та методологію їх використання.

9. З метою підвищення ефективності організаційно-технологічного проектування розроблена прикладна підпрограма, яка виконана в середовищі Microsoft Excel, що створює практичні умови для реалізації принципу варіантності вибору – пошук оптимального варіанту із множини можливих варіантів.

10. Впровадження результатів дослідження, що здійснені в проєктному і виробничому підрозділах компанії «КАНБУД» у вигляді організаційно-технологічних рішень у складі розділів ПОБ і ПВР, що забезпечило підвищення науково-технічної обґрунтованості рішень з монтажу віконних конструкцій, зниження тривалості та трудомісткості процесу монтажу. Основні результати роботи впроваджені у навчальний процес, зокрема розроблений у співавторстві навчальний посібник «Монтажник віконних та дверних конструкцій» для педагогічних працівників та здобувачів додаткових професійних кваліфікацій за професією «Монтажник віконних та дверних конструкцій». Крім того, апробація результатів дослідження здійснювалась у освітньому процесі на будівельному факультеті КНУБА шляхом використання наукових положень, висновків і рекомендацій при підготовці навчально-методичних матеріалів, лекційних занять та кейсів. Результати дисертації також були використані під час виконання науково-дослідних тем: «Розробка науково-технічного інструментарію для формування та реалізації внутрішньовиробничих планів діяльності будівельної організації» (номер державної реєстрації 0124U005196) – особистий внесок автора полягає в оптимізації процесу монтажу світлопрозорих конструкцій та інтеграції графіків технічного нагляду в загальну систему внутрішньовиробничого планування будівельного підприємства; «Розробка інжинірингового інструментарію для інвестиційно-будівельних проєктів» (номер державної реєстрації 0124U005197) – особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні організаційно-технологічних моделей здійснення процесу монтажу та цифровізації взаємодії інженера з технічного нагляду зі службою замовника на всіх етапах реалізації проєкту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альтернативні технології модернізації будинків масової забудови невеликих міст / О. М. Березюк, В. Т. Шаленний, П. І. Несевря [та ін]. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. 2008. Вип. 47. С. 73–79.

2. Бабій І. Н., Марусич Ю. П., Куницька А. Л. Аналіз конструктивно-технологічних особливостей улаштування світлопрозорих конструкцій. *Будівельне виробництво*. 2018. Вип. 64. С. 72-75.

3. Балицький В. С. Програмно-цільове вдосконалення роботи будівельних організацій. Київ : Будівельник, 1987. 160 с.

4. Барабащук В. І., Креденцер Б. П., Мірошниченко В. І. Планування експерименту у техніці / за ред. Б. П. Креденцер. Київ : Техніка, 1984. 200 с.

5. Блоки віконні та дверні. Загальні технічні умови : ДСТУ Б В.2.6-23:2009. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 83 с. (Національний стандарт України).

6. Бондаренко М. М., Орленко М. О., Фірсов Д. В. Сучасні аспекти проєктування та технології монтажу світлопрозорих конструкцій : монографія / М. М. Бондаренко та ін. – Київ : Видавництво Ліра-К, 2026. – 117 с. ISBN 978-617-9002-20-5.

7. Будніков М. С., Недавній П. І., Рибальський В. І. Основи потокового будівництва. Київ : Держбудвидавництво, 1961. 414 с.

8. Будніков М. С., Обозний А. П. Технологія та організація зведення будівель та споруд. Київ : Будівельник, 1964. 304 с.

9. Буравченко С., Чижевський О. Скляна архітектура. Світлопрозорі конструкції. Спеціальний випуск журналу «Особняк». 2003. № 4 (31). С. 16–23.

10. Валовой О. І. Проектування, технологія та організація будівництва, зведення і ремонт будівель та споруд : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Кривий Ріг : Вид. дім, 2008. 593 с.

11. Вибір організаційно-технологічних рішень улаштування огороджувальних конструкцій офісної будівлі за допомогою

багатокритеріального аналізу / І. М. Бабій, Л. В. Кучеренко, О. О. Борисов, Н. В. Олійник. *Сучасні технології в будівництві*. 2023. Т. 33, № 2. С. 119–127.

12. Вікна та двері. Вимоги. Частина 1 : ДСТУ EN 14351-1:2020 (EN 14351-1:2006+A2:2016, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 108 с.

13. Вибір та обґрунтування конструктивно-технологічних рішень ефективних віконних систем / І. М. Бабій, Ю. П. Марусич, О. Л. Куницька, Д. В. Жайворонок. *Будівельне виробництво*. 2018. Вип. 64. С. 56-60.

14. Галушко В. О. Шляхи підвищення надійності та довговічності житлових будинків : монографія. Запоріжжя : КПУ, 2008. 228 с.

15. Гнатієнко Г. М., Снитюк В. Є. Експертні технології. Прийняття рішень: Монографія. - К.: ТОВ „Маклаут",. – 2008. – 444 с. ISBN 978-966-96939-4-8.

16. Горват А. А., Молнар О. О., Мінькович В. В. Методи обробки експериментальних даних з використанням MS Excel : навч. посіб. Ужгород : Говерла, 2019. 160 с.

17. Грабовецький Б. Є. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2010. 171 с.

18. Давидов В. А. Розробка методу аналізу та обґрунтування організаційно-технологічних рішень щодо монтажу конструкцій при реконструкції одноповерхових промислових будівель : дис. канд. техн. наук : 05.23.08. Дніпропетровськ, 1981. 152 с.

19. Довідник будівельника / О. М. Лівінський, С. А. Ушацький, П. А. Оробченко та ін. Київ : МП «ЛЕСЯ», 2009. 496 с.

20. Єсипенко А. Д. Наукові основи забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель та споруд : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.08. Київ, 2007. 39 с.

21. Жуков А. А. Оптимізація технології та організації будівництва. Київ : Будівельник, 1977. 182 с.

22. Зельцер Р. Я., Дубінін Д. В. Система формалізації процесів організації будівництва. Управління розвитком складних систем. 2017. № 29. С. 184–191.

23. Клюшниченко Є. Є. Реконструкція житлової забудови. Техніко-економічне обґрунтування : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2000. 248 с.

24. Конструкції будинків і споруд. Шви з'єднувальні місць примикань віконних блоків до огорожувальних конструкцій. Технічні умови : ДСТУ Б В.2.6-79:2009. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 19 с.

25. Литвин В., Олійник Н., Мудрак В., Фірсов Д. та ін. Монтажник віконних та дверних конструкцій : навчальний посібник / за ред. В. Лемещенко-Лагоди, А. Ізовіти. Одеса : Гельветика, 2023. 121 с. ISBN 978-617-554-128-9.

26. Майданов В. М., Шейко Ю. П., Тригер Г. М. Організація та планування будівництва / за ред. Г. Д. Малишевського, С. А. Ушацького. Київ : Урожай, 1993. 432 с.

27. Матвієвський С. В., Клис М. В. Використання сучасного комп'ютерного забезпечення для планування будівельного виробництва. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Київ : КНУБА, 2019. Вип. 39, ч. 2. С. 97–100.

28. Менейлюк О. І., Дорофєєв В. С., Лукашенко Л. Е. Сучасні технології в будівництві. Київ : Освіта України, 2011. 534 с.

29. Методи та засоби підвищення теплоізоляційних якостей вікон. Вибір опору повітропроникненню / В. Б. Шевельов, М. І. Коляков, Л. Ф. Чорних, П. П. Польовий. Вітрина. 2000. № 2 (8). С. 3–7.

30. Млодецький В. Р. Управлінська реалізованість будівельних проектів: монографія. Дніпропетровськ : Наука та освіта, 2005. 261 с.

31. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування : підручник / В. М. Геєць, Т. С. Клебанова, О. І. Черняк та ін. Харків : ВД «ІНЖЕК», 2005. 396 с.

32. Нікогосян Н. І., Демидова О. О., Литвиненко Л. В. Реінжиніринг організаційно-технологічних процесів як чинник підвищення якості будівництва. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Київ : КНУБА, 2019. Вип. 39, ч. 2. С. 106–110.

33. Оптимізаційні тенденції у прогнозуванні тривалості будівництва / І. В. Шумаков, Р. І. Микаутадзе, І. І. Ляхов [та ін.]. Науковий вісник будівництва. 2018. Т. 91, № 1. С. 115-121.

34. Організаційні та виробничі складові на етапі інженерної підготовки інвестиційно-будівельного проекту, їх роль в управлінні циклом будівельного

виробництва / М. О. Шебек, О. В. Дубинка, А. О. Тугай, Д. П. Явтушенко. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Київ : КНУБА, 2019. Вип. 39, ч. 2. С. 18–24.

35. Осипов О. Ф., Карасьов О. В. Оцінка впливу аналізованих факторів на параметри будівельного потоку: метод. указ. до розрах.-граф. роб. за курсом «Дисципліни цільової підготовки». Ч. 2. Київ : КДТУБА, 1995. 8 с.

36. Осипов О. Ф., Романушко Є. Г. Аналіз і прогнозування основних тенденцій і напрямків прогресу в будівництві : метод. рекомендації. Київ : КНУБА, 2000. 24 с.

37. Осипов О. Ф., Фірсов Д. В. Дослідження факторів, що впливають на вибір раціональної технології монтажу світлопрозорих конструкцій. Шляхи підвищення ефективності будівництва. 2025. Вип. 56 (1). С. 64–70. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).64-70

38. Осипов О. Ф., Фірсов Д. В. Сучасні тенденції у застосуванні віконних систем з ПВХ та методів організації та виконання монтажу віконних конструкцій у будівництві. Шляхи підвищення ефективності будівництва. 2025. Вип. 55 (2). С. 11–19. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(2).11-19

39. Осипов С. О. Методика дослідження факторів, що впливають на вибір раціональних методів реставрації арочних конструкцій та склепінь пам'яток архітектури. Містобудування та територіальне планування. 2011. Вип. 41. С. 313–318.

40. Основи менеджменту в будівництві : навч. посіб. / А. В. Безух, Н. О. Борисова, В. О. Поколенко, Г. В. Лагутін, В. М. Погорельцев ; за ред. С. А. Ушацького. Київ : Науковий світ, 2004. 168 с.

41. Підгорний О. Л., Щепетова І. М., Сергейчук О. В. Світлопрозорі огородження будинків. Київ, 2005. 120 с.

42. Поколенко В. О. Критеріальні та організаційні основи формування циклу будівельних інвестицій на інноваційних засадах : автореф. дис. д-ра техн. наук : 05.23.08. Київ, 2009. 36 с.

43. Посібник із монтажу сучасних вікон / К. Предун, О. Домашевська, А. Бригинець [та ін.]. Київ : Вітрина, 2001. 64 с.

44. Савйовський В. В. Реконструкція будівель і споруд: навч. посіб. – Київ: Видавництво. Ліра-К, 2019. – 320 с.

45. Савйовський В. В. Методологічні принципи організаційно-технологічного проектування реконструкції цивільних будівель : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.08. Харків, 2011. 44 с.

46. Сердюк В. Р., Гончарук А. В. Тенденції використання сучасних вікон для житлових будинків. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2018. № 2. С. 45–50.

47. Сердюк В. Р., Сердюк Т. В., Франишина С. Ю. Удосконалення огороджуючих конструкцій як джерело зниження теплових втрат сучасної будівлі. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2019. Т. 26, № 1. С. 153–159.

48. Сніжко А. П. Організація інформаційної системи в управлінні будівельним потоком. Київ : Будівельник, 1979. 76 с.

49. Удосконалення технології будівельно-монтажних робіт в умовах реконструкції промислових підприємств/Є. Д. Косенков, Г. Н. Тонкачеєв, Н. Н. Шевцова [та ін.]. Промислове будівництво. 1984. № 8. С. 32–33.

50. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2016. [Чинний від 2017-04-01]. Київ : Мінрегіон України, 2016. 33 с. (Державні будівельні норми України).

51. Технічна експлуатація, реконструкція і модернізація будівель : навч. посіб. / А. І. Гавриляк, І. Б. Базарник, Р. І. Кінаш та ін. Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2006. 540 с.

52. Технологія будівельного виробництва : підручник / В. К. Черненко, М. Г. Ярмоленко, Г. М. Батура та ін. ; за ред. В. К. Черненка, М. Г. Ярмоленка. Київ : Вища шк., 2002. 430 с.

53. Торкатюк В. І. Оптимізація управління процесом діяльності будівельного підприємства. Харків, 2004. 550 с.

54. Тоценко В. Г. Методи та системи підтримки прийняття рішень. Алгоритмічний аспект. Київ : Наукова думка, 2002. 381 с.

55. Тугай О. А. та ін. «Організація та управління будівництвом» : підручник / О. А. Тугай та ін. — Київ: Видавництво «Ліра-К», 2024. — 400 с.

56. Тугай О. А., Чуприна Ю. А., Сліпенчук О. В. Формування сучасних моделей організаційних структур для адаптації будівельного виробництва до Євро стандартів. Управління розвитком складних систем. 2011. № 6. С. 77–83.

57. Тян Р. Б., Чернишук Н. М. Організація виробництва. Дніпропетровськ : Наука та освіта, 1994. 254 с.

58. Ушацький С. А. Інформаційні засади управління будівельним виробництвом. Київ : Будівельник, 1977. 168 с.

59. Ушацький С. А. Організація, планування та управління міським будівництвом: навч. посібник для вузів. Київ: Вища школа, 1983. 352 с.

60. Фаренюк Г. Г., Фаренюк Є. Г. Про закономірності теплопередачі через світлопрозорі конструкції. Віконні технології. 2001. № 7. С. 38–40.

61. Фірсов Д. В. Дослідження та обґрунтування раціональних організаційно-технологічних моделей монтажу віконних конструкцій. Шляхи підвищення ефективності будівництва. 2026. Вип. 57 (2). С. 235–241. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2026.57(2).235-241

62. Фоков Р. І. Вибір оптимальної організації та технології зведення будівель. Київ : Будівельник, 1969. 192 с.

63. Черненко В. К. Методи монтажу будівельних конструкцій. Київ : Будівельник, 1982. 208 с.

64. Черненко К. В., Білик А. С., Гавалешко В. М. Аналіз та вибір об’єктів-представників багатоповерхового будівництва. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2014. Вип. 32. С. 228-239.

65. Шевельов В. Б., Чорних Л. Ф. Методи та засоби підвищення теплоізоляційних якостей скління. Вітрина. 1999. № 5. С. 26–33.

66. Baukörperanschluss von Fenstern. Teil 1: Verfahren zur Ermittlung der Gebrauchstauglichkeit von Abdichtungssystemen : ift-Richtlinie MO-01/1. Rosenheim : ift Rosenheim, 2007.

67. Benitz-Wildenburg J. Fenstersanierung im Bestand: Chancen, Herausforderungen und Lösungen für Planung und Montage. Rosenheim : ift Rosenheim, 2025.

68. Feldmann R., Becker T. Wärmebrücken in der Bestandssanierung. Leitfaden für Fachplaner und Architekten. Berlin : Westkreuz-Druckerei Ahrens KG, 2015.

69. Forschungsbericht Fenstereinbau mit Zargen. Rosenheim : ift Rosenheim, 1989.

70. iBAT-Wärmebrückenkatalog für den Fenstertausch im Gebäudebestand. Hannover : iBAT Instituts-Gesellschaft für Betriebs- und Arbeitstechnik des Tischlerhandwerks mbH, 2009.

71. Jehl W. Nachweis des Fugenschalldämm-Maßes für kritische Einbausituationen. 2026. DOI: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29828.49284

72. Jehl W., Benitz-Wildenburg J. Installing windows in composite thermal insulation systems = Fenstermontage in Wärmedämm-Verbundsystemen: Correct fastening, load transfer, sealing and fire protection = Fachgerechte Befestigung, Lastabtragung, Abdichtung und Brandschutz. Mauerwerk. 2016. Vol. 20, no. 2. P. 160–169. DOI: https://doi.org/10.1002/dama.201690012

73. Künzel H. M., Künzel H. Hygrothermische Beanspruchung und Lebensdauer von Wärmedämm-Verbundsystemen. Bauphysik. 2006. Vol. 28, no. 3. P. 153-163. DOI: https://doi.org/10.1002/bapi.200610015

74. Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren für Neubau und Renovierung. Frankfurt am Main : Gütegemeinschaft Fenster, Fassaden und Haustüren e. V., 2014.

75. Menck H., Seifert E. Neue Fenster für alte Fassaden: Die stilechte Fenstererneuerung. Köln : RM Rudolf Müller Medien GmbH & Co. KG, 1986.

76. Osypov O., Firsov D., Bondarenko M. Justification of rational methods of installation of PVC window structures. The Scientific Heritage. 2026. No. 178. P. 4-8.

77. Passivhaus Vorprojektierung 2002. Energiebilanzverfahren für die Vorentwurfsplanung von Passivhäusern / W. Feist, E. Baffia, J. Schnieders, R. Pfluger. Darmstadt : Passivhaus Institut, 2002.

78. Richtlinie: Anschlüsse an Fenster und Rollläden bei Putz, Wärmedämm-Verbundsystem und Trockenbau. Stuttgart : Fachverband der Stuckateure für Ausbau und Fassade Baden-Württemberg, 2010.

79. Siberath U., Cremers J. Baukörperanschluss und baulicher Kontext. 2015. DOI: https://doi.org/10.11129/9783955532307-009

80. Siberath U., Cremers J. Building connection and structural context. 2016. DOI: https://doi.org/10.11129/9783955532994-008

81. Technische Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen (TRAV). Berlin : Deutsches Institut für Bautechnik, 2003.

82. Technische Richtlinien für die Planung und Verarbeitung von Wärmedämm-Verbundsystemen : Merkblatt Nr. 21. Frankfurt am Main : Bundesausschuss Farbe und Sachwertschutz, 2012.

83. Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen : Abschlussbericht. Stuttgart : Fraunhofer IRB Verlag, 2004.

84. Weber L., Müller S., Kaltbeitzel B. Einfluss von Wärmedämm-Verbundsystemen auf die Schalldämmung von Außenwänden. Bauphysik. 2018. Vol. 40, no. 1. P. 19-30. DOI: https://doi.org/10.1002/bapi.201810005

ДОДАТКИ

Додаток А. Об’єкти-представники

Додаток Б. Матеріали експертних оцінок

Додаток В. Матеріали статистичного аналізу параметрів об’єктів-представників

Додаток Г. Конструктивно-технічні рішення процесу монтажу світлопрозорих конструкцій

Додаток Д. Організаційно-технологічні моделі монтажних рішень світлопрозорих конструкцій

Додаток Е. Прикладна підпрограма для забезпечення проектування монтажних робіт і заходів

Додаток Є. Протоколи впровадження

Додаток А. Об’єкти-представники

№ п/п	Назва об’єкту	Забудовник	Найменування об'єкту
1	ЖК Злагода	Київміськбуд	м. Київ, вул. Вербицького, 3
2	ЖК Dibrova park	IB Alliance	м. Київ, вул. Маршала Гречка, буд. 1.3
3	ЖК Dibrova park	IB Alliance	м. Київ, вул. Маршала Гречка, буд. 1.1
4	ЖК Linden Luxury Residences	Budhouse Group	м. Київ, вул. Лютеранська, 14 В
5	ЖК Geneva	Геос	м. Київ, бул. Вацлава Гавела, 7г
6	ЖК "Авангард"	УКРБУД	м. Київ, пр. Голосіївський, 95
7	ЖК Відпочинок	Столиця груп	м. Київ, вул. Відпочинку, 9а
8	ЖК "Галактика"	Столиця груп	м. Київ, вул. Євгенія Сверстюка, 4
9	ЖК "Бульвар Фонтанів"	UDP	м. Київ, вул. Патріса Лумумби, 6/1
10	ЖК "Скай Лайн"	Геос	м. Київ, вул. Є. Коновальця, 26 а
11	ЖК "Південний Квартал"	КТМ-БУД	м. Київ, вул. Т. Строкача, 9
12	ЖК Комарова	Інтергалбуд	м. Київ, пр. Комарова, 4 б
13	ЖК "Квартет"	Столиця груп	м. Київ, вул. Липківського, 16 а
14	ЖК "Совські Ставки"	Глобал Трейд	м. Київ, вул. Кіровоградська, 70
15	ЖК "Хоффман Хаус"	Столиця груп	м. Київ, вул. Златоустівська
16	ЖК "Сіті Парк"	Синергія	м. Житомир, вул. Старий Бульвар, 14
17	ЖК "Французький Квартал"	Київміськбуд	м. Київ, вул. Анрі Барбюса, 52/1, вул. Філатова 2/1
18	ЖК "Традиція"	Інтергалбуд	м. Київ, вул. Олени Пчілки, 3
19	ЖК "Паркові озера"	Інтергалбуд	м. Київ, вул. Воскресенская, 16 в
20	ЖК "Адмірал"	СВМ-Буд	м. Київ, вул. Ушакова, 1 г
21	ЖК "Новопечерські Липки"	UDP	м. Київ, вул. Драгомірова, 14
22	ЖК "Делмар"	Delmar	м. Київ, вул. Драгомірова, 4 б
23	ЖК "Тетріс Хол"	КАН	м. Київ, вул. Димитрова, 1/2
24	ЖК "Бонапарт"	Геос	м. Київ, вул. Щекавицька, 53
25	ЖК "Нобел Хаус"	Геос	м. Київ, вул. Гоголівська, 14
26	ЖК "Лимонад"	Геос	м. Київ, вул. Максимовича, 3

27	ЖК "Сохо Резіденс"	Геос	м. Київ, вул. Деміївська, 13
28	ЖК Метрополіс	ДІМ	м. Київ, пр-т Ак.Глушкова, 9 г
29	ЖК "Лідер"	Інтергалбуд	м. Київ, вул. Андрющенка, 6 г
30	ЖК "Лукянівський"	Інтергалбуд	м. Київ, вул. Мельникова, 51
31	ЖК "Деміївська"	Інтергалбуд	м. Київ, вул. Деміївська, 14
32	ЖК "Нивки Парк"	Інтергалбуд	м. Київ, пр. Перемоги, 67
33	ЖК "Яскравий"	Інтергалбуд	м. Київ, вул. Дегтяренка, 33
34	ЖК Київська Венеція	Київміськбуд	м. Київ, проспект Воз'єднання, 21 в
35	ЖК Бережанська	Інтергалбуд	м. Львів, вул Бережанська, 54

Додаток Б. Матеріали експертних оцінок

Мозкова атака "збір думок"

Опитувальні листи та самооцінка експертів

Ознака	Рівень оцінки		
	високий	середній	низький
1. Рівень знайомства з проблемою (*досвід проектування та виконання монтажу*, *років*)	більше 10	*5-10*	до 5
2. Ваша теоретична підготовка	д.т.н. або професор	*к.т.н./ доцент*	Інженер
3. Ваш виробничий досвід, років	*більше 10*	*5-10*	до 5

Експерт А

Самооцінка експерта

Ознака	1	***0,5***	0,45	0,35
	2	***0,35***	0,25	0,075
	3	0,15	***0,1***	0,075
∑				**0,95**
Рівень		високий	середній	низький

Опитувальний лист

Проблемне питання.

Які *групи факторів*, на Ваш погляд, здійснюють найбільший вплив *на вибір технології монтажу* віконних конструкцій житлових будівель

№ п/п ($n = (1, K)$)	Назва *групи факторів*
1	**А-група**. Функціонально-цільові умови будівництва
2	**Б-група**. Будівельно-технологічні характеристики об’єкта зведення
3	**В-група**. Конструктивно-технологічна досконалість віконної системи

4	**Г-група**. Технологічні фактори
5	**Д-група**. Організаційні умови і обмеження

Експерт Б

Самооцінка експерта

Ознака	1	***0,5***	0,45	0,35
	2	***0,35***	0,25	0,075
	3	0,15	***0,1***	0,075
∑				**0,95**
Рівень		високий	середній	низький

Опитувальний лист

Проблемне питання.

Які *підгрупи факторів*, на Ваш погляд, здійснюють найбільший вплив *на вибір технології монтажу* віконних конструкцій житлових будівель

№ п/п ($n = (1, \boldsymbol{K})$)	Назва ***підгрупи факторів**** (у складі факторів)
1	**Б.1. Об'ємно-планувальне рішення об'єкту** *(Б.1.2. Поверховість та геометричні розміри будівлі; Б.1.1. Компонувальна схема будівлі (наявність однорідних/неоднорідних об'ємів); Б.1.3. Прорізність стінового заповнення фасадів будівлі)*
2	**Б.2. Конструктивне рішення об'єкту** *(Б.2.1. Конструктивна система будівлі Б.2.2. Конструктивна схема будівлі Б.2.3. Конструктивне виконання стінового заповнення***)**
3	**Б.3. Технічний стан та наявність попередніх модернізацій і втручань в існуючий будинок** *(Б.3.1. Технічний стан конструкцій і існуючого будинку в цілому; Б.3.2. Характер и ступень пошкодження стінового заповнення і віконних конструкцій; Б.3.3. Наявність попередніх модернізацій і втручань в існуючий будинок (реконструкція, ремонт))*

Експерт В

Самооцінка експерта

Ознака	1	0,5	**0,45**	0,35
	2	0,35	**0,25**	0,075
	3	**0,15**	0,1	0,075
$\sum$				**0,85**
Рівень		високий	середній	низький

Опитувальний лист

Проблемне питання.

Які *підгрупи факторів*, на Ваш погляд, здійснюють найбільший вплив *на вибір технології монтажу* віконних конструкцій житлових будівель

№ п/п ($n = (1, \boldsymbol{K})$)	Назва ***підгрупи факторів**** (у складі факторів)
1	**В.1. Конструктивна гнучкість до перетворення розмірів і форми (властивості трансформера)** *(В.1.1. Можливість корекції геометричних розмірів і форми; В.1.2. Наявність конструктивних адаптерів В.1.3. Наявність додаткових конструктивних елементів та приладів)*
2	**В.2. Технологічність процесу монтажу** *(В.2.1. Наявність системи спеціальних засобів механізації та інструменту; В.2.2. Наявність системи спеціальної будівельної оснастки та інвентарю (траверс, захоплювачів, шаблонів-адаптерів, накладок, підкладок, ...); В.2.3. Малооперацийність процесу монтажу віконної конструкції; В2.4. Трудомісткість підготовчих та допоміжних операцій)*

Експерт Г

Самооцінка експерта

Ознака	1	***0,5***	0,45	0,35
	2	0,35	0,25	***0,075***
	3	***0,15***	0,1	0,075
∑				**0,725**
	Рівень	високий	середній	низький

Опитувальний лист

Проблемне питання.

Які *підгрупи факторів*, на Ваш погляд, здійснюють найбільший вплив *на вибір технології монтажу* віконних конструкцій житлових будівель

№ п/п ($n = (1, \boldsymbol{K})$)	Назва ***підгрупи факторів**** (у складі факторів)
1	**Г.1. Параметри фронту робіт** *(Г.1.1. Просторові параметри фронту робіт (кількість поверхів, дільниць, захваток)* *Г.1.2. Технологічні параметри фронту робіт (обсяги, структура та трудомісткість процесів)* *Г.1.3. Часові параметри (терміни монтажу, інтенсивність, модуль циклічності, крок і темп потоку)*
2	**Г.2. Умови виконання монтажних процесів** *(Г.2.1. Умови постачання віконних конструкцій (відправними елементами, частинами конструкцій, конструкціями, віконними блоками)* *Г.2.2. Спосіб та відстань транспортування до об'єкту, наявність і розташування площадок передмонтажної підготовки та укрупнення* *Г.2.3. Спосіб подавання під монтаж-установку*)
3	**Г.3. Прийоми виконання монтажних операцій**

Групування (згортка) впливаючих факторів (думок) експертів

	Назва фактору	Частота висловлювань	
		абсолютна, a_i	відносна, h_i
1	*2*	*3*	*4*
	А - група. Функціонально-цільові умови будівництва		
1	А.1. Вид будівництва (нове будівництво, реконструкція, ремонт)	13	0,159
2	А.2. Метод улаштування, оновлення віконних конструкцій (масове улаштування, повна, часткова або фрагментарна заміна, ремонт)	13	0,159
	Всього:	*26*	*0,317*
	Б – група. Будівельно-технологічні характеристики об'єкта зведення		
3	Б.1. Об'ємно-планувальне рішення об'єкту	1	0,012
4	Б.2. Конструктивне рішення об'єкту	5	0,061
5	Б.3. Технічний стан та наявність попередніх модернізацій і втручань в існуючий будинок	3	0,037
	Всього:	*9*	*0,110*
	В-група. Конструктивно-технологічна досконалість віконної системи		
6	В.1. Конструктивна гнучкість до перетворення розмірів і форми (властивості трансформера)	2	0,024
7	В.2. Технологічність процесу монтажу	2	0,024
	Всього:	*4*	*0,049*
	Г – група. Технологічні фактори		
8	Г.1. Параметри фронту робіт (просторові, технологічні, часові)	12	0,146
9	Г.2. Умови виконання монтажних процесів	2	0,024
10	Г.3. Прийоми виконання монтажних операцій	5	0,061
	Всього:	*19*	*0,232*
	Д – група. Організаційні умови і обмеження		
11	Д.1. Організація будівництва об'єкту	12	0,146
12	Д.2. Обмеження	12	0,146

	Всього:	*24*	*0,293*
		82	**1**

Матриці рангів другого етапу експертної оцінки

Номер експерта, j = *(1, K)*	Об'єкти дослідження, i = (1, N)					s	u_{sj}	U_j
	А	***Б***	***В***	***Г***	***5***			
1	1	4	2	3	5	0	0	0
2	1	4	2	3	5	0	0	0
3	4	5	1	2	3	0	0	0
4	1	4	3	2	5	0	0	0
5	1	4	3	2	5	0	0	0
6	1	4	2	3	5	0	0	0
7	1	4	5	2	3	0	0	0
8	1	4	3	2	5	0	0	0
9	1	4	3	2	5	0	0	0
10	1	5	3	2	4	0	0	0
11	2	1	5	3	4	0	0	0
12	4	1	3	2	5	0	0	0
13	1	3	2	4	5	0	0	0
14	3	2	4	1	5	0	0	0
15	1	2	3	4	5	0	0	0
Сума рангів, $\sum r_{ij}$	24	51	44	37	69	$\sum U_j=\sum\sum(u_{sj}^3-u_{sj})=$		0
Квадрат відхилення, $(\sum r_{ij}-\bar{r})^2$	441	36	1	64	576	$\bar{r}=1/N\sum\sum r_{ij}=$		45
Варіація, $\sum Q_i^2=\sum(\sum r_{ij}-\bar{r})^2=$	1118							
Коефіцієнт конкордації $\omega = 12\sum Qi^2/(K^2(N^3-N)-K\sum U_j) =$					0,5			
$Q_O^2=Q^2-Q_A^2=$	677	1082	1117	1054	542			
Дисперсія системат $S_A^2=$	110,25	9	0,25	16	144	n=	75	
Остаточна дисперс $S_O^2=$	9,67142857	15,4571	15,95714	15,0571429	7,74286	r=	15	
$F_ф=S_A^2/S_O^2=$	11,3995569	0,58226	0,015667	1,0626186	18,5978	$m^!=$	60	
$F_{0,10}[60;14]$ =	2,1	<	31,65788			m=	14	
середній вплив xj=	2,680	2,320	2,413	2,507	2,080	12,00		
сумарний вплив **1+2+3+4+5** факторів значимо								
фактори	***А***	***Б***	***В***	***Г***	***Д***			

А - група. Функціонально-цільові умови будівництва (підгрупи А.1 і А.2)

Номер експерта, j = (1, K)	Об'єкти дослідження, i = (1, N)			s	u_{sj}	U_j
	A.1	***2***				
1	1	2		0	0	0
2	1	2		0	0	0
3	1	2		0	0	0
4	1	2		0	0	0
5	1	2		0	0	0
6	1	2		0	0	0
7	2	1		0	0	0
8	1	2		0	0	0
9	1	2		0	0	0
10	1	2		0	0	0
11	2	1		0	0	0
12	1	2		0	0	0
13	1	2		0	0	0
14	1	2		0	0	0
15	1	2		0	0	0
Сума рангів, $\sum r_{ij}$	17	28		$\sum U_j=\sum\sum(u_{sj}^3-u_{sj})=$		0
Квадрат відхилення, $(\sum r_{ij}-\bar{r})^2$	30,25	30,25		r=1/N$\sum\sum r_{ij}$=		22,5
Варіація, $\sum Q_i^2=\sum(\sum r_{ij}-r)^2=$	60,5					
Коефіцієнт конкордації ω = $12\sum Qi^2/(K^2(N^3-N)-K\sum Uj)$ =				0,54		
$Q_O^2=Q^2-Q_A^2=$	30,25	30,25		Дисперсійний аналіз факторів		
Дисперсія системат $S_A^2=$	30,25	30,25		n=	30	
Остаточна дисперс $S_O^2=$	1,00833	1,00833		r=	15	
$F_ф=S_A^2/S_O^2=$	30	30		m'=	15	
$F_{0,10}[15;14]$ =	2,43	<	8,06667	m=	14	
середній вплив xj=	0,93333	0,56667		1,5		
сумарний вплив **1+2** факторів значимо						
фактори	***A.1***	***A.2***				

Б – група. Будівельно-технологічні характеристики об’єкта зведення

Номер експерта, j = (1, K)	Об'єкти дослідження, i = (1, N)				s	u_{sj}	U_j
	Б.1	***Б.2***	***3***				
1	3	2	1		0	0	0
2	3	1	2		0	0	0
3	3	2	1		0	0	0
4	2	1	3		0	0	0
5	3	1	2		0	0	0
6	3	1	2		0	0	0
7	3	2	1		0	0	0
8	3	1	2		0	0	0
9	3	1	2		0	0	0
10	3	1	2		0	0	0
11	3	2	1		0	0	0
12	3	1	2		0	0	0
13	2	1	3		0	0	0
14	3	1	2		0	0	0
15	1	2	3		0	0	0
Сума рангів, $\sum r_{ij}$	41	20	29		$\sum U_j=\sum\sum(u_{sj}^3-u_{sj})=$		0
Квадрат відхилення, $(\sum r_{ij}-\bar{r})^2$	121	100	1		$r^{-}=1/N\sum\sum r_{ij}=$		30
Варіація, $\sum Q_i^2=\sum(\sum r_{ij}-r^{-})^2=$	222						
Коефіцієнт конкордації $\omega = 12\sum Qi^2/(K^2(N^3-N)-K\sum U$j) =					0,49		
$Q_O^2=Q^2-Q_A^2=$	101	122	221		Дисперсійний аналіз факторів		
Дисперсія системат $S_A^2=$	60,5	50	0,5		n=	45	
Остаточна дисперс $S_O^2=$	2,24444	2,71111	4,91111		r=	15	
$F_ф=S_A^2/S_O^2=$	26,9554	18,4426	0,10181		m!=	30	
$F_{0,10}$[30;14] =	2,25	<	45,4999		m=	14	
Середній вплив xj=	1,08889	1,55556	1,35556		***4***		
сумарний вплив **1+2+3** факторів значимо							
фактори	***Б.1***	***Б.2***	***Б.3***				

В-група. Конструктивно-технологічна досконалість віконної системи

Номер експерта, j = (1, K)	Об'єкти дослідження, i = (1, N)				s	u_{sj}	U_j
	B.1	***2***					
1	1	2			0	0	0
2	2	1			0	0	0
3	2	1			0	0	0
4	2	1			0	0	0
5	1	2			0	0	0
6	2	1			0	0	0
7	2	1			0	0	0
8	2	1			0	0	0
9	2	1			0	0	0
10	2	1			0	0	0
11	2	1			0	0	0
12	2	1			0	0	0
13	2	1			0	0	0
14	2	1			0	0	0
15	2	1			0	0	0
Сума рангів, $\sum r_{ij}$	28	17			$\sum U_j=\sum\sum(u_{sj}^3-u_{sj})=$		0
Квадрат відхилення, $(\sum r_{ij}-\bar{r})^2$	30,25	30,25			$\bar{r}=1/N\sum\sum r_{ij}=$		22,5
Варіація, $\sum Q_i^2=\sum(\sum r_{ij}-\bar{r})^2=$	60,5						
Коефіцієнт конкордації $\omega = 12\sum Qi^2/(K^2(N^3-N)-K\sum Uj) =$					0,54		
$Q_O^2=Q^2-Q_A^2=$	30,25	30,25			Дисперсійний аналіз факторів		
Дисперсія системат $S_A^2=$	30,25	30,25			n=	30	
Остаточна дисперс $S_O^2=$	1,00833	1,00833			r=	15	
$F_ф=S_A^2/S_O^2=$	30	30			m'=	15	
$F_{0,10}[15;14]=$	2,43	<	60		m=	14	
Середній вплив xj=	0,56667	0,93333			*1,5*		
сумарний вплив 1+2 факторів значимо							
фактори	*B.1*	*B.2*					

Г - група. Технологічні фактори

Номер експерта, j = (1, K)	Об'єкти дослідження, i = (1, N)			s	u_{sj}	U_j
	Г.1	***Г.2***	***3***			
1	1	3	2	0	0	0
2	1	3	2	0	0	0
3	1	3	2	0	0	0
4	1	2	3	0	0	0
5	1	3	2	0	0	0
6	1	3	2	1	1+2	6
7	1	3	2	0	0	0
8	1	3	2	1	1+2	6
9	1	2	3	0	0	0
10	2	1	3	0	0	0
11	2	1	3	0	0	0
12	1	3	2	0	0	0
13	2	1	3	0	0	0
14	1	3	2	0	0	0
15	1	3	2	0	0	0
Сума рангів, $\sum r_{ij}$	18	37	35	$\sum U_j=\sum\sum(u_{sj}^3-u_{sj})=$		12
Квадрат відхилення, $(\sum r_{ij}-\bar{r})^2$	144	49	25	$r^-=1/N\sum\sum r_{ij}=$		30
Варіація, $\sum Q_i^2=\sum(\sum r_{ij}-r^-)^2=$	218					
Коефіцієнт конкордації $\omega = 12\sum Qi^2/(K^2(N^3-N)-K\sum Uj)$ =				0,5		
$Q_O^2=Q^2-Q_A^2=$	74	169	193	Дисперсійний аналіз факторів		
Дисперсія системат $S_A^2=$	72	24,5	12,5	n=	45	
Остаточна дисперс $S_O^2=$	1,7619	4,02381	4,59524	r=	15	
$F_ф=S_A^2/S_O^2=$	40,8649	6,08876	2,72021	m!=	30	
$F_{0,10}[30;14]$ =	2,25	<	49,6738	m=	14	
Середній вплив xj=	1,6	1,17778	1,22222	*4*		
сумарний вплив 1+2+3+4+5 факторів значимо						
фактори	*Г.1*	*Г.2*	*Г.3*			

Д - група. Організаційні умови і обмеження

Номер експерта, j = (1, K)	Об'єкти дослідження, i = (1, N)		s	u_{sj}	U_j
	Д.1	***2***			
1	1	2	0	0	0
2	1	2	0	0	0
3	1	2	0	0	0
4	1	2	0	0	0
5	1	2	0	0	0
6	1	2	1	1+2	6
7	2	1	0	0	0
8	1	2	0	0	0
9	1	2	1	1+2	6
10	1	2	1	1+2	6
11	1	2	0	0	0
12	1	2	0	0	0
13	1	2	0	0	0
14	2	1	0	0	0
15	2	1	0	0	0
Сума рангів, $\sum r_{ij}$	18	27	$\sum U_j=\sum\sum(u_{sj}^3-u_{sj})=$		18
Квадрат відхилення, $(\sum r_{ij}- \bar{r})^2$	20,25	20,25	$r^-=1/N\sum\sum r_{ij}=$		22,5
Варіація, $\sum Q_i^2=\sum(\sum r_{ij}-r^-)^2=$	40,5				
Коефіцієнт конкордації $\omega = 12\sum Qi^2/(K^2(N^3-N)-K\sum Uj)$ =			0,45		
$Q_O^2=Q^2-Q_A^2=$	20,25	20,25			
Дисперсія системат $S_A^2=$	20,25	20,25			
Остаточна дисперс $S_O^2=$	0,675	0,675			
$F_ф=S_A^2/S_O^2=$	30	30			
$F_{0,10}[15;14]$ =	2,43	<			
Середній вплив xj=	0,9	0,6			
сумарний вплив 1+2 факторів значимо					
фактори	***Д.1***	***Д.2***			

Дисперсійний аналіз факторів

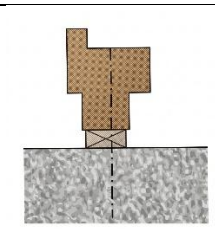
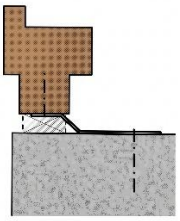
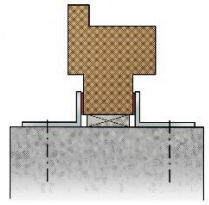
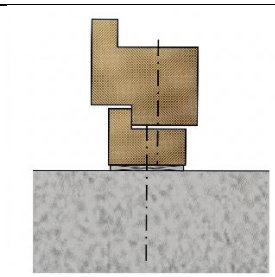
n=	30
r=	15
m!=	15
m=	14
	1,5

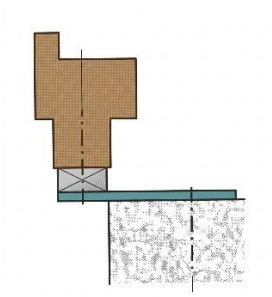
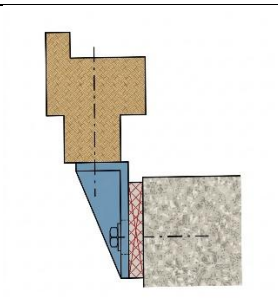
Додаток В. Матеріали статистичного аналізу параметрів об'єктів-представників

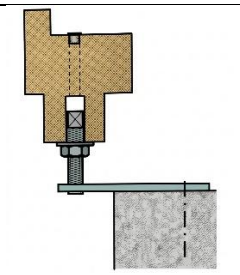
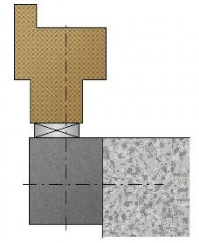
	Кількість секцій, шт.	Кількість поверхів, шт.	Ширина буд., м	Довжина буд., м	Висота буд., м	Периметр фасаду, м	Обсяг монтажу, $м^2$	Обсяг монтажу, шт.	Обсяг підготовки прорізів, м.п.
Середне значення параметру x_o =	1,69	22,14	22,31	53,83	68,26	152,27	12 028,00	2 068,04	17 817,00
Максимальне значення параметру x_{max} =	4,00	34,00	42,00	108,00	112,00	252,00	68 310,00	11 350,80	98 571,00
Мінімальне значення параметру x_{min} =	1,00	7,00	15,50	16,10	21,00	68,60	1 240,00	210,00	1 826,00
Розмах параметру {x}= x_{max} - x_{min} =	3,00	27,00	26,50	91,90	91,00	183,40	67 070,00	11 140,80	96 745,00
Стандартне відхилення s =	0,80	5,75	5,88	27,84	18,70	54,97	12 995,29	2 239,05	19 228,73
параметру з 75% ймовірністю x_{25}=x_o - 0,674s =	1,15	18,26	18,35	35,07	55,66	115,22	3 269,17	558,92	4 856,84
параметру з 75% ймовірністю x_{75}=x_o+0,674s =	2,23	26,02	26,27	72,59	80,86	189,32	20 786,83	3 577,16	30 777,16
x_{75}/x_{25} =	1,94	1,42	1,43	2,07	1,45	1,64	6,36	6,40	6,34

	Технологічні параметри (обсяги робіт на типовій секції - ***этаж***)					
	м2	*м2*	*м2*	*шт*	*шт*	*шт*
	$V^{вікна}$	$V^{балкоБлок}$	$V^{балкони}$	$V^{вікПрорізів}$	$V^{балкПрорізів}$	$V^{балконМістУстанов}$
Середне значення параметру x_o =	112,29	57,77	115,57	12,58	18,00	18,03
Максимальне значення параметру x_{max} =	497	256	512	51,2	79	80
Мінімальне значення параметру x_{min} =	49	25	50	5	8	8
Розмах параметру {x}= x_{max} - x_{min} =	448	231	462	46,2	71	72
Стандартне відхилення s =	82,81	42,65	85,32	10,62	13,18	13,34
параметру з 75% ймовірністю x_{25}=x_o - 0,674s =	56,47	29,02	58,07	5,42	9,12	9,04
параметру з 75% ймовірністю x_{75}=x_o+0,674s =	168,1	86,52	173,08	19,73	26,88	27,02
x_{75}/x_{25} =	2,98	2,98	2,98	3,64	2,95	2,99

Додаток Г. Конструктивні рішення виконання монтажу світлопрозорих конструкцій

	**Рамні дюбелі та шурупи для прямого кріплення.** Мають універсальне застосування як у старих, так і у нових будівлях. Навантаження на зсув, розтяг і згін.
	**Анкерні пластини.** Гнучкість дозволяє компенсувати зміну довжини рами внаслідок термічного впливу. Навантаження діють перпендикулярно площині вікна.
	**Направляючи рейки.** Доцільні там де є високі вимоги до компенсації руху, наприклад високі прольоти. Потрібні компенсуючи ковзаючи прокладки.
	**Рама попереднього монтажу.** Такі рами встановлюються на етапі «мокрого» будівництва або це можуть бути закладні рами у збірному будівництві. Фальш рами запобігають пошкодженню вікон на перших етапах будівництва.
Приклад використання дерев'яної рами попереднього монтажу з металевими планками. *(Фото автора, Berlin, Stallschreiberstr. 31)*	

	**Металеві планки.** Вони як правило стійкі до згину та витримують великі конструкції, наприклад «французькі балкони». Вони як правило прикручуються або зварюються з металевими частинами у перекритті або стіні.
Приклад використання металевих планок для виносних конструкцій. *(Фото автора, Berlin, Stallschreiberstr. 31)*	
	**Консолі.** Такі рішення використовуються в багатошарових стінах. Потрібно звертати увагу на забезпечення переносу навантаження, ізоляцію, антикорозійний захист.
Приклад використання консольних кронштейнів для виносних конструкцій. *(Фото автора, Berlin, Stallschreiberstr. 31)*	

	**Регульовані системи кріплення.** Використання у багатошарових стінах. Є можливість регулювання встановленої конструкції. Потрібно звертати увагу на забезпечення переносу навантаження, ізоляцію, антикорозійний захист.
	**Рама виносного монтажу.** Допоміжна рама з спіненого полістиролу або ПВХ-профілю для кріплення конструкції в зоні утеплювача. Встановлюється заздалегідь.
Приклад використання профілю EPS для виносного монтажу. *(Фото автора, Berlin, Stallschreiberstr. 31)*	

Додаток Д. Організаційно-технологічні моделі монтажних рішень світлопрозорих конструкцій

Таблиця Д.1

Застосування ізоляційних стрічок

<table>
<tr><td rowspan="2">Структура процесів</td><td rowspan="2">Пооперaційний графік виконання робіт</td><td colspan="3">Показники технологічності</td></tr>
<tr><td>q</td><td>$\frac{m}{k}$</td><td>$\sum t_{отп}$</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>1.Провести аналіз технічної документації
2.Сформувати перелік і черговість робіт
3.Скласти перелік необхідних інструментів та матеріалів
4.Скласти план монтажу
5.Розподілити завдання всередині монтажної бригади
6.Провести інструктаж щодо плану виконання робіт та використання засобів інд. захисту на об'єкті</td><td>
<table>
<tr><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>t, хв.</td><td>q, люд.-год.</td></tr>
<tr><td>1</td><td>М1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td>2</td><td>М1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3</td><td>М1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>М1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>М1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>М1</td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>30</td></tr>
</table>
</td><td>30</td><td>$\frac{6}{0.16}$</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>1.Організувати місце для тимчасового складування конструкцій та їх елементів
2.Підняти клітину з вікнами з автівки за допомогою крану на потрібний поверх
3.Провести переміщення конструкції з використанням візків, ременів, присосок та ін. на місце монтажу
4.Візуально перевірити виріб на цілісність та відсутність дефектів.
5.Демонтувати стулки, "глухі" склопакети та ін. для зменшення ваги конструкції та отримання доступу до відповідних точок кріплення
6.Забезпечити захист конструкцій від пошкоджень</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td>2</td><td>2</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td><td>M2</td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>M1</td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>75</td></tr>
</table>
</td>
<td>75</td>
<td>$\frac{6}{0.16}$</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1.Провести заміри прорізів
2.Визначити відповідність розмірів прорізу розмірам конструкції</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>25</td></tr>
</table>
</td>
<td>25</td>
<td>$\frac{2}{0.5}$</td>
<td></td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>1.Видалити крихкі елементи стін, підлоги, стелі та інші елементи, що осипаються у прорізі для монтажу.
2.Очистити поверхні від пилу та сміття
3.Підготувати розчин до виконання штукатурних та герметизуючих робіт.
4.Нанести праймер, ґрунтівку та інші засоби адгезії Полімеризація (висихання) праймера
5.Визначити базову лінію віконно-дверної конструкції, наносити відповідну розмітку та позначки</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th></th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td>15</td><td>15</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>M1</td><td>15</td><td>15</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>6</td><td>M1</td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="12">Σ</td><td>60</td></tr>
</table>
</td>
<td>60</td>
<td>$\frac{6}{0.16}$</td>
<td>30</td>
</tr>
<tr>
<td>1.Перевірити комплектність та конструкції
2.Визначити тип кріплення
3.Виконати свердління та установку анкерів або монтажних пластин
4.Закріпити на рамі герметизуючі стрічки та інші ущільнювальні матеріали відповідно до інструкцій виробника</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>15</td><td>15</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td>15</td><td>15</td></tr>
<tr><td colspan="10">Σ</td><td>40</td></tr>
</table>
</td>
<td>40</td>
<td>$\frac{4}{0.25}$</td>
<td></td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>1.Встановити конструкції з дотриманням вимог щодо відхилень по горизонталі та вертикалі
2.Виконати тимчасову фіксацію конструкції
3.Провести заміри та корекцію положення віконної конструкції
4.Виконати постійну фіксацію конструкції
5.Встановитити, розклинити склопакети, перевірити роботу фурнітури
6.Встановити штапік</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>2</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>10</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>10</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td><td>M2</td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>M2</td><td>5</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>75</td></tr>
</table>
</td>
<td>75</td>
<td>$\frac{6}{0.16}$</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1.Обробити поверхні водним розчином
2.Виконати рівномірне нанесення піни
3.Укласти ізоляційну стрічку на внутрішні та зовнішні сторони прорізу
4.Укласти гідроізоляційну стрічку знизу конструкції</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td>2</td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td>15</td><td>15</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>35</td></tr>
</table>
</td>
<td>35</td>
<td>$\frac{4}{0.25}$</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1.Виконати монтаж декоративних елементів
2.Виконати тестування стулок на легкість відкривання/ закривання
3.Оформити документи про виконання робіт</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>20</td></tr>
</table>
</td>
<td>20</td>
<td>$\frac{3}{0.33}$</td>
<td></td>
</tr>
</table>

Таблиця Д.2

Застосування рідких герметиків

<table>
<tr><td rowspan="2">Структура процесів</td><td rowspan="2">Пооперaційний графік виконання робіт</td><td colspan="3">Показники технологічності</td></tr>
<tr><td>q</td><td>$\frac{m}{k}$</td><td>$\sum t_{отп}$</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>1.Провести аналіз технічної документації
2.Сформувати перелік і черговість робіт
3.Скласти перелік необхідних інструментів та матеріалів
4.Скласти план монтажу
5.Розподіліти завдання всередині монтажної бригади
6.Провести інструктаж щодо плану виконання робіт та використання засобів інд. захисту на об'єкті</td><td>
<table>
<tr><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>t, хв.</td><td>q, люд.-год.</td></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>30</td></tr>
</table>
</td><td>30</td><td>$\frac{6}{0.16}$</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>1.Організовувати місце для тимчасового складування конструкцій та їх елементів
2.Підняти клітину з вікнами з автівки за допомогою крану на потрібний поверх
3.Провести переміщення конструкції з використанням візків, ременів, присосок та ін. на місце монтажу
4.Візуально перевірити виріб на цілісність та відсутність дефектів.
5.Демонтувати стулки, "глухі" склопакети та ін. для зменшення ваги конструкції та отримання доступу до відповідних точок кріплення
6.Забезпечити захист конструкцій від пошкоджень</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td>2</td><td>2</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td><td>M2</td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>M1</td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>75</td></tr>
</table>
</td>
<td>75</td>
<td>$\frac{6}{0.16}$</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1.Провести заміри прорізів
2.Визначити відповідність розмірів прорізу розмірам конструкції</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>25</td></tr>
</table>
</td>
<td>25</td>
<td>$\frac{2}{0.5}$</td>
<td></td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>1.Видалити крихкі елементи стін, підлоги, стелі та інші елементи, що осипаються у прорізі для монтажу.
2.Очистити поверхні від пилу та сміття
3.Підготувати розчин до виконання штукатурних та герметизувальних робіт.
4.Нанести праймер, ґрунтівку та інші засоби адгезії, та дати час на висихання
5.Визначити базову лінію віконно-дверної конструкції, наносити відповідну розмітку та позначки</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td></td><td>15</td><td>15</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>M1</td><td></td><td>15</td><td>15</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>50</td></tr>
</table>
</td>
<td>50</td>
<td>$\frac{5}{0.2}$</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1.Перевірити комплектність та конструкції
2.Визначити тип кріплення
3.Виконати свердління та установку анкерів або монтажних пластин
4.Закріпити на рамі герметизуючі стрічки та інші ущільнювальні матеріали відповідно до інструкцій виробника</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>15</td><td>15</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td>15</td><td>15</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>40</td></tr>
</table>
</td>
<td>40</td>
<td>$\frac{5}{0.25}$</td>
<td></td>
</tr>
</table>

1.Встановити конструкції з дотриманням вимог щодо відхилень по горизонталі та вертикалі 2.Виконати тимчасову фіксацію конструкції 3.Провести заміри та корекцію положення віконної конструкції 4.Виконати постійну фіксацію конструкції 5.Встановити, розклинити склопакети, перевірити роботу фурнітури 6.Встановити штапік	5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | **t, хв.** | **q, люд.-год.** 1 | 1 | M2 | | | | | | | | 10 | 20 | | 2 | M2 | | | | | | | 5 | 10 | | | 3 | M1 | | | | | | 5 | 5 | | | | 4 | 4 | M1 | | | | 5 | 10 | | | | | | 5 | 5 | M2 | | 10 | 20 | | | | | | | | 6 | M2 | 5 | 10 **Σ** | **75**	75	$\frac{6}{0.16}$	
1.Обробити поверхні водним розчином 2.Виконати рівномірне нанесення піни 3.Полімеризація піни 4.Нанести шпателем рідкий герметик зовні 5.Нанести шпателем рідкий герметик всередині	5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | **t, хв.** | **q, люд.-год.** 1 | M1 | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 2 | 2 | M1 | | | | | | | | | | 10 | 10 | | | 3 | 3 | 3 | 3 | M1 | | | | | | 20 | 20 | | | | | | | 4 | 4 | 4 | M1 | | | 15 | 15 | | | | | | | | | | 5 | 5 | 5 | M1 | 15 | 15 **Σ** | **65**	65	$\frac{5}{0.2}$	20
1.Виконати монтаж декоративних елементів 2.Виконати тестування стулок на легкість відкривання/закривання 3.Оформити документи про виконання робіт	5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | **t, хв.** | **q, люд.-год.** 1 | M1 | | | | | | | | | 5 | 5 | 2 | M1 | | | | | | | | 5 | 5 | | 3 | 3 | M1 | | | | | | 10 | 10 **Σ** | **20**	20	$\frac{3}{0.33}$	

Таблиця Д.3

Застосування EPS-профілів виносних систем

<table>
<tr><td rowspan="2">Структура процесів</td><td rowspan="2">Пооперaційний графік виконання робіт</td><td colspan="3">Показники технологічності</td></tr>
<tr><td>q</td><td>$\frac{m}{k}$</td><td>$\sum t_{отп}$</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>1.Провести аналіз технічної документації
2.Сформувати перелік і черговість робіт
3.Скласти перелік необхідних інструментів та матеріалів
4.Скласти план монтажу
5.Розподілити завдання всередині монтажної бригади
6.Провести інструктаж щодо плану виконання робіт та використання засобів інд. захисту на об'єкті</td><td>
<table>
<tr><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>t, хв.</td><td>q, люд.-год.</td></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>30</td></tr>
</table>
</td><td>30</td><td>$\frac{6}{0.16}$</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>1.Організовувати місце для тимчасового складування конструкцій та їх елементів
2.Підняти клітину з вікнами та монтажними профілями з автівки за допомогою крану на потрібний поверх
3.Провести переміщення конструкції з використанням візків, ременів, присосок та ін. на місце монтажу
4.Візуально перевірити виріб на цілісність та відсутність дефектів.
5.Демонтувати стулки, "глухі" склопакети та ін. для зменшення ваги конструкції та отримання доступу до відповідних точок кріплення
6.Забезпечити захист конструкцій від пошкоджень</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td>2</td><td>2</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td><td>M2</td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>M1</td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>75</td></tr>
</table>
</td>
<td>75</td>
<td>$\frac{6}{0.16}$</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1.Провести заміри прорізів
2.Визначити відповідність розмірів прорізу розмірам конструкції</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>M1</td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>25</td></tr>
</table>
</td>
<td>25</td>
<td>$\frac{2}{0.5}$</td>
<td></td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>1.Очистити фасадну частину прорізу від пилу та сміття
2.Нарізати профіль для виносного монтажу відповідного розміру
3.Нанести клей та приклеїти профіль до зовнішньої площини прорізу
4.Виконати кріплення профілю за допомогою шурупів</td>
<td>
<table>
<tr><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>t, хв.</td><td>q, люд.-год.</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td></td><td>2</td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td>15</td><td>15</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td></td><td>15</td><td>15</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>50</td></tr>
</table>
</td>
<td>50</td>
<td>$\frac{5}{0.2}$</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1.Перевірити комплектність та конструкції</td>
<td>
<table>
<tr><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>t, хв.</td><td>q, люд.-год.</td></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>5</td></tr>
</table>
</td>
<td>5</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1.Встановити конструкції з дотриманням вимог щодо відхилень по горизонталі та вертикалі
2.Виконати тимчасову фіксацію конструкції
3.Провести заміри та корекцію положення віконної конструкції
4.Виконати постійну фіксацію конструкції за допомогою шурупів
5.Встановити, розклинити склопакети, перевірити роботу фурнітури
6.Встановити штапік</td>
<td>
<table>
<tr><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>t, хв.</td><td>q, люд.-год.</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>2</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>10</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>10</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td><td>M2</td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>M2</td><td>5</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>75</td></tr>
</table>
</td>
<td>75</td>
<td>$\frac{6}{0.16}$</td>
<td></td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>1.Обробити поверхні водним розчином
2.Виконати рівномірне нанесення піни
3.Укласти ізоляційну стрічку на внутрішні та зовнішні сторони прорізу.
4.Укласти гідроізоляційну стрічку знизу конструкції</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td>2</td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td>15</td><td>15</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>35</td></tr>
</table>
</td>
<td>35</td>
<td>$\frac{4}{0.25}$</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1.Виконати монтаж декоративних елементів
2.Виконати тестування стулок на легкість відкривання/закривання
3.Оформити документи про виконання робіт</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>20</td></tr>
</table>
</td>
<td>20</td>
<td>$\frac{3}{0.33}$</td>
<td></td>
</tr>
</table>

Таблиця Д.4

Застосування ПВХ-профілів виносних систем

<table>
<tr><td rowspan="2">Структура процесів</td><td rowspan="2">Пооперaційний графік виконання робіт</td><td colspan="3">Показники технологічності</td></tr>
<tr><td>q</td><td>$\frac{m}{k}$</td><td>$\sum t_{отп}$</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>1.Провести аналіз технічної документації
2.Сформувати перелік і черговість робіт
3.Скласти перелік необхідних інструментів та матеріалів
4.Скласти план монтажу
5.Розподілити завдання всередині монтажної бригади
6.Провести інструктаж щодо плану виконання робіт та використання засобів інд. захисту на об'єкті</td><td>
<table>
<tr><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>t, хв.</td><td>q, люд.-год.</td></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>30</td></tr>
</table>
</td><td>30</td><td>$\frac{6}{0.16}$</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>1.Організовувати місце для тимчасового складування конструкцій та їх елементів
2.Підняти клітину з вікнами та монтажними профілями з автівки за допомогою крану на потрібний поверх
3.Провести переміщення конструкції з використанням візків, ременів, присосок та ін. на місце монтажу
4.Візуально перевірити виріб на цілісність та відсутність дефектів.
5.Демонтувати стулки, "глухі" склопакети та ін. для зменшення ваги конструкції та отримання доступу до відповідних точок кріплення
6.Зняти монтажну раму з конструкції
7.Забезпечити захист конструкцій від пошкоджень</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td>2</td><td>2</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td><td>M2</td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>M1</td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>7</td><td>M1</td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>80</td></tr>
</table>
</td>
<td>80</td>
<td>$\frac{6}{0.16}$</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1.Провести заміри прорізів
2.Визначити відповідність розмірів прорізу розмірам конструкції</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>M1</td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td><td>Σ</td><td>25</td></tr>
</table>
</td>
<td>25</td>
<td>$\frac{2}{0.5}$</td>
<td></td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>1.Очистити фасадну частину прорізу від пилу та сміття
2. Нанести клей та приклеїти профіль до зовнішньої площини прорізу
3. Виконати кріплення профілю за допомогою шурупів</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>2</td><td>2</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td>15</td><td>15</td></tr>
<tr><td colspan="11">Σ</td><td>35</td></tr>
</table>
</td>
<td>35</td>
<td>$\frac{3}{0.33}$</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1.Перевірити комплектність та конструкції</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="11">Σ</td><td>5</td></tr>
</table>
</td>
<td>5</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1.Приклеяти ПСУС на монтажну частину рами
2.Встановити віконну конструкцію у монтажну раму, та закріпити у відповідні отвори
3. Провести заміри та корекцію положення віконної конструкції
4. Встановити, розклинити склопакети, перевірити роботу фурнітури
5. Встановити штапік</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>2</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>10</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>3</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>4</td><td>M2</td><td></td><td></td><td></td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>M2</td><td></td><td></td><td>5</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="11">Σ</td><td>65</td></tr>
</table>
</td>
<td>65</td>
<td>$\frac{5}{0.2}$</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1.Провести ізоляцію монтажного шву за допомогою ізоляційної стрічки на зовнішній сторони прорізу.</td>
<td>
<table>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th>t, хв.</th><th>q, люд.-год.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>M1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>15</td><td>15</td></tr>
<tr><td colspan="11">Σ</td><td>15</td></tr>
</table>
</td>
<td>15</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</table>

1.Виконати монтаж декоративних елементів 2.Виконати тестування стулок на легкість відкривання/закривання 3.Оформити документи про виконання робіт													20	$\frac{3}{0.33}$	

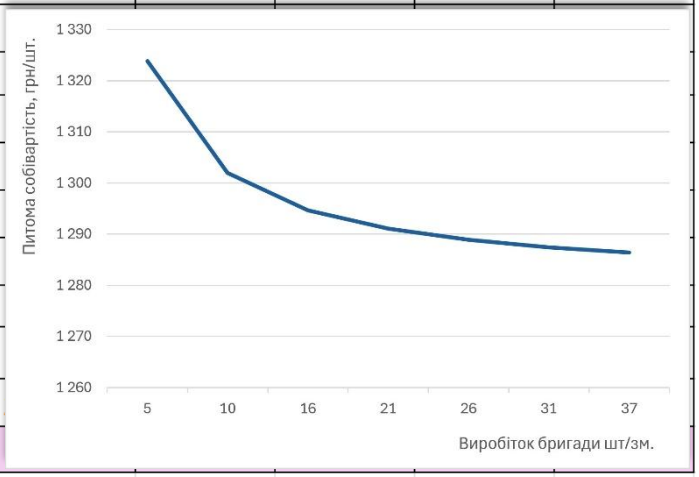
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	**t, хв.**	**q, люд.-год.**
1	M1									5	5
	2	M1								5	5
		3	3	M1						10	10
										Σ	**20**

Додаток Е. Прикладна підпрограма для забезпечення проектування монтажних робіт і заходів

Підпрограма PPRozrahunok_PSobVart[DVFirsov]
розрахунку питомої собівартості

© Д.В. Фірсов

Варіант технології	i =	*VEKAFast*						
Трудомісткість од. продукції за ***i*** **-м** варіантом технології	q_i =	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Обсяг робіт на об'єкті, шт	V_{oj} =	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000
Численність бригади монтажників, люд	$N_{бр}$ =	3	6	9	12	15	18	21
Тривалість робочої зміни, год	$t_{зм}$ =	8	8	8	8	8	8	8
Виробіток бригади за і-м варіантом технології, шт./зм.	B_i =	5	10	16	21	26	31	37
Тривалість роботи на об'єкті, зм.	T_o^{ij} =	383,3	191,7	127,8	95,8	76,7	63,9	54,8
Затрати праці на виконання монтажних процесів, *люд-змін*	$Q_{мп}^{ij}$ =	1 150	1 150	1 150	1 150	1 150	1 150	1 150
Кількість циклів організації та ліквідації робочих місць	$n_{о.л}^{ij}$ =	383,3	191,7					
Витрати робочого часу на орга/ліквід робочих місць, зміни	$t_{рм}$ =	0,06	0,06					
Затрати праці на орг/лікві. робочих місць, *люд-змін*	$Q_{рм}^{ij}$ =	69	69					
Одночасні витрати, грн.	C_{io} =	1 200	1 200					
Річні витрати, грн.	C_{jp} =	78 000	78 000					
Додаткові витрати, грн	$C_{jд}$ =	87 400	43 700					
Загальні затрати праці, *люд-змін*	Q^{ij} =	1 219	1 219					
Середня змінна тарифна ставка монтажників, грн.	$C_{тар}$	2 100	2 100					
Собівартість монтажного процесу, грн	$C_{мп}^{ij}$ =	2 647 615	2 603 918					
Питома собівартість монтажу, грн/шт	c^{ij} =	1 324	1 302					



Додаток Є. Протоколи впровадження

МОН
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

просп. Повітряних Сил, 31,
м. Київ, 03037
тел.: +38 (044) 248-32-65,
e-mail: knuba@knuba.edu.ua,
web: knuba.edu.ua
ЄДРПОУ 02070909

КНУБА

ДОВІДКА
про впровадження у навчальний процес результатів дисертаційного дослідження Фірсова Дмитра Васильовича

Цією довідкою посвідчуємо, що результати дисертаційної роботи аспіранта 4-го року навчання спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» **Фірсова Дмитра Васильовича на тему: «Оптимізація процесу монтажу огороджуючих віконних конструкцій житлових будівель»** були впроваджені при підготовці лекцій з дисциплін: «Спецкурс випускової кафедри» та «Організація та управління будівництвом», «Інформаційне моделювання процесів організації і управління будівництвом», «Використання BIM інструментарію при плануванні та організації будівництва» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» ОПП «Промислове та цивільне будівництво», першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти.

Апробація результатів дослідження здійснювалася у 2024–2026 роках під час освітнього процесу на будівельному факультеті КНУБА шляхом використання наукових положень, висновків і рекомендацій автора при підготовці навчально-методичних матеріалів, лекційних занять, практичних завдань та кейсів.

Результати дисертації також були використані під час виконання науково-дослідних тем: «Розробка науково-технічного інструментарію для формування та реалізації внутрішньовиробничих планів діяльності будівельної організації» (номер державної реєстрації 0124U005196) – особистий внесок автора полягає в оптимізації процесу монтажу світлопрозорих конструкцій та інтеграції графіків технічного нагляду в загальну систему внутрішньовиробничого планування будівельного підприємства; «Розробка інжинірингового інструментарію для інвестиційно-будівельних проектів» (номер державної реєстрації 0124U005197) – особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні організаційно-технологічних моделей здійснення процесу монтажу та цифровізації взаємодії інженера з технічного нагляду зі службою замовника на всіх етапах реалізації проєкту.

У навчальний процес впроваджено розроблені автором організаційно-технологічні та методичні підходи до моделювання, контролю й оцінювання ефективності процесів монтажу та технічного нагляду в будівництві. Матеріали дисертаційного дослідження використано під час впровадження сучасних інформаційних систем і технологій для моніторингу якості будівельних робіт, оцінювання потенціалу цифровізації служб замовника, а також підвищення надійності та конкурентоспроможності будівельного виробництва в умовах повоєнного відновлення України.

Впровадження результатів наукової роботи Фірсова Д.В. сприяло вдосконаленню методичного забезпечення навчальних дисциплін завдяки інтеграції сучасних підходів до цифровізації будівництва та застосування інноваційних організаційно-технологічних моделей. Отримані результати мають вагоме теоретичне і практичне значення для модернізації освітнього процесу, розвитку науково-дослідної діяльності та розробки нових методичних матеріалів у закладах вищої освіти.

Проректор з НМР **Андрій ШПАКОВ**

№3333/52-21/3/26 від 23.10.2026

ВИКОНАВЧИЙ ОРГАН КИЇВСЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ
(КИЇВСЬКА МІСЬКА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ)
ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ І НАУКИ
КОМУНАЛЬНИЙ ЗАКЛАД ПРОФЕСІЙНОЇ (ПРОФЕСІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ) ОСВІТИ «КИЇВСЬКИЙ ПРОФЕСІЙНИЙ КОЛЕДЖ ЦИВІЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА»
вул. Маричанська, 4 м. Київ, 03040, тел. /факс/ (044) 257-30-76;
E-mail: 2573076@gmail.com,сайт: kpktsb.com, код ЄДРПОУ 37308938

16 вересня 2026 № 063/29-643

« ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор КЗП(ПТ)О
«Київський професійний коледж
цивільного будівництва»
_____Алла НОВАК

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ
в навчальній процес результатів дисертаційної роботи

Даним актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи аспіранта кафедри «Організації та управління будівництвом», Фірсова Дмитра Васильовича щодо оптимізації процесу монтажу огороджуючих віконних конструкцій житлових будівель безпосередньо пов'язані зі виданням навчального посібника «Монтажник віконних та дверних конструкцій» який був створений в процесі реалізації проєкту Благодійного фонду «Людина» та Німецьким товариством по міжнародній співпраці GIZ для студентів закладів профтехосвіти за спеціальністю «Монтажник віконних та дверних конструкцій, майстер з монтажу вентильованих фасадів та світлопрозорих конструкцій», а також планує використовуватися у навчальному процесі та при виконанні практичних робіт студентами.

В запланований на 2026-2027р.р. перший в Україні курс лекцій для студентів закладу профтехосвіти також включені розділи, що стосуються сучасних методів виконання монтажних робіт в умовах великомасштабного будівництва, капітального ремонту, реконструкції та повоєнного відновлення будівель.

У навчальному процесі студентів планується використання сучасних інформаційних засобів, які надають можливість аналізувати споживчі характеристики та якість матеріалів для монтажу віконних та дверних конструкцій, проводити підбір матеріалів та обирати варіанти монтажу залежно від місця розташування, а також об'єкту типової структури об'єктних потоків і основних організаційно-технологічних моделей для основних видів монтажу. Запропоновані аспірантом Фірсовим Д.В. варіанти оптимізації процесу монтажу світлопрозорих конструкцій, значно підвищить технічний рівень підготовки здобувачів, що навчаються у Київському професійному коледжі цивільного будівництва.

Заступник директора з
навчально-виробничої роботи Мирослава КОВТУН

МОНТАЖНИК ВІКОННИХ ТА ДВЕРНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Навчальний посібник

до навчального курсу
«Монтажник віконних та дверних конструкцій»
для підвищення кваліфікації та отримання часткових
професійних кваліфікацій і додаткових компетентностей
із технологічно суміжних професій будівельної галузі

Видавничий дім
«Гельветика»
2023

УДК 692.81/.82-049.1]-057.162(075.8)
М77

Навчальний посібник «Монтажник віконних та дверних конструкцій» розроблений в процесі реалізації проєкту «Енергоефективний освітній заклад. Термомодернізація закладів ПТО в рамках розроблених курсів з енергоефективності», який реалізується Благодійною організацією «Благодійний фонд «Людина» в рамках проєкту технічного співробітництва «Просування енергоефективності та імплементації Директиви ЄС з енергоефективності в Україні» (далі – проект FEER), який реалізує Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Міністерства економічного розвитку та співробітництва Німеччини та за підтримки уряду Швейцарії.

Авторський колектив:
Вадим Литвин, Наталія Олійник, Володимир Мудрак, Дмитро Фірсов, Юрій Буткалюк, Катерина Мірошниченко

Редакція:
Вікторія Лемещенко-Лагода, експерт проєкту «Енергоефективний освітній заклад. Термомодернізація закладів ПТО в рамках розроблених курсів з енергоефективності»;
Андрій Ізовіта, експерт проєкту «Енергоефективний освітній заклад. Термомодернізація закладів ПТО в рамках розроблених курсів з енергоефективності»

М77 **Монтажник** віконних та дверних конструкцій : навчальний посібник до навчального курсу «Монтажник віконних та дверних конструкцій» для підвищення кваліфікації та отримання часткових професійних кваліфікацій і додаткових компетентностей із технологічно суміжних професій будівельної галузі / В. Литвин, Н. Олійник, В. Мудрак та ін. – Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2023. – 122 с.

ISBN 978-617-554-128-9

Навчальний посібник «Монтажник віконних та дверних конструкцій» розроблений в процесі реалізації проєкту «Енергоефективний освітній заклад. Термомодернізація закладів ПТО в рамках розроблених курсів з енергоефективності», який реалізується Благодійною організацією «Благодійний фонд «Людина» в рамках проєкту технічного співробітництва «Просування енергоефективності та імплементації Директиви ЄС з енергоефективності в Україні» (далі – проект FEER), який реалізує Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Міністерства економічного розвитку та співробітництва Німеччини та за підтримки уряду Швейцарії.

Навчальний посібник забезпечує освітній контент для педагогічних працівників та здобувачів додаткових професійних кваліфікацій за професією «Монтажник віконних та дверних конструкцій» відповідно до навчального курсу «Монтажник віконних та дверних конструкцій», що розроблений для підвищення кваліфікації та отримання часткових професійних кваліфікацій і додаткових компетентностей із технологічно суміжних професій будівельної галузі.

Посібник може використовуватися педагогічними працівниками та здобувачами професійних кваліфікацій, які опановують компетентності навчального курсу та здобувають часткові кваліфікації з метою упровадження сучасних технологій та матеріалів для виконання термомодернізації будівель і споруд.

УДК 692.81/.82-049.1]-057.162(075.8)

ISBN 978-617-554-128-9

© Авторський колектив, 2023

ТОВ «КАНБУД»
01104, м. Київ, Печерський район, вул. Болсуновська, 13-15
Код ЄДРПОУ 39167127
р/р № UA273005280000026009000027945 в АТ "ОТП БАНК", м. Київ
ІПН 391671226555
Тел./факс (044) 247-57-48/49
www.kanbud.com.ua

Вих. № 2307/26

Ректору Київського національного
університету будівництва і архітектури
Дніпрову О.С.

Про використання результатів
дисертаційної роботи

ДОВІДКА

про використання результатів дисертаційної роботи
аспіранта кафедри ОУБ КНУБА Фірсова Дмитра Васильовича

Аспірант Фірсов Д.В. на творчих засадах плідне співпрацює останні 7 років з нашою компанією. За его ініціативою виконуються впровадження окремих результатів дослідження, викладених в його дисертації на ступінь доктор філософії, що насамперед стосуються технології виконання робіт, а саме монтажу світлопрозорих конструкцій у об'єктах цивільної забудови.

При проєктуванні будівництва таких об'єктів, як

1. Житловий комплекс «Файна таун» в м. Київ, вул. Салютна, 2 (2023р.)
2. Житловий комплекс «Unit Home» в м. Київ, вул. Сім'ї Хохлових, 8 (2022р.)
3. Школа Освітнього Холдінга «А+» в ЖК Республіка в м. Київ (2024р.)

були впроваджені надані рекомендації щодо методики виконання технології монтажу світлопрозорих конструкцій та використання сучасних систем, що стосуються порядку розподілу процесу монтажу на запропоновані стадії, характеру

ТОВ «КАНБУД»
01104, м. Київ, Печерський район, вул. Болсуновська, 13-15
Код ЄДРПОУ 39167127
р/р № UA273005280000026009000027945 в АТ "ОТП БАНК", м. Київ
ІПН 391671226555
Тел./факс (044) 247-57-48/49
www.kanbud.com.ua

розподілу на елементи фронту робіт з відокремленням характерних будівельно-технологічних ситуацій, що дозволяло, в свою чергу, сформувати чіткі завдання для підрядних організацій та розмежувати виконання робіт на будівельному майданчику. Розроблено типову структуру об'єктних потоків і наведено основні організаційно-технологічні моделі їх розвитку для основних видів монтажу – масове улаштування, часткова заміна або ремонт, які довелось задіяти на об'єктах під час воєнного стану.

Даний підхід при проєктуванні технології виконання монтажу світлопрозорих конструкцій дозволив здійснювати оптимізацію параметрів, що дозволило значно підвищити техніко-економічну ефективність будівництва об'єктів, знизити трудомісткість праці та скоротити час виконання робіт.

Генеральний директор **Валерій ГУДОВ**

Додаток Ж. Список опублікованих праць за темою дисертації

Список публікацій здобувача, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Осипов О. Ф., Фірсов Д. В. Сучасні тенденції у застосуванні віконних систем з ПВХ та методів організації та виконання монтажу віконних конструкцій у будівництві. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. № 55 (2). С. 11–19. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(2).11-19.

(Особистий внесок: проведено аналіз сучасних рішень процесу монтажу)

2. Осипов О. Ф., Фірсов Д. В. Дослідження факторів, що впливають на вибір раціональної технології монтажу світлопрозорих конструкцій. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. № 56 (1). С. 64–70. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).64-70.

(Особистий внесок: проведено аналіз факторів, що впливають на вибір раціональних методів монтажу)

3. Osypov O., Firsov D., Bondarenko M. Justification of rational methods of installation of PVC window structures. *The Scientific Heritage*. 2026. No. 178. P. 4–8. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.18614834.

(Особистий внесок: систематизація будівельно-технологічних характеристик і умов виконання монтажних робіт, встановлення системи метод-утворюючих ознак, що описують особливості монтажу житлових будівель).

4. Фірсов Д. В. Дослідження та обґрунтування раціональних організаційно-технологічних моделей монтажу віконних конструкцій. *Шляхи підвищення ефективності будівництва.* 2026. № 57 (2). С. 235–241. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2026.57(2).235-241.

Список публікацій здобувача, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Бондаренко М. М., Фірсов Д. В. Проблеми влаштування світлопрозорих огороджувальних конструкцій: технологічний та організаційний аспекти. *VIII Міжнародна науково-технічна конференція «Ефективні технології в*

будівництві» : програма та тези доповідей, м. Київ, 15–16 листопада 2023 р. Київ : Ліра-К, 2023. С. 191.

(Особистий внесок: проведено аналіз організації процесу монтажу віконних конструкцій у сучасному будівництві)

2. Фірсов Д. В., Осипов О. Ф. Сучасні технології монтажу світлопрозорих конструкцій. *IX Міжнародна науково-технічна конференція «Ефективні технології в будівництві»* : програма та тези доповідей, м. Київ, 16–17 жовтня 2024 р. Київ : Ліра-К, 2024. С. 183.

(Особистий внесок: проведений аналіз енергоефективних рішень процесу монтажу світлопрозорих конструкцій)

3. Осипов О. Ф., Фірсов Д. В. Методика дослідження та групування факторів, що впливають на вибір раціональної системи застосування віконних та дверних конструкцій з ПВХ у пам'ятках архітектури. *X Міжнародна науково-технічна конференція «Ефективні технології в будівництві»* : програма та тези доповідей, м. Київ, 24–25 листопада 2025 р. Київ : Ліра-К, 2025. С. 123.

(Особистий внесок: проведений аналіз рішень процесу монтажу віконних конструкцій під час реставрації або відновлення будівель)

Список публікації здобувача, які додатково відображають наукові результати дисертації:

1. Литвин В., Олійник Н., Мудрак В., Фірсов Д. та ін. Монтажник віконних та дверних конструкцій : навчальний посібник / за ред. В. Лемещенко-Лагоди, А. Ізовіти. Одеса : Гельветика, 2023. 121 с. ISBN 978-617-554-128-9.

(Особисто автором проведено аналіз факторів впливу на техніко-економічні характеристики процесу монтажу (с. 34–43, 72–74))

2. Бондаренко М. М., Орленко М. О., Фірсов Д. В. Сучасні аспекти проєктування та технології монтажу світлопрозорих конструкцій : монографія. Київ : Ліра-К, 2026. 117 с. ISBN 978-617-9002-20-5.

(*Особистий внесок: підготовка розділу «Особливості технології монтажу світлопрозорих конструкцій»*)