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, досконаліть 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").