

## АНОТАЦІЯ

**Носач К.В.** Технологія улаштування стовпчастих фундаментів каркасних будівель з монтажем колон для формування монолітних стаканів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА) України, Київ, 2025.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню проблеми пришвидшення термінів зведення малоповерхових каркасних будівель шляхом обґрунтування та удосконалення технології влаштування стовпчастих фундаментів каркасних будівель з монтажем колон для формування монолітних стаканів.

Розкрита актуальність проблеми, яка полягає у потребі збільшення обсягу каркасних малоповерхових будівель, переважно із залізобетонних конструкцій заводського виготовлення. Одним з шляхів вирішення цієї проблеми запропоновано пошук та обґрунтування такого конструктивно-технологічного рішення (КТР) стовпчастих фундаментів, яке б дозволило суттєво зменшити трудомісткість та підвищити продуктивність процесів зведення каркасних будівель.

Аналіз літературних джерел та відомого практичного досвіду показав, що цією проблемою займалися багато вчених і практиків. Відмічено, що у проаналізованих працях розглянуто основні аспекти зведення каркасних будівель, а саме різні об'ємно-планувальні та конструктивні рішення. Відзначено, що виконання каркасних малоповерхових будівель із збірних залізобетонних конструкцій займає передові позиції у світовій практиці, у порівнянні з монолітними та збірно-монолітними рішеннями.

Широке застосування збірних конструкцій пов'язано із відносно невеликою кількістю процесів і операцій, безпосередньо на будівельному майданчику, що

зменшує трудомісткість монтажу будівель, зменшує вплив навколишнього середовища на терміни зведення та підвищує якісні характеристики будівель.

За результатами такого аналізу був визначений об'єкт дослідження у вигляді технології монтажу малоповерхових каркасних будівель з технологією улаштування стовпчастих фундаментів стаканного типу.

На підставі проведеного аналізу КТР стовпчастих фундаментів, які на сьогодні використовують для зведення малоповерхових каркасних будівель, зроблено припущення про те, що серед відомих КТР фундаментів існують такі варіанти, які відповідають поставленій меті дослідження. Відповідно до цієї робочої гіпотези обрана мета дослідження – пошук ефективного технологічного рішення влаштування стовпчастих фундаментів, яке відповідало б мінімальній трудомісткості та максимальній продуктивності процесу зведення каркасних будівель.

Результатом пошуку відповідного КТР було запропоновано відомий за авторським свідоцтвом на спосіб монтажу колон (винахід належить колективу авторів, серед яких керівник даного дослідження – д-р. техн. наук, проф. Геннадій ТОНКАЧЕВ). Відповідно до новизни (формули винаходу) сформульований предмет дослідження – трудомісткість та продуктивність технологічних процесів улаштування стовпчастих фундаментів стаканного типу з монтажем колон для формування монолітних стаканів.

Розроблено методику дослідження та обрані відповідні методи дослідження, до яких віднесені: описовий, порівняльний (зіставлення й протиставлення), експертної оцінки, методи експериментального й організаційно-технологічного моделювання, системно-структурного і статистичного аналізу та синтезу технічних рішень; теорії множини і теорії ймовірності.

Для обґрунтування та удосконалення технології влаштування стовпчастих фундаментів каркасних будівель з монтажем колон для формування монолітних стаканів проведено систематизацію та дослідження чинників, що впливають на ефективність цього варіанту КТР у порівнянні з іншими варіантами, яких було знайдено велику кількість.

Для спрощення процесу дослідження шляхом відбору об'єктів представників обрані критерії оцінювання варіантів КТР фундаментів, до яких віднесені:

- 1) параметри планувальних та конструктивних рішень каркасних будівель;
- 2) параметри конструктивних рішень стовпчастих фундаментів;
- 3) кількість операцій (дій) процесу влаштування фундаменту та монтажу колон;
- 4) темп виконання операцій та їх відповідальність;
- 5) кількість та тривалість технологічних перерв на виконання процесу;
- 6) можливість виконання процесів в умовах котловану із рівнем ґрунтових вод, що рівний або вищий відмітці дна котловану;
- 7) витрати на транспортування конструкцій і матеріалів на об'єкт;
- 8) використання крану з більшою потужністю при монтажі фундаментів;
- 9) вплив температурних умов навколишнього середовища на терміни тужавлення бетонної суміші та тривалість технологічних перерв;
- 10) частка капітальних вкладень на реалізацію КТР та інші.

За перерахованими критеріями виконано оцінювання наступних КТР фундаментів: збірного суцільного типу, збірного складеного типу, монолітного, збірно-монолітного зі збірним стаканом та монолітною плитою, збірно-монолітного зі збірною плитою та монолітним стаканом, який формується після монтажу колони.

Оцінювання виконувалося за методом розміщення пріоритетів. За результатами оцінювання були відібрані, як пріоритетні, варіанти КТР фундаментів для подальшого дослідження. Зокрема: збірні складеного типу, збірно-монолітні зі збірним стаканом та монолітною плитою, збірно-монолітні зі збірною плитою та монолітним стаканом, який формується після монтажу колони.

Найбільш впливовими факторами на зміну критеріїв трудомісткості та продуктивності процесів виявлені: кількість операцій (дій) процесу влаштування фундаменту та монтажу колон; кількість та тривалість технологічних перерв на

виконання повного комплексу дій; вплив температури повітря на терміни тужавлення бетонної суміші при влаштуванні фундаменту та монтажу колон.

Для формування експериментальних моделей КТР фундаментів розглянуто: конструктивні рішення складових елементів фундаменту (плитні частини та стакан); навантаження на фундамент як від власної ваги конструкції, так і від зовнішніх змінних факторів. На підставі відповідних розрахунків з урахуванням ґрунтових умов будівельного майданчика (рівень ґрунтових вод, характеристики ґрунту) знайдені характерні геометричні розміри елементів фундаментів по відібраних варіантах для каркасних будинків (розглядалися будівлі до п'яти поверхів).

За результатами огляду нормативних документів по визначенню норм витрат праці і норм часу на виконання будівельних процесів встановлено, що існуючі норми не можуть бути використані для дослідження трудомісткості та тривалості процесів влаштування фундаментів. Було запропоновано використання методу цілочислового нормування, для якого процеси розчленовують на операції і дії.

В загальному технологічному потоці зведення каркасної будівлі технологічний потік влаштування фундаментів тісно пов'язаний з потоком влаштування котлованів (процеси розробки ґрунту, підготовки основи, зворотної засипки та ущільнення ґрунту пазух фундаментів) та з потоком монтажу конструкцій каркасу (монтаж колон першого ярусу, ригелів, плит перекриття або покриття тощо). Тому спочатку було виокремлено потік влаштування фундаментів, для якого проведені дослідження трудомісткості процесів.

Для кожного експериментального КТР фундаменту визначено структуру процесів на рівні операцій і дії, проведені дослідження тривалості виконання складових процесів та розроблені спеціальні матриці по визначенню трудомісткості процесів відповідно до КТР фундаментів.

Знайдені залежності трудомісткості процесів від чинників: кількість операцій (дій) процесу влаштування фундаменту та монтажу колон; кількість та тривалість технологічних перерв на виконання повного комплексу дій; вплив зимових умов на влаштування фундаменту та монтажу колон.

У межах дослідження проведено аналіз трудомісткості технологічних процесів влаштування фундаментів та монтажу колон у каркасних будівлях. Технологічні процеси розчленовано на складові операції та комплекси дій, виконано нормування елементів процесу методом цілочислового нормування та здійснено синтез витрат праці на виконання всього комплексу робіт, що дозволило визначити нормативи витрат праці для моделювання технологічних процесів. Результати досліджень дозволили обґрунтувати нове технологічне рішення, яке забезпечує зниження трудомісткості процесів на 20–30 % порівняно із відомою технологією збірно-монолітного влаштування стовпчастих фундаментів.

Дослідження продуктивності процесів виконано на моделях організації робіт першого ярусу каркасних будівель із урахуванням змінних планувальних та конструктивних параметрів, що дозволило отримати масив даних продуктивності та визначити раціональні області застосування різних технологічних варіантів. Запропоноване технологічне рішення влаштування стовпчастих фундаментів із монтажем колон для формування монолітних стаканів забезпечує максимальну продуктивність завдяки виведенню технологічних перерв за межі критичного шляху, залишаючи на ньому лише монтажні операції.

Досліджено вплив зовнішньої температури на продуктивність процесів, за результатами якого встановлено, що при температурах нижче 15 °C переваги нового технологічного рішення значно зростають, тоді як у нормальних умовах витримки бетону (15–25 °C) продуктивність технології збільшується на 15–20 %, що сприяє прискоренню відновлення житлового фонду.

Визначено пріоритетні напрями подальших досліджень, зокрема підвищення рівня механізації процесів влаштування стовпчастих фундаментів та монтажу конструкцій каркасних будівель, а також застосування результатів для одноповерхових та багатоповерхових будівель і плитних монолітних фундаментів із колонними вузлами для формування монолітних стаканів.

За наукову новизну отриманих результатів вважається наступне:

*вперше* виявлені залежності трудомісткості та продуктивності процесів влаштування стовпчастих фундаментів стаканного типу від конструктивних параметрів каркасних будівель і фундаментів, структурних складових

технологічних процесів та умов реального оточення, що дозволило обґрунтувати ефективність та сферу застосування технології улаштування збірно-монолітних фундаментів з монтажем колон для формування монолітних стаканів стовпчастих фундаментів;

*удосконалена* технологія зведення збірних каркасних малоповерхових будівель шляхом розробки конструктивно-технологічного рішення кондуктора-опалубки для тимчасового закріплення і вивіряння колон та для формування монолітних стаканів збірно-монолітних стовпчастих фундаментів;

*отримала подальший розвиток* теорія будівельних процесів в частині методів зведення збірних каркасних малоповерхових будівель та технології улаштування стовпчастих збірно-монолітних фундаментів.

Практична значущість роботи полягає у тому, що впровадження удосконаленої технології зведення збірних каркасних малоповерхових будівель з монтажем колон першого ярусу будівлі для формування монолітних стаканів стовпчастих фундаментів дозволяє проєктувальникам розробляти відповідні технологічні карти.

**Ключові слова:** будівництво, конструктивно-технологічні рішення, організаційно-технологічні рішення, каркасні будівлі, фундаменти, нормування часу, земляні роботи, монтаж, бетонування, трудомісткість, продуктивність.

## ABSTRACT

Nosach, K.V. **Technology of Installation of Columnar Foundations of Frame Buildings with Column Assembly for the Formation of Monolithic Sockets.** – Qualification scientific work in manuscript form. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 192 “Construction and Civil Engineering.” – Kyiv National University of Construction and Architecture (KNUCA), Kyiv, 2025.

The dissertation is devoted to addressing the problem of accelerating the construction timelines of low-rise frame buildings by substantiating and improving the technology of installing columnar foundations of frame buildings with the assembly of columns for the formation of monolithic sockets.

The relevance of the problem is revealed, which lies in the need to increase the volume of low-rise frame buildings, primarily made of factory-precast reinforced concrete structures. One of the solutions proposed is the search for and justification of a structural-technological solution (STS) for columnar foundations that would allow a significant reduction in labor intensity and an increase in productivity in the construction of frame buildings.

The analysis of literary sources and known practical experience showed that this problem has been studied by many scientists and practitioners. It was noted that the analyzed works considered the main aspects of frame building construction, namely various volumetric-planning and structural solutions. It was also noted that the construction of low-rise frame buildings using prefabricated reinforced concrete structures occupies leading positions in world practice compared to monolithic and prefabricated-monolithic solutions.

The wide application of prefabricated structures is associated with a relatively small number of processes and operations performed directly on the construction site, which reduces the labor intensity of building assembly, decreases the influence of the surrounding environment on construction timelines, and improves the quality characteristics of buildings.

As a result of such analysis, the object of research was determined as the technology of erecting low-rise frame buildings with the technology of installing socket-type columnar foundations.

Based on the conducted analysis of structural-technological solutions (STS) for columnar foundations currently used for the construction of low-rise frame buildings, it was assumed that among the known STS of foundations there exist options that correspond to the goal of the research. According to this working hypothesis, the research objective was chosen — the search for an effective technological solution for

the installation of columnar foundations that would correspond to minimal labor intensity and maximum productivity of the frame building construction process.

As a result of searching for a suitable STS, a solution was proposed known from the author's certificate on the method of column assembly (the invention belongs to a team of authors, including the supervisor of this research – Dr. of Technical Sciences, Prof. Hennadiy Tonkachev). In accordance with the novelty (formula of the invention), the subject of the research was formulated as the labor intensity and productivity of technological processes for the installation of socket-type columnar foundations with column assembly for the formation of monolithic sockets.

A research methodology was developed and appropriate research methods were selected, which include: descriptive, comparative (comparison and contrast), expert assessment methods, methods of experimental and organizational-technological modeling, system-structural and statistical analysis and synthesis of technical solutions; as well as set theory and probability theory.

To substantiate and improve the technology of installing columnar foundations of frame buildings with the assembly of columns for the formation of monolithic sockets, a systematization and study of factors affecting the efficiency of this STS option were carried out in comparison with other options, of which a large number was found.

To simplify the research process by selecting representative objects, criteria for evaluating the STS variants of foundations were chosen, which include:

1. Parameters of the planning and structural solutions of frame buildings;
2. Parameters of the structural solutions of columnar foundations;
3. The number of operations (actions) in the process of foundation installation and column assembly;
4. The pace of performing operations and their responsibility;
5. The number and duration of technological pauses during the execution of the process;
6. The possibility of performing processes under conditions of an excavation with a groundwater level equal to or higher than the bottom of the excavation;
7. Expenditures for transportation of structures and materials to the construction site;



8. The use of a crane with greater capacity during foundation installation;
9. The influence of ambient temperature conditions on the setting time of concrete and the duration of technological pauses;
10. The share of capital investments required for the implementation of the STS and others.

Based on these criteria, the following STS variants of foundations were evaluated: prefabricated solid type, prefabricated composite type, monolithic type, prefabricated-monolithic with prefabricated socket and monolithic slab, and prefabricated-monolithic with prefabricated slab and monolithic socket formed after column installation.

The evaluation was performed using the priority placement method. As a result of the evaluation, the STS variants of foundations selected as priorities for further research were identified. In particular: prefabricated composite type, prefabricated-monolithic with prefabricated socket and monolithic slab, and prefabricated-monolithic with prefabricated slab and monolithic socket formed after column installation.

The most influential factors affecting the changes in labor intensity and productivity criteria of the processes were identified as: the number of operations (actions) in the process of foundation installation and column assembly; the number and duration of technological pauses for performing the full set of actions; and the influence of air temperature on the setting time of concrete during the installation of foundations and column assembly.

For the formation of experimental models of STS foundations, the structural solutions of the constituent elements of the foundation (slab parts and socket) were considered, as well as the load on the foundation both from the self-weight of the structure and from external variable factors. Based on the relevant calculations taking into account the soil conditions of the construction site (groundwater level, soil characteristics), characteristic geometric dimensions of foundation elements were determined for the selected variants for frame buildings (buildings up to five stories were considered).

As a result of reviewing regulatory documents on determining labor expenditure norms and time standards for performing construction processes, it was established that existing standards cannot be used for studying the labor intensity and duration of foundation installation processes. The use of the integer normalization method was proposed, in which processes are decomposed into operations and actions.

In the general technological flow of erecting a frame building, the technological flow of foundation installation is closely related to the excavation flow (processes of soil development, base preparation, backfilling, and compaction of foundation pits) and to the structural assembly flow (installation of first-tier columns, beams, floor or roof slabs, etc.). Therefore, the foundation installation flow was first isolated, and the study of labor intensity of the processes was conducted for it.

For each experimental STS foundation, the structure of processes at the level of operations and actions was determined, studies of the duration of constituent processes were conducted, and special matrices were developed to determine the labor intensity of the processes according to the STS variants of foundations.

The dependencies of labor intensity of the processes on the following factors were identified: the number of operations (actions) in the process of foundation installation and column assembly; the number and duration of technological pauses for performing the full set of actions; and the influence of winter conditions on foundation installation and column assembly.

Within the scope of the study, an analysis of the labor intensity of technological processes for foundation installation and column assembly in frame buildings was conducted. Technological processes were decomposed into constituent operations and action complexes, the elements of the process were standardized using the integer normalization method, and the total labor expenditure for performing the entire set of tasks was synthesized, which allowed the determination of labor norms for modeling technological processes. The results of the study made it possible to substantiate a new technological solution, which provides a reduction in the labor intensity of the processes by 20–30% compared to the known prefabricated-monolithic technology of columnar foundation installation.

The productivity of the processes was studied using models of the organization of work for the first-tier of frame buildings, taking into account variable planning and structural parameters, which allowed obtaining a data set on productivity and identifying rational areas of application for different technological options. The proposed technological solution for the installation of columnar foundations with column assembly for the formation of monolithic sockets ensures maximum productivity due to the removal of technological pauses from the critical path, leaving only assembly operations on it.

The influence of ambient temperature on the productivity of the processes was investigated, and it was found that at temperatures below 15 °C, the advantages of the new technological solution significantly increase, while under normal concrete curing conditions (15–25 °C), the productivity of the technology increases by 15–20%, which contributes to the acceleration of housing stock restoration.

Priority directions for further research have been identified, in particular: increasing the level of mechanization of the processes of installing columnar foundations and assembling frame building structures, as well as applying the results to single-story and multi-story buildings and slab-type monolithic foundations with column nodes for the formation of monolithic sockets.

The scientific novelty of the obtained results is as follows:

For the first time, the dependencies of labor intensity and productivity of processes for the installation of socket-type columnar foundations on the structural parameters of frame buildings and foundations, the structural components of technological processes, and real environmental conditions have been identified, which made it possible to substantiate the efficiency and scope of application of the technology for the installation of prefabricated-monolithic foundations with column assembly for the formation of monolithic sockets in columnar foundations;

*The technology of erecting prefabricated low-rise frame buildings has been improved* by developing a structural-technological solution of a conductor-formwork for the temporary fixation and alignment of columns and for the formation of monolithic sockets in prefabricated-monolithic columnar foundations;

*The theory of construction processes has been further developed* in terms of methods for erecting prefabricated low-rise frame buildings and the technology of installing prefabricated-monolithic columnar foundations.

The practical significance of the work lies in the fact that the implementation of the improved technology for erecting prefabricated low-rise frame buildings with the installation of first-tier columns for the formation of monolithic sockets in columnar foundations allows designers to develop corresponding technological process charts.

**Keywords:** construction, structural-technological solutions, organizational-technological solutions, frame buildings, foundations, time standardization, earthworks, assembly, concreting, labor intensity, productivity.