

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

НОСАЧ КАТЕРИНА ВАЛЕРІЇВНА

УДК 69.056.55: 69.057.5

ДИСЕРТАЦІЯ

**ТЕХНОЛОГІЯ УЛАШТУВАННЯ СТОВПЧАСТИХ ФУНДАМЕНТІВ
КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ З МОНТАЖЕМ КОЛОН ДЛЯ ФОРМУВАННЯ
МОНОЛІТНИХ СТАКАНІВ**

Спеціальність: 192 – будівництво та цивільна інженерія

Подається на здобуття наукового ступеня **доктора філософії**

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ К.В. Носач

Науковий керівник: Тонкачєєв Геннадій Миколайович, д-р. т. н., професор

Київ – 2025 р.

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 ТОНКАЧЕЄВ). 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: збірний суцільного типу, збірний 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 влаштування 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 вивірювання 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 влаштування 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 Tonkacheyev). 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.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Tonkacheiev G., Ignatenko O., Nosach K. Latest technology for erection of large-span coatings using lifting modules // Journal of XI'AN university of architecture. Volume XVI, Issue 9. 2024. P. 99-109. ISSN 1006-7930.

<https://doi.org/10.37896/JXAT16.9/34809> URL: <https://drive.google.com/file/d/1u1iNyeWQowKoZNIeU2Aupr59J7BKRwpc/view>

Особисто здобувачем розроблено технологічне рішення із влаштування монолітного стакану після установки колони великопролітного покриття в проєктне положення.

2. Тонкачєєв Г.М., Носач К.В. Вплив властивостей бетонної суміші на технологію влаштування стовпчастих фундаментів // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. – Вип. 45 у двох частинах. Технічний. – К.: КНУБА. 2020. <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2020.45.102-111>

Особисто здобувачем проаналізовано властивості бетонних сумішей у відповідності до конструктивно-технологічних рішень та умов влаштування стовпчастих фундаментів.

3. Тонкачєєв Г.М., Тонкачєєв В. Г., Носач К.В. Відбір опалубних систем для влаштування монолітних колон за методикою цілочислового нормування трудомісткості та тривалості процесів // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. – Вип. 47 у двох частинах. Технічний. – К.: КНУБА. 2021. С. 96-107.

Особисто здобувачем визначено важливість технологічних чинників при визначенні трудомісткості влаштування опалубки монолітних колон.

4. Носач К.В. Проблеми вибору конструкцій стовпчастих фундаментів за трудомісткістю та продуктивністю їх влаштування // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук.

праць. – Вип. 54, у двох частинах. Технічний. – К.: КНУБА. 2024. С. 139-147. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54\(1\).139-147](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(1).139-147)

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації та, які додатково відображають наукові результати дисертації

1. Tonkachev, G., & Nosach, K. (2024). ANALYSIS OF STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF COLUMNAR FOUNDATIONS OF FRAME BUILDINGS // International Electronic Scientific and Practical Journal «Wayscience», 7(1), 91–102. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13763143>.

Особисто здобувачем проаналізовано існуючі конструктивно-технологічні рішення влаштування стовпчастих фундаментів каркасних будівель.

2. Тонкачєєв Г.М., Носач К.В. Порівняння ефективності технології влаштування збірно-монолітних стовпчастих фундаментів. Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем». Том 2. 23 - 24 травня 2024 р. м. Чернігів. С. 146-147. URL: <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/materiali-konferentsiyi/kzyatps-2024/>

Особисто здобувачем відібрано конструктивно-технологічні рішення влаштування фундаментів та визначено чинники, що визначають ефективність прийнятих рішень.

3. Тонкачєєв Г.М., Носач К.В. Аналіз властивостей бетонної суміші для влаштування стовпчастих фундаментів. Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції “Ефективні технології в будівництві”. 19 листопада 2020 р. / Київ, КНУБА, 2020. С. 103-104.

Особисто здобувачем проаналізовано умови влаштування стовпчастих фундаментів відповідно до їх технологічних рішень та визначено вимоги щодо властивостей застосованої бетонної суміші для влаштування фундаментів.

4. Тонкачєєв Г.М., Носач К.В. Використання незнімної залізобетонної опалубки для влаштування монолітних та збірно-монолітних стовпчастих фундаментів. *Інноваційні технології в архітектурі і дизайні*. Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології в архітектурі і дизайні». 20-21 травня 2021 р. / Харків, ХНУБА, 2021. С. 282-286.

Особисто автором розроблено ескіз залізобетонної конструкції опалубки для влаштування монолітної плити стовпчастого фундаменту, також обґрунтовано переваги застосування незнімної опалубки при влаштуванні монолітних конструкцій.

5. Тонкачєєв Г.М., Носач К.В. Визначення витрат часу за допомогою цілочисельного нормування на прикладі влаштування опалубки для монолітної плити перекриття. Тези доп. Будівельні конструкції. Теорія і практика. № 8. 2021. URL: <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/18/2021/20218.pdf>

Особисто автором проаналізовано визначення трудомісткості технологічного рішення влаштування опалубки монолітної плити перекриття за методом цілочисельного нормування.

6. Тонкачєєв Г.М., Носач К.В. Використання муфтових з'єднань збірно-монолітних стовпчастих фундаментів. Тези доп. "Будівлі та споруди спеціального призначення: сучасні матеріали та конструкції". 22-23 квітня 2021 р./ Київ, ХНУБА, 2021. с. 87-88. URL: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2023/09/konferenciya-knuba-2021_prew_all_160421_compressed.pdf

Особисто здобувачем проаналізовано використання муфтових з'єднань у влаштуванні з'єднань арматурних стержнів при влаштування стовпчастого фундаменту та колон.

LIST OF PUBLICATIONS ON THE DISSERTATION TOPIC

Articles in Ukrainian professional publications (all publications are indexed in international databases)

1. Tonkacheiev, G., Ignatenko, O., & Nosach, K. (2024). Latest technology for erection of large-span coatings using lifting modules. *Journal of Xi'an University of Architecture & Technology*, 16(9), 99–109.
<https://doi.org/10.37896/JXAT16.9/34809>

URL:

<https://drive.google.com/file/d/1u1iNyeWQowKoZNIJeU2Aupr59J7BKRwpc/view>

Applicant's personal contribution: The applicant developed the technological solution for arranging a monolithic socket after installing the large-span coverage column into its design position.

2. Tonkacheiev, H. M., & Nosach, K. V. (2020). Vplyv vlastyvostei betonnoi sumishi na tekhnolohiiu vlashtuvannia stovpchasnykh fundamentiv [Influence of concrete mix properties on the technology of constructing column-type foundations]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn* (Iss. 45). Kyiv National University of Construction and Architecture.
<https://doi.org/10.32347/2707-501x.2020.45.102-111>

Applicant's personal contribution: The applicant analyzed the properties of concrete mixes in relation to structural-technological solutions and conditions for constructing column-type foundations.

3. Tonkacheiev, H. M., Tonkacheiev, V. H., & Nosach, K. V. (2021). Vidbir opalubnykh system dlia vlashtuvannia monolitnykh kolon za metodykoiu tsilochyslovogo normuvannia trudomistkosti ta tryvalosti protsesiv [Selection of formwork systems for constructing monolithic columns based on the method of integer normalization of

labor intensity and process duration]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn* (Iss. 47), 96–107. Kyiv National University of Construction and Architecture.

Applicant's personal contribution: The applicant identified the importance of technological factors in determining the labor intensity of monolithic column formwork installation.

4. Nosach, K. V. (2024). *Problemy vyboru konstrukttsii stovpchasnykh fundamentiv za trdomistkistiu ta produktyvnistiu yikh vlashtuvannia* [Problems of selecting designs of column-type foundations based on labor intensity and efficiency of their installation]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn* (Iss. 54), 139–147. Kyiv National University of Construction and Architecture. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54\(1\).139-147](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(1).139-147)

Scientific works confirming the testing of dissertation materials: conference abstracts

5. Tonkachev, G., & Nosach, K. (2024). Analysis of structural and technological solutions of columnar foundations of frame buildings. *International Electronic Scientific and Practical Journal "Wayscience"*, 7(1), 91–102. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13763143>

Applicant's contribution: The applicant analyzed existing structural and technological solutions for constructing column-type foundations of frame buildings.

6. Tonkacheiev, H. M., & Nosach, K. V. (2024, May 23–24). Porivniannia efektyvnosti tekhnolohii vlashtuvannia zbirno-monolitnykh stovpchasnykh fundamentiv [Comparison of the efficiency of the construction technology of precast-monolithic column-type foundations]. In *Proceedings of the XIV*

International Scientific and Practical Conference “Comprehensive Quality Assurance of Technological Processes and Systems” (Vol. 2, pp. 146–147). Chernihiv.

URL: <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/materiali-konferentsiyi/kzyatps-2024/>

Applicant’s contribution: The applicant selected structural-technological solutions for foundation construction and identified the factors determining the effectiveness of the chosen solutions.

7. Tonkacheiev, H. M., & Nosach, K. V. (2020, November 19). Analiz vlastyvostei betonnoi sumishi dlia vlashtuvannia stovpchasnykh fundamentiv [Analysis of concrete mix properties for constructing column-type foundations]. In Proceedings of the V International Scientific and Technical Conference “Efficient Technologies in Construction” (pp. 103–104). Kyiv National University of Construction and Architecture.

Applicant’s contribution: The applicant analyzed the construction conditions according to technological design solutions and determined the requirements for concrete mix properties for foundation installation.

8. Tonkacheiev, H. M., & Nosach, K. V. (2021, May 20–21). Vykorystannia nezimnoi zalizobetonnoi opalubky dlia vlashtuvannia monolitnykh ta zbirno-monolitnykh stovpchasnykh fundamentiv [Use of permanent reinforced-concrete formwork for constructing monolithic and precast-monolithic column-type foundations]. In Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Architecture and Design” (pp. 282–286). Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture.

Applicant’s contribution: The applicant developed the conceptual design of reinforced-concrete permanent formwork for a column foundation slab, and substantiated the advantages of using permanent formwork in monolithic construction.

9. Tonkacheiev, H. M., & Nosach, K. V. (2021). Vyznachennia vytrat chasu za dopomohoiu tsilochyselnoho normuvannia na prykladi vlashtuvannia opalubky dlia monolitnoi plyty perekryttia [Determining time expenditure using integer normalization based on the example of installing formwork for a monolithic floor slab]. *Budivelni konstruktsii: teoriia i praktyka*, (8).
URL: <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/18/2021/20218.pdf>

Applicant's contribution: The applicant analyzed labor intensity determination for monolithic slab formwork using the integer normalization method.

10. Tonkacheiev, H. M., & Nosach, K. V. (2021, April 22–23). Vykorystannia muftovykh ziednan zbirno-monolitnykh stovpchasnykh fundamentiv [Use of coupling joints in precast-monolithic column-type foundations]. In *Proceedings of the Conference “Buildings and Structures for Special Purposes: Modern Materials and Structures”* (pp. 87–88). Kyiv National University of Construction and Architecture.
URL: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2023/09/konferencziya-knuba-2021_prew_all_160421_compressed.pdf

Applicant's contribution: The applicant analyzed the use of coupling joints in reinforcement connections during the construction of column-type foundations and columns.

ВСТУП

Актуальність теми досліджень. Актуальність теми досліджень визначена потребою у пошуку рішення з вдосконалення технології влаштування фундаментів, а також зменшення трудомісткості та термінів при зведенні каркасних будівель.

Розвиток будівельної галузі в сучасних умовах орієнтований на підвищення ефективності технологічних рішень, оптимізацію використання матеріальних та трудових ресурсів, а також скорочення термінів будівництва. Одним із ключових напрямків є удосконалення технологій влаштування фундаментів для малоповерхових каркасних будівель, що широко застосовуються в громадському та промисловому будівництві.

Малоповерхові будівлі займають значну частку в структурі сучасного будівництва, оскільки забезпечують доступну вартість та швидкість зведення площ під складські та виробничі потреби.

Стовпчасті фундаменти є поширеним рішенням для малоповерхових будівель. Водночас, традиційні методи їхнього влаштування часто супроводжуються значною трудомісткістю та тривалими термінами виконання робіт. У зв'язку з цим зростає інтерес до технологій збірно-монолітного будівництва, які поєднують переваги збірних і монолітних конструкцій, дозволяючи зменшити витрати часу та праці.

Застосування збірно-монолітних стовпчастих фундаментів дає можливість раціоналізувати будівельний процес, підвищити його продуктивність та якість. Актуальність дослідження обумовлена необхідністю розробки ефективних технологічних рішень, що сприятимуть підвищенню швидкості та економічності зведення малоповерхових каркасних будівель.

Сучасні методи зведення стовпчастих фундаментів передбачають використання збірної та монолітної технології при влаштуванні елементів конструкцій. Недоліком монолітної технології є додаткові операції, що стосується робіт, пов'язаних із влаштуванням опалубки, арматурних каркасів та бетонування.

Догляд за бетоном на період тужавлення збільшує витрати праці, а технологічні перерви для тверднення бетонної суміші підвищують терміни зведення.

Збірна технологія зведення елементів конструкцій передбачає меншу кількість операцій, та, відповідно, зменшення трудомісткості. Проблемою застосування збірних елементів при зеденні будівель є вартість доставки, обмеження габаритів із-за потреби транспортування, а також якість влаштування вузлів з'єднання. Зокрема, в дослідженнях [43-47] показано ненадійність з'єднання збірних колон та збірних фундаментів методом замонолічення стику в стакані фундаменту.

Запропонована проф. Г.М. Тонкачєєвим [58, 59] технологія із влаштування стовпчастого збірно-монолітного фундаменту із одночасним монтажем колони та влаштуванням монолітного стакану об'єднує переваги збірної та монолітної технології. Дане КТР передбачає монтаж колони одночасно з влаштуванням фундаменту та влаштування монолітного стакану та їх закріплення кондуктором-опалубкою. Значною перевагою такого методу є відсутність технологічної перерви, що дозволяє пришвидшити терміни зведення каркасної будівлі. Проте, нова технологія не була запроєктована та не було розроблено конструкцію кондуктора-опалубки, що для обґрунтування і удосконалення технології проблематично.

Удосконалення технології влаштування збірно-монолітних стовпчастих фундаментів є важливим завданням сучасного будівництва, оскільки сприяє зниженню ресурсних витрат та підвищенню ефективності будівельного процесу, що відповідає сучасним вимогам галузі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематика досліджень відповідає науковому напрямку кафедри будівельних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури – НДР 0121U108931 «Система аналітичного визначення стандартів часу на виконання будівельних процесів»

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є обґрунтування та удосконалення технологічного рішення влаштування стовпчастих фундаментів, яке відповідало б мінімальній трудомісткості та максимальній продуктивності процесу зведення каркасних будівель.

Для досягнення мети необхідно було виконати такі **завдання**:

1. виконати аналіз конструктивно-технологічних рішень каркасних будівель і споруд, технологій влаштування стовпчастих фундаментів на сучасному етапі розвитку науки і техніки;
2. виявити, дослідити та відібрати фактори, які впливають на тривалість і трудомісткість влаштування стовпчастих фундаментів та монтажу конструкцій каркасних будівель;
3. дослідити тривалість, трудомісткість та собівартість сформованих моделей конструктивно-технологічних рішень влаштування стовпчастих фундаментів в залежності від відібраних чинників;
4. розробити та надати рекомендації щодо застосування технології улаштування стовпчастих фундаментів стаканного типу з монтажем колон для формування монолітних стаканів.

Об'єкт дослідження – технологія монтажу малоповерхових каркасних будівель з технологією улаштування стовпчастих фундаментів стаканного типу.

Предмет дослідження – трудомісткість та продуктивність технологічних процесів улаштування стовпчастих фундаментів стаканного типу з монтажем колон для формування монолітних стаканів.

Методи дослідження. Під час виконання наукової роботи застосовувалися такі методи: описовий, порівняльний (зіставлення й протиставлення), експертної оцінки (метод розстановки пріоритетів), методи експериментального й організаційно-технологічного моделювання, системно-структурного і статистичного аналізу та синтезу технічних рішень; групових відношень теорії множини і теорії ймовірності.

Перевірка результатів дисертації та експериментальне моделювання методів виконувались на структурних математичних моделях у Київському національному університеті будівництва і архітектури, на кафедрі будівельних технологій.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

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 влаштування 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 вивірювання 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 влаштування стовпчастих збірно-монолітних фундаментів.

Особистий внесок здобувача полягає в теоретичному обґрунтуванні й розробці ефективної технології влаштування стовпчастих фундаментів.

Результати наукових досліджень, що виконані особисто автором та наведені в дисертаційній роботі, висвітлені в одноосібній статті.

В роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає у визначенні характеру впливу технологічних та конструктивних чинників на ефективність технології влаштування стовпчастих фундаментів.

В дисертаційній роботі визначено та систематизовано критерії проектування технології влаштування стовпчастих фундаментів та вплив визначеного КТР на техніко-економічні показники зведення каркасних малоповерхових будівель.

Розроблено технологічні рішення влаштування стовпчастих фундаментів із застосуванням засобів фіксації колони і стакану фундаменту, що дозволяє виконувати безперервне зведення каркасної будівлі.

Теоретичне значення одержаних результатів полягає у тому, що удосконалена технологія зведення збірних каркасних малоповерхових будівель шляхом обґрунтування ефективності технології улаштування збірно-монолітних фундаментів з монтажем колон першого ярусу будівлі для формування монолітних стаканів стовпчастих фундаментів дозволяє значно зменшити трудомісткість процесів і підвищити продуктивність їх виконання.

Практичне значення одержаних результатів 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, а будівельним організаціям реалізовувати цю технологію при зведенні каркасних малоповерхових будівель зі зменшенням тривалості на 15%.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні положення дисертації доповідались та обговорювались на міжнародних науково-технічних конференціях: “Ефективні технології в будівництві”, що відбувалась в Києві, КНУБА 19 листопада 2020 р.; конференція «Інноваційні технології в архітектурі і дизайні», що відбувалась в Харкові, ХНУБА 20-21 травня 2021 р; конференція "Будівлі та споруди спеціального призначення: сучасні матеріали та конструкції», що відбувалась 22-23 квітня 2021 р у Києві, КНУБА. Опубліковано тези доповіді у науковому фаховому виданні «Будівельні конструкції. Теорія і практика.» №8, 2021 р., Київ, КНУБА; XIV міжнародна науково-практична конференція «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем». Том 2., що відбулась 23 - 24 травня 2024 р. в м. Чернігів.

Публікації. Основні результати та висновки дисертаційної роботи представлено в 10 друкованих працях, з яких 1 - у міжнародному виданні, що індексується у

наукометричних базах даних Scopus; 3 статті в українських фахових виданнях (усі індексуються у міжнародних базах даних); 6 публікацій апробаційного характеру у збірниках матеріалів наукових конференцій.

Структура й обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури, що включає 150 джерел та 3 додатка. Основний текст викладено на 131 сторінці друкованого тексту, що включає 44 рисунка і 36 таблиць.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	2
ВСТУП.....	21
РОЗДІЛ 1. Аналіз сучасного стану технології зведення каркасних будівель.....	29
1.1 Сучасні конструктивні і планувальні рішення каркасних будівель	29
1.2 Конструктивно-технологічні рішення фундаментів каркасних малоповерхових будівель.....	35
1.3 Аналіз останніх досліджень і публікацій по технології улаштування стовпчастих фундаментів каркасних будівель	46
1.4 Постановка проблемного питання і завдань дослідження.....	49
Висновки по першому розділу.....	52
РОЗДІЛ 2. Виявлення і дослідження факторів, що впливають на вибір технологічних рішень влаштування стовпчастих фундаментів	53
2.1 Методика та методи дослідження.....	53
2.2 Виявлення та систематизація факторів, що впливають на вибір КТР фундаментів.....	57
2.3 Відбір факторів, які впливають на формування раціональних КТР	73
2.4 Дослідження стійкості фундаменту і колони від перекидання.....	80
2.5 Відбір моделей КТР фундаментів, близьких за показниками до нового варіанту.....	85
Висновки по другому розділу.....	91
РОЗДІЛ 3. Дослідження трудомісткості та продуктивності влаштування стовпчастих фундаментів	92
3.1 Виявлення структур будівельних процесів за варіантами КТР фундаментів	92

3.2	Дослідження витрат праці та тривалості виконання структурних елементів процесів по варіантах КТР фундаментів	97
3.3	Моделювання технологічних потоків за варіантами КТР фундаментів.....	106
	Висновки по третьому розділу.....	119
	РОЗДІЛ 4. Рекомендації по технології влаштування стовпчастих фундаментів каркасних будівель з монтажем колон для формування монолітних стаканів.....	121
4.1	Область застосування конструктивно-технологічного рішення	121
4.2	Рекомендації щодо застосування кондуктора-опалубки при влаштуванні монолітних стаканів стовпчастих фундаментів із одночасним монтажем колон	124
4.3	Розрахунок вартості виготовлення та оренди для кондуктора-опалубки, що застосовується у КТР F_4	135
4.4	Порівняння вартості застосування конструктивно-технологічних рішень влаштування стовпчастого фундаменту.....	137
	Висновки по четвертому розділу.....	147
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	149
	Список використаних джерел.....	152
	ДОДАТКИ.....	168
	Додаток А.....	168
	Додаток Б.....	182
	Додаток В.....	195

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВЕДЕННЯ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ

1.1 Сучасні конструктивні і планувальні рішення каркасних будівель

Зведення будівель каркасного типу набуло широкого застосування з кінця XIX ст., одночасно з розвитком індустріальної революції та значною потребою у зведенні будівель виробничого і складського призначення [2, 3, 5].

З винайденням залізобетону та поступовим розвитком галузі виробництва будівельних матеріалів та виробів, набули популярності технології, що скорочували терміни зведення будівлі за рахунок попереднього виготовлення на спеціальному виробництві – зокрема, збірні залізобетонні елементи. [6, 7, 8, 9].

Архітектура каркасних будівель наслідує принципи функціоналізму, тобто, об'ємно-планувальні рішення будівлі мають відповідати призначенню при подальшій експлуатації. Розрахункова схема каркасу представлено рамною, рамно-в'язевою та в'язевою системою, де вертикальні несучі елементи – колони та діафрагми та ядро жорсткості передають навантаження від горизонтальних елементів ригелів та перекриттів на фундаменти [2, 3].

За останні 10 років в Україні відбулось стрімке зростання об'єму каркасного будівництва, що пов'язано із розвитком виробничої та торгової сфери, що, в свою чергу, потребують великої кількості нових площ, придатних для виробництва.

За даними Держкомстату, обсяги нежитлових будівель, до яких віднесено комерційні площі та промислові склади, зросли на 191,5% - майже у 2 рази - (порівнюючи обсяги за 2014 та 2021 рік). Отже, в Україні є потреба для нарощення будівельних потужностей, а також, для пошуку ефективних технологій із врахуванням сучасних тенденцій зведення та експлуатації [4].

Сучасні планувальні рішення для каркасних будівель малої поверховості спрямовані до підвищення ефективності та адаптивності для різноманітних виробничих процесів. Каркасні конструкції, зазвичай виконані зі сталі або

залізобетону, дозволяють створювати відкриті простори для розміщення великогабаритного обладнання та транспорту. Такі конструкції забезпечують можливість швидкого перепланування внутрішнього простору без значних витрат, що є важливим у сучасних умовах швидкозмінних виробничих потреб.

Об'ємно-планувальні рішення каркасних виробничих будівель повинні бути гнучкими для можливості удосконалення технологічних процесів. Технічні вимоги включають забезпечення міцності, стійкості та довговічності конструкцій. Це визначає просторові характеристики каркасу, розміри будівлі тощо.

Основними елементами каркасів є стовпчасті фундаменти, колони переважно заводського виготовлення, ригелі або балки, плити, стінові панелі тощо (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Вигляд каркасної будівлі із збірного залізобетону:

- 1– плитна частина фундаменту;
- 2– стакан фундаменту;
- 3 – колона;
- 4 - балки перекриття.

Для спрощення проєктування, а також налагоджування масового виробництва, в середині XX ст. була прийнята уніфікація розмірів елементів, зокрема залізобетонних [2, 3, 5]. Для багатьох виробничих та складських будівель крок колон складає 6 м – 12 м, а прогони будівель залізобетонних становлять 6 м – 24 м. За конструктивною схемою частіше зустрічаються каркаси з поперечним розташуванням рам. Висота поверху залежить від призначення будівлі, та може складати від 6 м до 12 м.

Сучасні виробники [67-77] виготовляють збірні елементи як на замовлення за індивідуальними проєктними рішеннями, так і серійні, що дозволяє раціонально використовувати матеріальні ресурси.

Несучі вертикальні та горизонтальні елементи будівель виконують із металу або залізобетону, що, в свою чергу може бути виконано за збірною або монолітною технологією. Колони та ригелі – стрижневі елементи, можуть бути як металевими, так і залізобетонними. Переkritтя частіше залізобетонне, виконане із збірних плит або монолітного залізобетону. Відоме рішення із влаштування переkritтя за допомогою використання металевого профільного листа, армування, та бетону для влаштування переkritтя виробничих, складських, офісних будівель.

Вибір конструктивних елементів залежить від призначення будівлі, об'ємно-планувальних рішень, а також бюджету та заданих термінів зведення. Проаналізувавши проєктні рішення ряду будівель виробничого та складського призначення відзначено, що каркасні будівлі зводять із застосуванням залізобетонних або металевих елементів каркасу: колон, ригелів та плит покриття, що передають навантаження на стовпчасті залізобетонні фундаменти.

Залізобетонні фундаменти каркасів малоповерхових споруд, зазвичай, виконують стовпчастими мілкою закладання (рис. 1.2). Рідше можна зустріти палеві фундаменти для малоповерхових будівель. Тип та розміри фундаменту залежать від навантажень та виду ґрунту, що є основою для споруди.

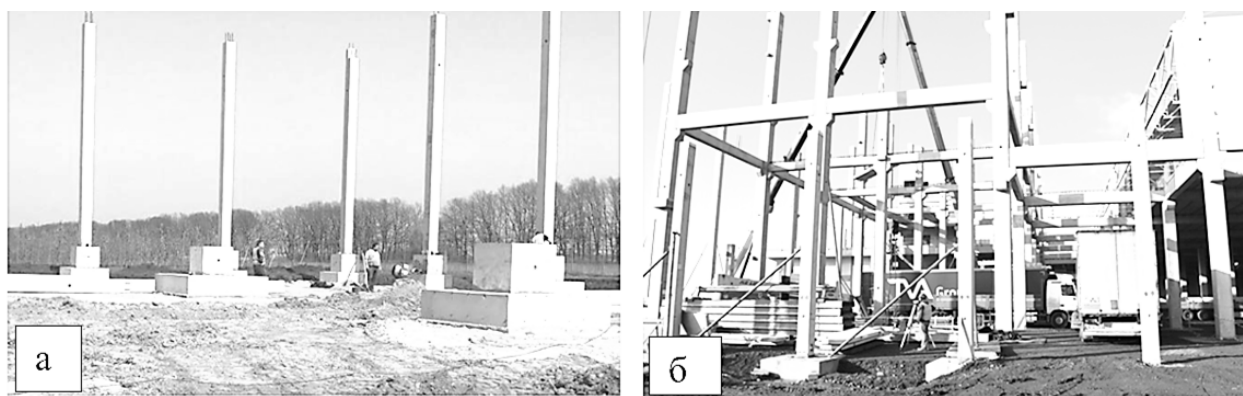


Рис. 1.2. Вигляд каркасів зі стовпчастими фундаментами:

а – каркас одноповерхової будівлі;

б – каркас малоповерхової будівлі.

Велика частка каркасних одноповерхових будівель проєктується з прогонами від 12,0 м до 24,0 м., зводяться із залізобетонним каркасом та стовпчастими залізобетонними фундаментами (рис. 1.3).

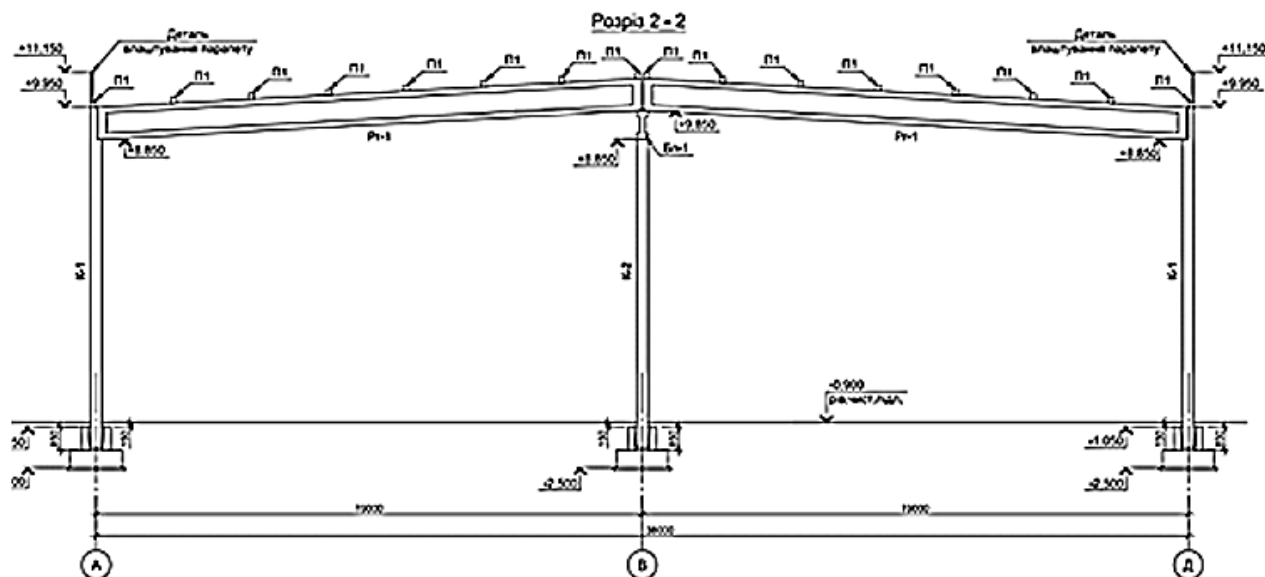


Рис. 1.3. Розріз 2 – 2 рішення комплексу придорожного обслуговування вантажного транспорту в Полтавській області (реалізовано в 2017-му році)

Для будівлі на рис. 1.3 було прийнято виконувати фундаменти у збірно-монолітний спосіб, де монолітна плита розміром 2,7 м х 2,7 м, та збірний стакан з арматурними випусками фірми «Обербетон» [74].

Об'ємно-планувальні рішення будівлі виробничого призначення в Бориспільському р-ні Київської області (2019 р.) було виконано монолітні стовпчасті фундаменти, з розмірами нижньої плити в плані 3,2 м х 3,2 м.

Дуже часто будівельники зводять каркасні будівлі на ділянках з високим рівнем ґрунтових вод. Не всі конструкції фундаментів для цього підходять. Прикладом є будівля швейного виробництва. Під час реконструкції рівень водоносного горизонту сягав 1,0 м - 2,0 м від поверхні.

Підсилення існуючих стовпчастих фундаментів прийнято влаштуванням додаткової залізобетонної плити товщиною, яка потрапляла у водосний шар, що призвело до збільшення трудомісткості робіт в умовах котловану з високим рівнем ґрунтових вод.

Аналізуючи тенденції проектування та зведення каркасних будівель, відзначено поширеність застосування стовпчастих фундаментів. Це рішення має ряд таких переваг, як підвищення швидкості влаштування та зменшення вартості матеріалів і робіт. Якість таких фундаментів, за умови належного проектування та влаштування, відповідає їх призначенню [10, 11].

Аналіз КТР каркасних малоповерхових будівель показав, що при влаштуванні стовпчастих фундаментів застосовуються монолітні, збірні та збірно-монолітні фундаменти. Наявність різноманітних КТР влаштування фундаментів свідчить про пошук раціонального рішення, яке забезпечить швидкісне, якісне, та економічно вигідне вирішення.

Тенденція розвитку стовпчастих фундаментів для каркасних будівель пов'язана з підвищенням їхньої надійності, довговічності та економічної ефективності. Це зумовлено використанням сучасних технологій виготовлення збірних та монолітних фундаментних елементів, а також застосуванням прогресивних методів монтажу.

Висока якість фундаментів залежить від точності геометричних параметрів елементів, можливості їхнього регулювання під час встановлення та ефективного використання монтажної оснастки [20].

Однією з ключових тенденцій є зростання швидкості зведення фундаментів, що пояснюється впровадженням збірно-монолітних технологій та удосконалених методів закріплення опорних елементів [12, 14, 15]. Використання попередньо виготовлених стовпчастих елементів зі спрощеною системою стикових з'єднань значно скорочує час на виконання робіт.

Статистичні дані про кількість каркасних будівель, та співвідношення кількості рішень із влаштування стовпчастих фундаментів відсутня, проте використання стовпчастих фундаментів при зведенні малоповерхових каркасних будівель є поширеним як в Україні, так і за її межами.

Отже, аналіз основних тенденцій розвитку каркасного будівництва в Україні та за кордоном свідчить про те, що важливими напрямками для дослідження є

вдосконалення технології зведення малоповерхових каркасних будівель, при зведенні яких застосовується збірна або збірно-монолітна технологія. Водночас, спостерігається тенденція до зменшення витрат трудомісткості, пришвидшення процесу зведення, а також підвищення якості та точності з'єднань елементів будівлі. Зважаючи на те, що показники швидкості зведення, трудомісткості процесу та якості прямо залежать від застосованих конструктивно-технологічних рішень, слід виконати розгляд існуючих КТР.

Традиційна технологія зведення збірних малоповерхових каркасних будівель складається з технологічних процесів (потоків) по влаштуванню фундаментів, для яких попередньо виконують роботи по розробці котлованів.

При прогонах від 6,0 м та глибині закладання до 1,5 м котловани виконують під кожний стовпчастий фундамент окремо. Після розробки котлованів виконують підготовку під фундамент у вигляді бетонної тонкої плити на ґрунті або у вигляді щебеневого шару з ущільненням в ґрунт основи.

Наступним процесом є влаштування фундаменту за однією з прийнятих технологій відповідно КТР фундаменту. Після готовності фундаменту виконують зворотну засипку та пошарове ущільнення ґрунту до проєктної позначки, не доходячи на 0,25 м до обрізу стаканної частини фундаменту.

Наступним етапом монтують колони першого ярусу каркасу в стакани фундаментів, вивіряють і тимчасово закріплюють в стаканах клинами. Далі виконується замонолічення стика із дотриманням технологічної перерви для набуття міцності бетонної суміші, необхідної для продовження процесу монтажу ригелів, плит, панелей та інших конструкцій, які створюють та передають навантаження на колони.

Всі роботи виконують у потоковому режимі по захватках, за які приймається, як правило, частина будівлі в плані по прогонах або по кроках колон, виходячи з продуктивності на один робочий день.

Отже, розглядати технологію влаштування фундаментів слід у взаємозв'язку з процесами влаштування котлованів та процесами монтажу конструкцій каркасу малоповерхової будівлі з урахуванням всіх можливих технологічних перерв.

1.2 Конструктивно-технологічні рішення фундаментів каркасних малоповерхових будівель

Вибір конструкції фундаменту є комплексним завданням, при вирішенні якого необхідно враховувати значну кількість факторів. Геометричні параметри фундаментів, несуча здатність, тип бетону та схема армування залежать від навантаження від конструкції каркасу, що опирається на фундамент, та від властивостей ґрунтової основи, що сприймає зусилля.

Фундамент повинен забезпечити передачу навантажень конструкції без подальшої деформації у вигляді просідань, перекосів, тріщин тощо. Також, конструкція фундаменту та технологія його виконання повинна забезпечувати економічну доцільність за якої витрати на виконання конструкції будуть використані максимально ефективно.

Проектування та влаштування конструкцій фундаментів виконується за відповідними нормами [28-30]. Нормами передбачено збір навантажень [28] та розрахунок основ і фундаментів за методиками [29, 30]. Особливість розрахунків залежить від конструкції стовпчастих фундаментів, які виконують збірними, монолітними або збірно-монолітними.

Стовпчасті залізобетонні фундаменти неглибокого закладання найчастіше застосовують при зведенні каркасних споруд невеликої поверховості.

Тенденція розвитку КТР стовпчастих фундаментів стаканного типу показує перехід на застосування переважно збірних та збірно-монолітних фундаментів.

Збірні фундаменти стаканного типу характеризуються як масивні вагою від 2,0 т до 8,0 т (рис. 1.4). Геометричні розміри та форма таких фундаментів ускладнює

доставку елементів на об'єкт. За дорожніми габаритами (ширина і висота менш 3,0 м) перевозять збірні фундаменти з найбільшими розмірами в плані до 2,4 м.

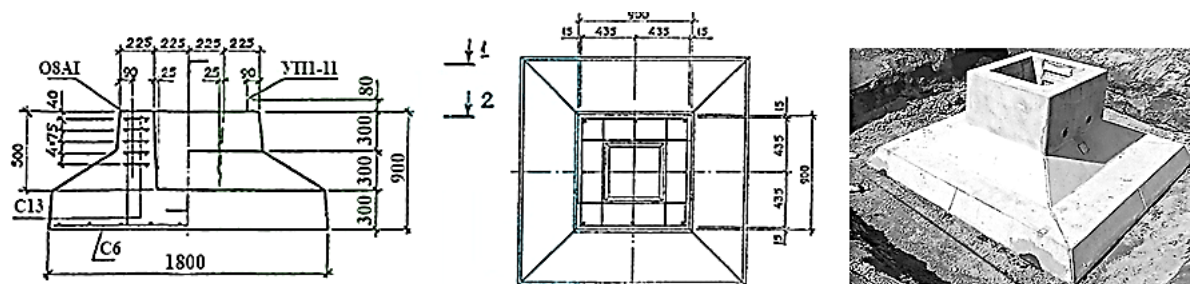


Рис. 1.4 Вигляд суцільного збірного фундаменту із стаканною частиною

Проектування збірних суцільних фундаментів за типовими серіями в залежності від навантаження та характеристик ґрунтів з розмірами плитної частини: 1,2 м x 1,2 м; 1,5 м x 1,5 м; 1,8 м x 1,8 м; 2,1 м x 2,1 м; 2,4 м x 2,4 м.

Монтаж збірних фундаментів, як правило, виконують за допомогою стрілових мобільних кранів великої потужності (30 т – 50 т) тому, що в умовах розритих котлованів виникає потреба у збільшенні вильоту стріли. Відповідно, зростає орендна плата, збільшується час на встановлення та перестановку кранів.

Збірні фундаменти складеного типу (плита збірна, стакан збірний) дозволяють при незначному збільшенні кількості технологічних операцій зберегти переваги збірних технологій з підвищеною якістю виготовлення елементів фундаменту на виробництві.

Виготовлення окремо плитної і стаканної частин фундаменту на виробництві потребує спрощеної та дешевшої оснастки, що й надало обґрунтоване втілення саме цієї технології.

Збірний фундамент, що складається із збірної плити та збірного стакану фундаменту з плитною частиною набули поширення в Україні [26] (рис. 1.5). Такі стакани, як правило, комбінують з плитною частиною фундаменту тому, що висота стакану в 1,05 м не відповідає умові глибини промерзання ґрунту в Україні (1,1 м).

Фундаментні стакани цього типу застосовуються для монтажу колон з перерізом від 300 мм до 600 мм. Також проєктують фундаментні залізобетонні

стакани не стандартних розмірів (наприклад 400 мм на 600 мм і т. д.). Оснащення на виробництвах, як правило, універсальне, що дозволяє виробляти стакани за індивідуальними замовленнями.

Розміри фундаментного стакану	L, мм	B, мм	b _н , мм	H, мм	Маса, кг
під колону 400 x 400 мм	1360	1360	480	1050	1995
під колону 600 x 600 мм	1800	1800	680	1050	3055

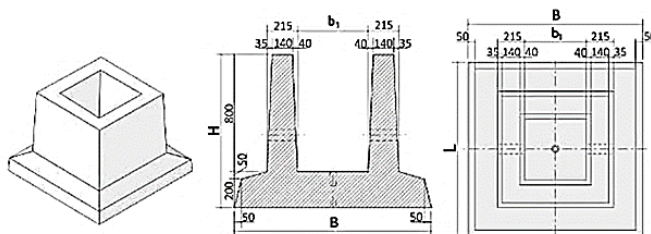


Рис. 1.5. Збірний фундаментний стакан з плитною частиною [76]

Збірні суцільні та складені фундаменти встановлюють, як правило, на щебеневу підготовку завтовшки 100 мм, що дешевше у порівнянні з вартістю влаштування з бетонними підготовками.

Стосовно впливу фактору котлованів з рівнем ґрунтових вод, що вище або досягає відмітки дна котловану, застосування збірних елементів фундаментів у деяких випадках дозволяє їх монтаж навіть при високому рівні ґрунтових вод.

При виконанні робіт в умовах від'ємних температур КТР збірних фундаментів мають переваги по відношенню до КТР монолітних. Влив від'ємних температур відмічається тільки при витримці бетону в стиках колон з фундаментами, що суттєво ускладнює процес при малих об'ємах бетону та швидкому охолодженні елементів стику.

Структура процесу влаштування збірних суцільних та складених фундаментів характеризується найменшою кількістю складових (стропування, підймання і подача до місця опор, посадка на опори, орієнтування, розстропування).

Після монтажу збірних фундаментів стаканного типу виконують монтаж колон, які в стаканах тимчасово закріплюють і вивіряють за допомогою клинів врозпир зі стінками стакану фундаменту. Далі виконують бетонування стиків колон з фундаментами [26].

Дуже малі розміри зазорів в стиках потребують використання дрібнозернистих бетонних сумішів підвищеної міцності. Такі суміші дорожче за звичайні. Вкладання бетонної суміші вимушені робити в два етапи – спочатку заповнюють порожнини між клинами, чекають набору міцності бетоном до 50% від проектної, а потім ще бетонують порожнини після виймання клинів. Відповідно збільшується трудомісткість процесу та з'являється технологічна перерва до початку монтажу конструкцій на колони, яка пов'язана з досягненням бетоном стика достатньої міцності – не менш 70% від проектної.

Останнім часом набуло масовості застосування КТР збірно-монолітних фундаментів стаканного типу зі збірним стаканом та монолітною плитою. Основна ідея цього конструктивного рішення – більш якісне виготовлення стаканної частини та можливість враховувати особливості різних умов будівництва, проектуючи монолітну плиту під ці умови. Тобто, стакан фундаменту стає універсальною частиною будь-яких фундаментів (рис. 1.6).

Розміри фундаментних стаканів	L, мм	B, мм	b _г , мм	H, мм
під колону 400 x 400 мм	910	910	470	850
під колону 500 x 500 мм	1020	1010	580	850

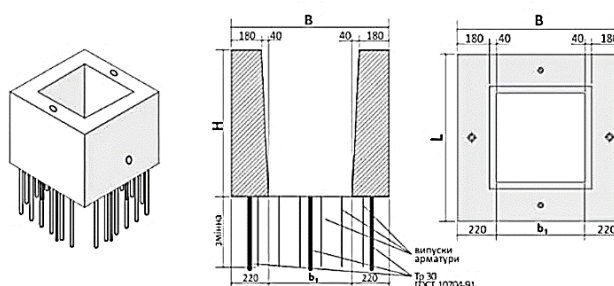


Рис. 1.6 Фундаментні стакани з випусками арматури [74-76]

Перевагою використання збірно-монолітної конструкції фундаменту є можливість виконувати на виробництві лише стаканну частину, а на об'єкті виконувати монолітну плиту, яка за технологією влаштування потребує достатньо просту і дешеву опалубку, яка може бути як інвентарною (багаторазовою), так і залізобетонною незнімною.

У порівнянні зі збірними фундаментами збірно-монолітні характеризуються більшою кількістю технологічних операцій та більшою кількістю технологічних перерв, пов'язаних з очікуваннями для набору бетоном проектної міцності.

Монтаж стаканів з випусками арматури може відбуватися тільки на бетонну підготовку з достатньою міцністю, щоб тримати навантаження до 2,0 т. Для спирання на підготовку стакани оснащують опорними стрижнями (на рис. 1.6 їх показано чотири), які створюють зосереджене навантаження.

Монолітна плита фундаменту та бетонна підготовка не можуть бути виготовлені в умовах котловану з високим рівнем ґрунтових вод, що обмежує область застосування збірно-монолітного КТР. Для умов від'ємних температур з'являється більше проблем з витримкою монолітного бетону. Необхідно прогрівати бетон та виконувати заходи для попередження його від замерзання. Взимку технологічні перерви за часом збільшуються, оснащення для прогріву та додаткове вживання електроенергії значно збільшує вартість процесу.

З точки зору витрат праці, і, відповідно, коштів на опалубні роботи використання опалубки є найкращим рішенням, але залишається питання виготовлення та доставки елементів, а також влаштування вузлів «колона-фундамент». Загалом, вузли з'єднання монолітних і збірних елементів є «проблемною» точкою. Цій темі приділено багато наукових робіт та досліджень для пошуку найбільш вигідного рішення у кожному окремому випадку [57].

Проф. Тонкачєєвим Г.М. в працях [65, 66] запропонована технологія із влаштування стовпчастого збірно-монолітного фундаменту із монтажем колони для влаштування монолітного стакану (рис. 1.7).

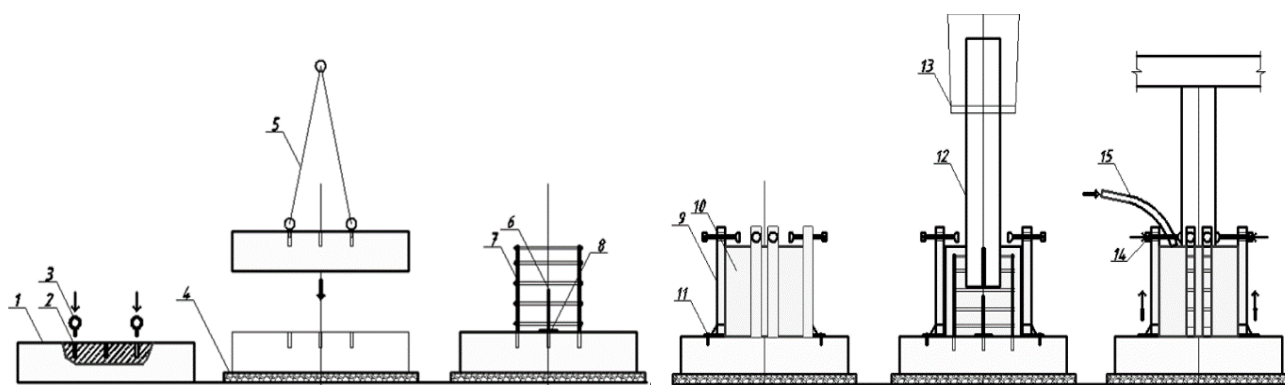


Рис. 1.7 Послідовність зведення збірно-монолітного фундаменту за КТР проф. Тонкачєєва Г.М. [65]

Дане КТР передбачає монтаж колони одночасно з влаштуванням фундаменту та влаштуванням монолітного стакану та їх закріплення кондуктором-опалубкою. Значною перевагою такого методу є відсутність технологічної перерви, що дозволяє пришвидшити терміни зведення каркасної будівлі. Проте, нова технологія не була запроєктована та не було розроблено конструкцію кондуктора-опалубки, що для обґрунтування і удосконалення цієї технології потребує додаткових досліджень.

Спочатку виконують щебеневу підготовку 4, ущільнюючи щебінь в ґрунт віброплитою. Перед монтажем плит 1 вкручують рим-болти 3 і виконують стропування плити 1 стропом 5. Монтажним краном подають плиту 1 на місце встановлення і опускають її на щебеневу підготовку 4. Далі в середню муфту 2 плити 1 вкручують штиревий фіксатор 6, а в крайні муфти 2 вкручують вертикальні арматурні стрижні і виконують в'язання арматурного каркасу 7. На фіксатор 6 надягають прокладку 8. Потім на плиту 1 встановлюють кондуктори 9 з опалубкою 10 і закріплюють їх на плитах дюбелями 11. Далі на плиту 1, фіксатор 6 і прокладку 8 стріловим краном монтують колону 12 за допомогою траверси 13. Колону 12 закріплюють і вивіряють в кондукторі 9 за допомогою фіксаторів 14. Після встановлення і вивірення колони 12 продовжують процеси монтажу фундаментних плит 1 і колон 12 на інших осях захватки будівлі [66].

Таке КТР дозволяє після монтажу колон без технологічних перерв продовжувати монтаж інших конструкцій каркасу будівлі. Монолітний стакан може бути виготовлений і після монтажу ригелів і плит, що в технологічному потоці виконується паралельно з монтажем конструкцій і не впливає на терміни процесу монтажу каркасу.

Перевагою даного КТР є монтаж колони із закріпленням, та подальшим влаштуванням монолітного стакану. Відсутність технологічної перерви значно пришвидшує темп будівництва. Як недолік – підвищення трудомісткості при монтажі та демонтажі кондуктора. Комплект кондукторів складається відповідно до кількості фундаментів на захватку. Рекомендована кількість кондукторів – від 8

шт до 12 шт. Для потокової організації процесів раціональним є використання двох комплектів кондукторів, що суттєво підвищує вартість процесу.

Монолітний фундамент із монолітним стаканом зустрічається рідше, оскільки рішення із влаштування монолітного стакану є більш трудомістким у порівнянні зі збірним – потребує становлення додаткової внутрішньої опалубки для формування стакану. Відоме рішення з використання гофрованих металевих листів для формування стаканів (рис. 1.8).

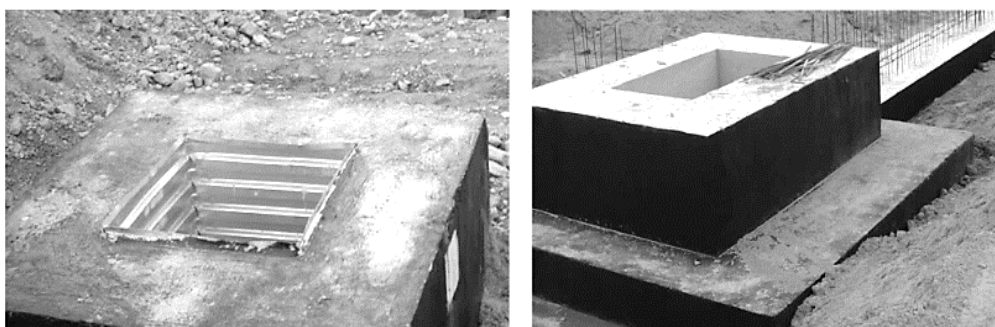


Рис. 1.8 Монолітні фундаменти стаканного типу із використанням гофрованого металу в якості внутрішньої опалубки.

Проте, влаштування монолітних стаканів в поєднанні з монолітними плитами, може бути застосовано у випадках, коли стакан, що виконує роль з'єднання між фундаментом та колоною потребує збільшення кількості армування. Також, запропоновано рішення із застосуванням гофрованого металу в якості внутрішньої опалубки для кращого зчеплення елементів і монолітного бетону [78]. У вибраних подальших варіантах розглядатимуться монолітні стакан та плита, виконані у щитовій опалубці, як найбільш розповсюджене рішення в будівництві.

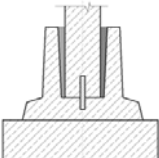
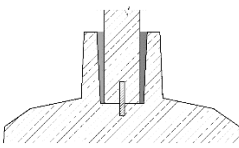
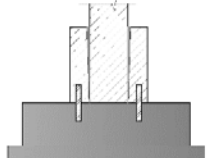
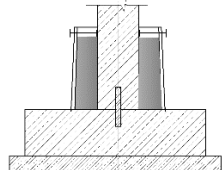
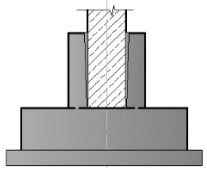
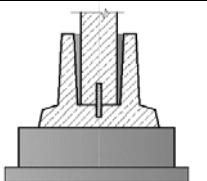
За конкурентно-спроможні варіанти КТР фундаментів прийняті наступні рішення (табл. 1.1).

Для оцінювання ефективності варіантів КТР виконується їх аналіз, відповідно до показників тривалості та трудомісткості процесів влаштування фундаментів.

Процеси влаштування фундаментів за варіанти F_1 та F_2 характеризуються найменшою кількістю операцій, що позитивно впливає на тривалість та трудомісткість процесу.

Таблиця 1.1

Характеристика варіантів конструктивно-технологічних рішень стовпчастих
фундаментів стаканого типу

Позначення	Опис конструктивно-технологічних рішень	Ескіз
F_1	Збірний складений стовпчастий фундамент зі збірною плитою та збірним стаканом з плитною частиною	
F_2	Збірний суцільний стовпчастий фундамент	
F_3	Збірно-монолітний стовпчастий фундамент з монолітною фундаментною плитою та збірним стаканом з арматурними випусками	
F_4	Збірно-монолітний стовпчастий фундамент із збірною плитою і застосуванням кондуктора-опалубки при влаштуванні стакану.	
F_5	Монолітний стовпчастий фундамент	
F_6	Збірно-монолітний фундамент із монолітною плитою та збірним стаканом з плитною частиною.	

Збільшуються витрати на транспортування елементів на об'єкт та на завантаження та розвантаження. Виробничі умови виготовлення підвищують вартість виробів. Конструкція монолітного з'єднання колон зі стаканами фундаментів уповільнює термін початку процесу монтажу ригелів та плит до моменту набору міцності бетону у стику до 70...75% від проектної.

Якість елементів, виготовлених у відповідних умовах, а також мала кількість операцій зменшує вірогідність похибки при монтажі. Такий тип фундаменту можна

влаштовувати у котлованах із рівнем підземних вод не вище за плитну частину фундаменту.

Зимові умови, а саме температура навколишнього середовища, нижча $+5^{\circ}\text{C}$, має малий вплив на показники продуктивності для даного КТР, проте, недоліком є потреба в обігріві збірного стакану перед замоноліченням стика з колоною. Прогрів або обігрів свіжого бетону при малих об'ємах є проблематичним, оскільки важко контролювати температуру обігріву, а її перевищення призводить до порушення структурних зв'язків бетонної суміші, та, як наслідок, невідповідності якості з'єднання колони з фундаментом відповідно проєкту [79].

Завантаження, розвантаження та монтаж збірних фундаментів потребує більшого часу на роботу кранів, а збільшення ваги фундаментів при незручних умовах монтажу в межах котлованів призводить до використання більш потужних кранів, що збільшує вартість технології.

Окремим недоліком, пов'язаним із застосуванням збірних конструкцій є потреба у значних капітальних вкладеннях на будівництво заводів залізобетонних конструкцій, що робить елементи фундаментів більш дорогими.

КТР фундаментів за варіант F_3 наразі широко застосовується як в Україні, так і за кордоном [73-76]. Це пов'язано із високою якістю з'єднання між плитою фундаменту та стаканом, можливістю влаштування плити потрібного розміру, та економією трудових ресурсів при влаштуванні збірного стакану, порівнюючи з аналогічним монолітним стаканом. Таке рішення не потребує залучення кранів із потужнішими характеристиками, ніж для решти елементів каркасу.

Недоліком КТР F_3 є наявність процесів із застосуванням монолітного бетону, що передбачає збільшення кількості операцій, отже і підвищення трудомісткості. Збільшена кількість технологічних перерв, що сповільнює процес. Зимові температурні умови ускладнюють влаштування стику між стаканом і колоною; в зимових умовах влаштування монолітної плити не потребує додаткового обігрівання, оскільки об'єму бетону достатньо для проведення екзоермічної реакції. Збільшення кількості операцій підвищує ймовірність похибки влаштування

конструкцій і з'єднань. Влаштування монолітної плити ускладнюється, якщо в котловані є ґрунтові води. Доставка елементів повинна проводитись з обережністю, оскільки арматурні випуски та труби можна пошкодити при транспортуванні.

КТР за варіантом F_4 – це інноваційне рішення, що визначається одночасним монтажем колони з влаштуванням стакану. Розглянуте КТР передбачає відсутність технологічних перерв, а також зменшення похибок при монтажі за рахунок двох операцій монтажу: монтаж фундаментної плити та монтаж колони із фіксацією за допомогою стержня. Таке рішення об'єднує переваги збірної і монолітної технології, а саме: дозволяє виконувати роботи у котловані з високим рівнем ґрунтових вод; об'єм бетонування стакану передбачає достатню кількість бетону для проведення теплової реакції тверднення навіть у зимових умовах. Недоліком даного КТР є доставка збірної плити, отже і транспортні витрати та обмеження в розмірі; також установка та переміщення кондуктора, що підвищує витрати праці.

КТР за варіантом F_5 – монолітний фундамент із монолітним стаканом досить рідко застосовується в Україні та в закордонній практиці. Це пов'язано з великою кількістю операцій, що підвищує трудомісткість. Технологічні перерви значно уповільнюють процес, тим самим сповільнюючи темпи зведення. Таке рішення може бути затруднено при виконанні робіт у зимових умовах, а в умовах мокрого котловану необхідно застосовувати конструкції або устаткування, орієнтоване на усунення або недопущення зайвої води в котловані. Перевагою даного КТР є можливість влаштування плити більших розмірів. Окрім того, дане КТР передбачає мінімальну частку капітальних вкладень, а також не потребує застосування спеціального крану великої вантажопідймальності.

Варіант F_6 майже не застосовується ні в Українській, ні в закордонній практиці. Застосування монолітної плити для даного рішення призводить до збільшення трудомісткості та технологічних перерв. Оскільки для стакану з плитною частиною не передбачено з'єднувальних випусків, якість з'єднання з монолітною плитою не відрізняється від якості з'єднання зі збірною плитою. Це, можливо, пов'язано з доступним аналогічним варіантом застосування збірного

стакану з випусками, що забезпечує високу якість з'єднання, тому варіант F_6 було у подальшому дослідженні виключено.

Для оцінювання ефективності КТР за критерії ефективності прийняті трудомісткість, тривалість та вартість. Основним нормативним документом для визначення трудомісткості будівельних процесів в Україні є ресурсні елементні кошторисні норми (РЕКН) [81-83]. Проблемою сучасних діючих норм є те, що вони містять дані з трудомісткості для широкоживаних процесів – наприклад, монтаж збірних плит, стаканів, колон, або влаштування монолітних елементів.

Інноваційні рішення, такі, як влаштування фундаментів за варіантами F_1 , F_3 , F_4 , важко оцінити з позиції трудомісткості, беручи за основу дані з нормативів.

Постає питання про нормування витрат праці тому, що існуючі нормативи не містять даних з трудомісткості для підтвердження ефективності нових технологічних рішень. Відсутність таких даних ускладнює можливість проведення коректного аналізу продуктивності та економічної доцільності запропонованих методів. Наявні нормативи базуються на застарілих технологічних процесах, що не враховують новітні досягнення в галузі будівництва. Відсутність актуальних нормативів унеможливорює формування об'єктивних висновків про переваги або недоліки впроваджуваних технологічних рішень.

В працях [91, 93-95] дослідниками доведена неможливість нормування інноваційних КТР фундаментів, тому, за рекомендаціями, вибрано для нормування метод мікроелементного нормування. Результати застосування цього методу для нормування будівельних процесів на прикладі влаштування монолітних колон, монолітних плит перекриття та ін. процесів показали можливість проводити нормування.

Для вирішення цієї проблеми необхідно розробити нові нормативи, які б відповідали сучасним умовам і вимогам галузі. Це дозволить більш точно оцінити ефективність інновацій у будівництві. Відсутність оновлених стандартів також підкреслює необхідність перегляду та модернізації існуючої нормативної бази в будівельній галузі.

1.3 Аналіз останніх досліджень і публікацій по технології влаштування стовпчастих фундаментів каркасних будівель

Розвитком і вдосконаленням теорії будівельних процесів, на підставі якої виконувалися дані дослідження, займалося багато вчених: Гончаренко Д.Ф. [32, 33], Черненко В.К. [12, 22], Лівінський О.М. [35], Торкатюк В.І. [20], Осипов О.Ф. [12, 38], Менеїлюк О.І. [33,34], Тонкачєєв Г.М. [15-17, 22-27, 41, 91, 93, 94], Радкевич А.В. [14, 21] та ін. .

Дослідженням організації та технології зведення каркасних будівель займались вчені: Шумаков І.В. [36, 37], Бутнік С.В. [13, 40], Тугай О.А. [42, 43], Поколенко В.О. [42, 43], Арутюнян І.А. [21], Молодід О.С. [17, 91, 95], Махия О.М. [44], Шарапа С.П. [15, 24, 27].та ін.

Основними питаннями технології зведення каркасних будівель є зменшення трудомісткості процесів, скорочення термінів зведення, а також раціональне використання наявних ресурсів та врахування особливостей проєкту [20 – 25, 42, 43, 44].

Світові тенденції у технології зведення каркасних будівель спрямовані до розвитку збірних технологій [45 - 48]. У зведенні каркасів збірне будівництво займає передові позиції серед сучасних технологій зведення, що зумовлено його високою продуктивністю, економічністю та технологічною ефективністю. Використання залізобетонних і металевих конструкцій заводського виробництва дозволяє значно скоротити терміни виконання будівельних робіт, мінімізувати залежність від погодних умов та покращити якість конструктивних елементів завдяки контролю на виробництві.

Однак, проблемою застосування збірних конструкцій є організація транспортування та складування конструктивних елементів. Транспортування обмежено габаритами автомобільних або залізничних доріг, також варто враховувати правильність складування та закріплення елементів для уникнення пошкоджень під час переміщення. Місце для складування елементів потрібно

передбачати на стадії проекту виконання робіт. Пошук місця для складування ускладнюється при будівництві в умовах обмеженого простору.

Зокрема, у малоповерхових каркасних будівлях збірне будівництво часто використовується для зведення стовпчастих фундаментів, що дозволяє зменшити витрати на влаштування фундаментних робіт та скоротити тривалість монтажу каркасу будівлі.

Дослідниками із країн Італії, Туреччини та Румунії визначено, що будівлі із збірних конструкцій потребують перегляду існуючих рішень стосовно з'єднань елементів в місцях стикування колони і збірного стакану. Монолітні або збірно-монолітні з'єднання є надійнішими [56 - 60].

На противагу збірній технології, монолітне будівництво залишається популярним завдяки його універсальності та можливості зведення оригінальних архітектурних форм. Основною перевагою монолітної технології є цілісність конструкцій, що забезпечує високу несучу здатність та стійкість будівлі [24, 61].

Монолітне будівництво широко застосовується для житлових і громадських споруд, рідше для малоповерхових каркасних будівлях, де необхідна максимальна адаптивність до геотехнічних умов ділянки. Проте, монолітні технології мають і певні недоліки, зокрема високу трудомісткість, необхідність використання великої кількості опалубки, значну залежність від погодних умов і тривалий термін тверднення бетону [40, 50].

В роботах [61, 90, 92] розглянуто рішення стосовно удосконалення опалубок, орієнтоване на зменшення трудомісткості та підвищення якісних характеристик готової конструкції, проте, ці рішення придатні до застосування у вибраних елементах каркасу – наприклад, стінах або колонах.

Враховуючи переваги та недоліки збірної та монолітної технології, комбіноване збірно-монолітне будівництво поєднує переваги обох технологій, що робить його перспективним напрямом у сучасному будівництві [13, 23, 25, 39, 49]. Використання збірних елементів для основних несучих конструкцій у поєднанні з

монолітними ділянками дозволяє досягти оптимального балансу між швидкістю зведення, надійністю та економічною ефективністю.

Збірно-монолітні технології активно застосовуються в малоповерхових каркасних будівлях, особливо при влаштуванні стовпчастих фундаментів в Україні [26, 74-76] та за кордоном [68-71, 73]. Популярним рішенням є влаштування збірного залізобетонного стакану з арматурними випусками з монолітною фундаментною плитою. Застосування збірно-монолітних технологій орієнтовано на підвищення якості з'єднань контруктивних елементів, а також виконання елементів, які з певних причин проблематично виготовити або доставити у збірному вигляді.

Дослідниками в працях [20, 21, 54, 55] визначено, що тривалість та вартість будівництва залежить не лише від обраної технології, а й від умов оточуючого середовища. Зокрема, при зведенні каркасної будівлі важливу роль відіграють погодні умови, відстань до виробництв, а також налагодження організаційного процесу – вчасне транспортування елементів та устаткування.

Тривалість і трудомісткість процесу влаштування фундаментів будівлі залежать від умов котловану, зокрема глибини, рівня підземних вод, та відповідно, визначення потреби у влаштуванні водопонижуючого устаткування або облаштування, властивостей ґрунтової основи, а також відстані від котловану до існуючої забудови [36, 38]. Перелічені чинники можуть призвести до уповільнення процесу зведення будівлі, а також до здорожчання виконання робіт. Для мінімізації впливу чинників навколишнього середовища потрібно обирати технологічні рішення, що не залежать від чинників середовища [39].

Залежно від призначення будівлі, навантажень, транспортної спроможності, будівельних тенденцій регіону або країни, законодавчих норм обирається спосіб виконання робіт [40]. Дані щодо продуктивності виконання будівельних робіт – є скоріше нормованими, проте часто не враховують вплив тих чи інших чинників [95].

Визначення трудомісткості та тривалості із використанням існуючих нормативів, а саме чинних КНУ РЕКН та раніше застосовуваних ЕНіР та ДСТУ ускладнюється тим, що дані стосовно витрат праці для виконання процесу узагальнені та не підлягають диференціюванню на окремі операції [129-132]. Існуючі методики мікроелементного нормування передбачають визначення трудомісткості процесу поділом на окремі операції та дозволяють враховувати дію факторів. У світовій практиці мікроелементне нормування використовується для визначення трудомісткості та тривалості процесів та підвищення їх ефективності [80-89]. Варто проводити цілісне дослідження, де враховано вибір технології влаштування фундаментів відповідно до чинників, а також виконати оцінювання технологічних рішень за критеріями швидкості, трудомісткості та придатності до застосування у різних умовах котловану [96].

1.4 Постановка проблемного питання і завдань дослідження

На світовому ринку в останні роки з'явилося велика кількість конструктивних та технологічних рішень стовпчастих фундаментів каркасних будівель, переважно монолітних, збірних та збірно-монолітних. Відмічається масовість зведення каркасних залізобетонних будівель малої поверховості, що надало можливість визначити об'єкт дослідження – технологію монтажу малоповерхових каркасних будівель з технологією улаштування стовпчастих фундаментів стаканного типу.

З аналізу відомих КТР фундаментів за перспективні варіанти розглядаються збірно-монолітні фундаменти з монолітною плитою та збірним стаканом заводського виготовлення. На відміну від такого рішення, на нашу думку, існує інноваційне рішення з збірною плитою та монолітним стаканом, який може бути сформований після монтажу колони.

З проведеного аналізу літературних джерел та досвіду будівництва встановлено, що спроб провести оцінювання відомих конструктивно-технологічних рішень стовпчастих фундаментів стаканного типу не знайдено.

Відсутні дослідження трудомісткості та продуктивності влаштування стовпчастих фундаментів стаканного типу. Без визначення цих технологічних параметрів оцінювання варіантів КТР фундаментів на даному етапі неможливо, що створює проблемну ситуацію, яку можна вирішити лише шляхом проведення додаткових досліджень.

Відповідно предметом дослідження обрано трудомісткість та продуктивність технологічних процесів влаштування стовпчастих фундаментів стаканного типу з монтажем колон для формування монолітних стаканів

Зважаючи на значні досягнення в розробках із напрямку спрощення та удосконалення зведення каркасних будівель, залишається відкритим питання із організації будівельного процесу таким чином, щоб скоротити тривалість та кількість залучених процесів – тобто зробити будівництво швидшим, зменшити трудомісткість, і, як наслідок, здешевити виробництво.

Існуючі рішення із зведення каркасних будівель мають ряд переваг та недоліків, що стосуються не лише процесу зведення, а і якості готових конструктивних елементів, та, відповідно, якості і безпечності експлуатованої будівлі. Фундаменти сприймають та передають навантаження від усієї будівлі, а вузол з'єднання колони і фундаменту відіграє ключову роль у стійкості будівлі. Пошук ефективних рішень повинен відповідати критеріям раціонального розподілу матеріальних ресурсів, відведених для зведення споруди.

Для пошуку ефективного рішення влаштування стовпчастих фундаментів необхідно визначити переваги та недоліки існуючих рішень, а також сферу їх застосування. Потрібно визначити фактори, що мають вплив та вибір технології влаштування фундаментів.

Прийняті конструктивно-технологічні рішення (КТР) із влаштування стовпчастих фундаментів повинні задовольняти наступні критерії – пришвидшувати темп зведення каркасу та зменшувати трудомісткість, з високою якістю влаштування вузлів.

Каркасні багатоповерхові споруди, побудовані за використання збірно-монолітних технологій можуть бути зразком для розгляду доцільності прийнятого рішення. Звісно, у кожному виробничому завданні є індивідуальні категорії, під які підлаштовують проект – це розташування об'єкту будівництва, категорія об'єкту, призначення споруди. Сюди ж варто віднести попередню кількість коштів, яка може бути витрачена на проектні роботи та зведення. Оцінити результат у вигляді відношення витрат ресурсів (матеріалів, часу, трудових витрат працівників) до готового результату можливо, маючи чіткі показники витрат.

У даній роботі виконано розгляд технології влаштування стовпчастих фундаментів з монтажем колон та влаштуванням монолітних стаканів. Фактори, що розглянуто як такі, що мають вплив на вибір технології та виконання процесу.

Для досягнення мети – пошуку, обґрунтування та удосконалення технологічного рішення влаштування стовпчастих фундаментів, яке відповідало б мінімальній трудомісткості та максимальній продуктивності процесу зведення каркасних будівель було поставлені такі завдання:

виконати аналіз конструктивно-технологічних рішень каркасних будівель і споруд, технологій влаштування стовпчастих фундаментів на сучасному етапі розвитку науки і техніки;

виявити, дослідити та відібрати фактори, які впливають на тривалість і трудомісткість влаштування стовпчастих фундаментів та монтажу конструкцій каркасних будівель;

дослідити тривалість, трудомісткість та собівартість сформованих моделей конструктивно-технологічних рішень влаштування стовпчастих фундаментів в залежності від відібраних чинників;

розробити та надати рекомендації щодо застосування технології влаштування стовпчастих фундаментів стаканного типу з монтажем колон для формування монолітних стаканів.

Висновки по першому розділу

1) Аналіз сучасного рівня розвитку будівельної галузі та тенденцій розвитку технології зведення збірних каркасних будинків промислового та цивільного призначення показав масовість застосування каркасів в 1-5 поверхів, у яких значна частина витрати праці припадає на конструкцію фундаментів, що визначило об'єкт дослідження та напрямок зниження витрат при зведенні каркасних будинків вдосконаленням технології улаштування стовпчастих фундаментів з монтажем колон та інших конструкцій каркасів.

2) На підставі проведеного аналізу КТР стовпчастих фундаментів малоповерхових каркасних будівель, зроблено припущення про те, що серед відомих КТР фундаментів технологія влаштування стовпчастих фундаментів каркасних будівель з монтажем колон для формування монолітних стаканів дозволяє суттєво зменшити трудомісткість та прискорити темп зведення каркасних будівель. Дослідження за даним напрямком практично не проводилось, що і дозволило визначити предмет дослідження.

3) Аналіз попередніх досліджень показав, що на прийняття КТР фундаментів малоповерхових каркасних будівель впливає дуже багато чинників, які на даний момент не систематизовані, не проведений їх комплексний аналіз і дослідження трудомісткості і продуктивності процесу влаштування стовпчастих фундаментів стаканного типу з монтажем колон.

4) Відсутність та недосконалість існуючої бази норм часу та витрат праці на процеси улаштування стовпчастих фундаментів збірно-монолітної конструкції призводить до того, що об'єктивний вибір КТР на даному етапі неможливий, що знижує ефективність технології зведення каркасних будівель. Для вирішення цього науково-практичного завдання необхідно провести комплексне дослідження КТР фундаментів.

РОЗДІЛ 2

ВИЯВЛЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ВЛАШТУВАННЯ СТОВПЧАСТИХ ФУНДАМЕНТІВ

2.1 Методика і методи дослідження

Для проведення дослідження було виконано постановку завдань дослідження, відповідно яким сформовано методику проведення дослідження та обрано методи дослідження (рис. 2.1).



Рис. 2.1 Основні етапи дослідження

Аналіз стану питання влаштування стовпчастих фундаментів каркасних малоповерхових будівель проведений у відповідності до алгоритму (рис. 2.2).

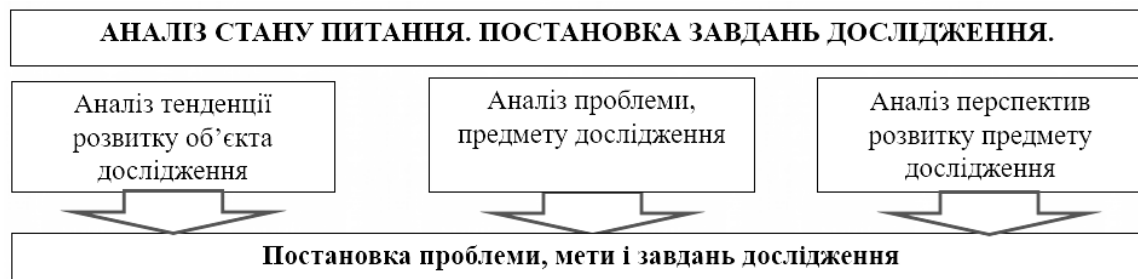


Рис. 2.2 Перший етап методики дослідження

На першому етапі виконується підсумовування та аналітика наявної інформації щодо існуючих конструктивно-технологічних рішень каркасних будівель і споруд. Виконується аналіз конструктивних рішень каркасних споруд, та виокремлюються сучасні рішення, які зустрічаються найчастіше.

Розглядаються варіанти КТР фундаментів стовпчастого типу. Проводиться їх аналіз, виявляються основні переваги і недоліки з точки зору трудомісткості і тривалості їх влаштування. Перший етап дослідження підсумовується становленням завдання дослідження відповідно до об'єкту, предмету та меті наукової роботи.

Основою для проведення є припущення (робоча гіпотеза) 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.

Об'єктом дослідження є технологія монтажу малоповерхових каркасних будівель з технологією влаштування стовпчастих фундаментів стаканного типу.

Предметом дослідження є трудомісткість та продуктивність технологічних процесів влаштування збірно-монолітних стовпчастих фундаментів з монтажем колон для формування монолітних стаканів.

Аналіз конструктивно-технологічних рішень каркасних будівель і споруд, технологій влаштування стовпчастих фундаментів на сучасному етапі розвитку науки і техніки показує рівень існуючої новизни досягнень.

На другому етапі досліджень (рис. 2.3) виконується детальний розгляд факторів, що впливають на вибір конструктивних елементів споруди, їх конструктивних особливостей, матеріалу виконання, способу влаштування, та, зокрема, влаштування стовпчастого фундаменту а також розгляд технології їх виконання та комбінування.

Фактори, які впливають на тривалість і трудомісткість влаштування стовпчастих фундаментів та монтажу конструкцій каркасних будівель групуються в окремі блоки. Для цього виконується систематизація факторів по групах.

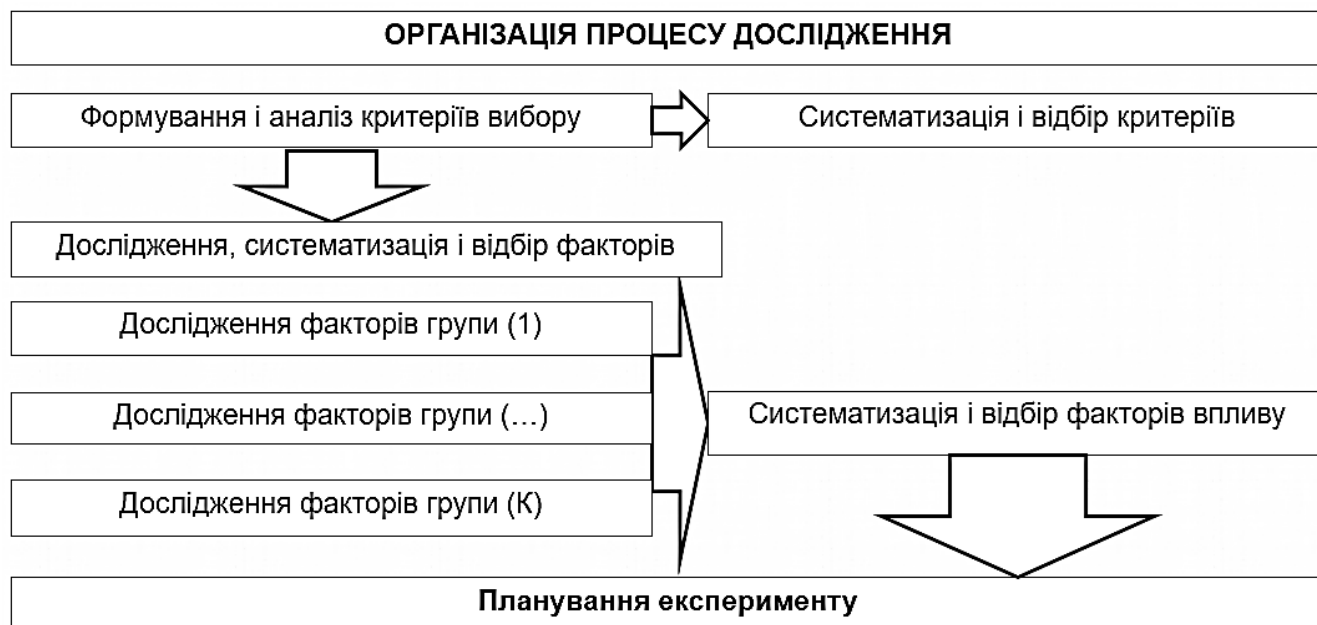


Рис. 2.3 Другий етап методики дослідження

На підставі експертного оцінювання відбираються найбільш вагомі фактори впливу на трудомісткість та тривалість процесів влаштування фундаментів та монтажу конструкцій малоповерхових каркасів.

Виконується загальний аналіз каркасної споруди, а саме: призначення будівлі; типові навантаження, що несуть конструктивні елементи; кліматичні особливості; матеріали, які використовують при влаштуванні конструкції; ґрунти, що сприймають навантаження від фундаментів, та їх властивості. Підсумовуючи ці фактори, прийняті рішення про фундамент, який забезпечить виконання вимог передачі навантаження на ґрунт та стійкості споруди.

Досліджується технологія влаштування фундаментів, а саме збірної технології, монолітної, а також поєднання обох технологій для одного типу фундаменту. При цьому, проводиться визначення такого способу виконання фундаменту, де буде найбільш ефективно задіяно ресурси праці, матеріалів та часу.

Для дослідження використовуються методи аналізу статистичних даних та математичної теорії ймовірності.

Очікуваний результат від другого етапу досліджень:

- 1) Зведені до переліку та системи фактори впливу на технологію у вигляді класифікації;
- 2) Розподіл факторів за критерієм впливу на проєктні характеристики та факторів, що впливають на вибір технології влаштування;
- 3) Визначення впливу факторів технології влаштування на тривалість та працемісткість влаштування фундаменту.

До розгляду прийнято як типові збірні та монолітні технології, так і рішення із влаштуванням стовпчастого фундаменту із застосуванням монолітного стакану.

Третій етап дослідження присвячено виявленню залежностей трудомісткості та тривалості процесів влаштування фундаментів від впливових чинників, які були попередньо відібрані за ступенем впливу (рис. 2.4).

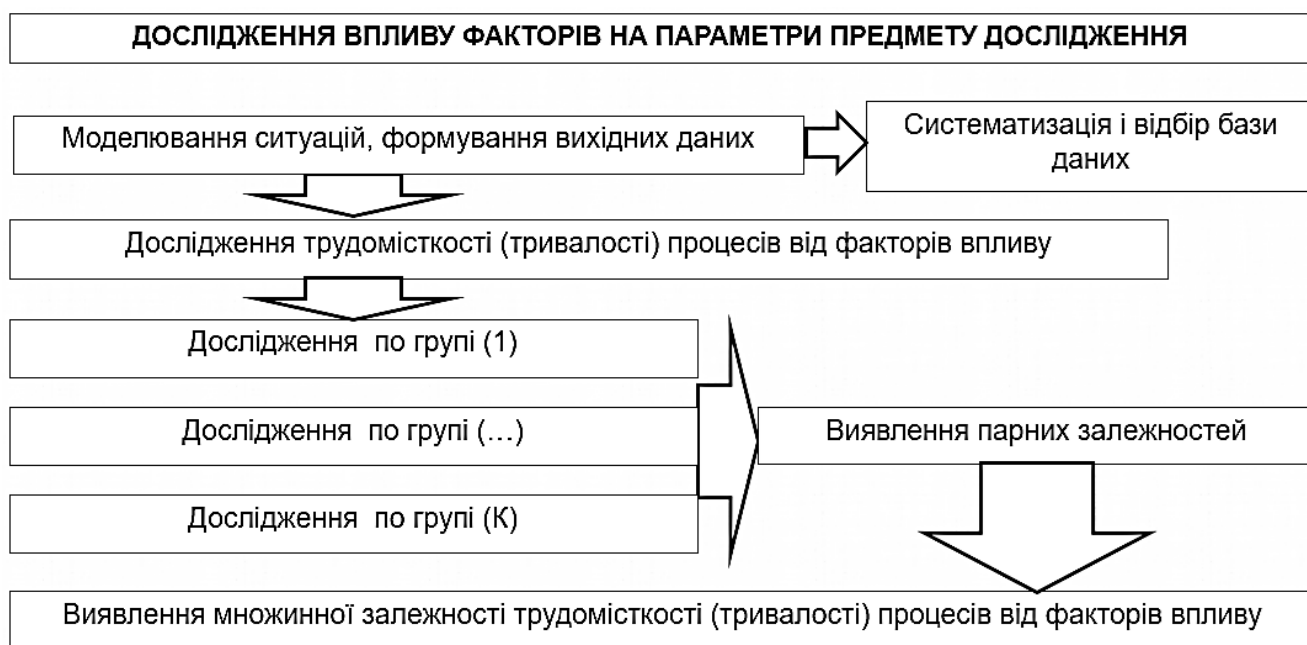


Рис. 2.4 Третій етап методики дослідження

Для визначення трудомісткості процесів використовується цілочисловий метод нормування, за яким до кожної з операцій процесу розробляються матриці

трудомісткості для подальшого синтезу норми витрат праці на процес влаштування фундаментів по відібраних варіантах.

Розглядаються організаційно-технологічні моделі влаштування фундаментів і монтажу конструкцій каркасу будівель для побудови залежностей трудомісткості і тривалості від факторів та для оцінювання ефективності КТР фундаментів.

На четвертому етапі розробляються основні рекомендації щодо області застосування нової технології, щодо прийняття ефективних КТР фундаментів та розробляється приклад технологічної карти для підтвердження теоретичних результатів дослідження. Оцінюється ефективність результатів дослідження у вигляді зменшення трудомісткості та тривалості виконання комплексу робіт.

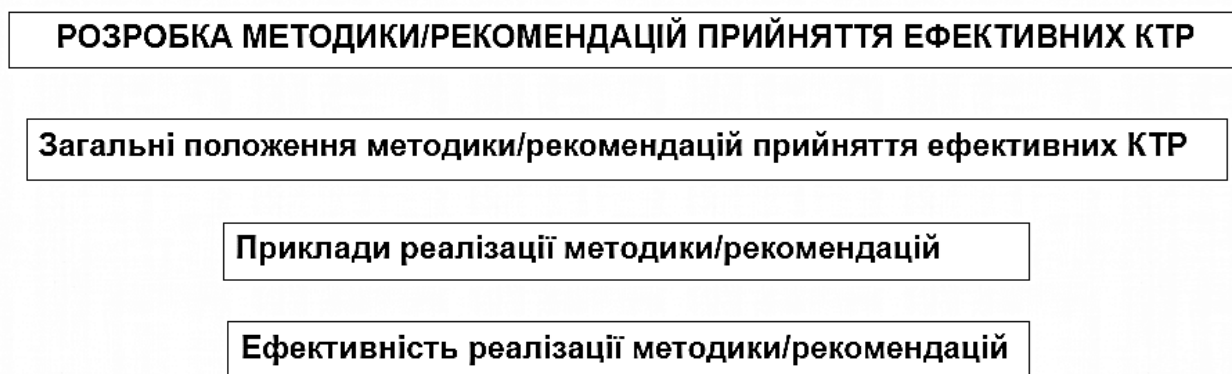


Рис. 2.5 Четвертий етап методики дослідження

Планується апробація результатів дослідження вигляді рекомендацій щодо вибору технології влаштування стовпчастих фундаментів стаканного типу з монтажем колон для формування монолітних стаканів.

2.2 Виявлення та систематизація факторів, що впливають на вибір КТР фундаментів

Конструктивно-технологічні рішення фундаментів каркасних будівель залежать від значної кількості факторів, серед яких є такі, що мають найбільший вплив на трудомісткість влаштування фундаментів та зведення каркасу будівлі та такі, що мають вплив на тривалість процесів.

Завдання відбору впливових факторів потребує ранжування за ступенем впливу на трудомісткість, тривалість та на вартість процесу.

За результатами аналізу стану питання були розглянуті основні фактори, від яких залежать основні параметри технологій влаштування стовпчастих фундаментів. Планувальні і конструктивні рішення малоповерхових каркасних збірних будівель безпосередньо впливають на КТР фундаментів.

Планувальні рішення каркасів включають характеризуються розміри прогонів та кроків по колонах, висотою поверхів та формою будівлі. Розміри фундаментів в плані по плитній частині залежать від навантаження та від властивостей ґрунту. Висота фундаментів залежить в більшості від глибини закладання фундаментів.

Умовно планувальні і конструктивні рішення каркасів будівель представлені формалізованою схемою (рис. 2,6).

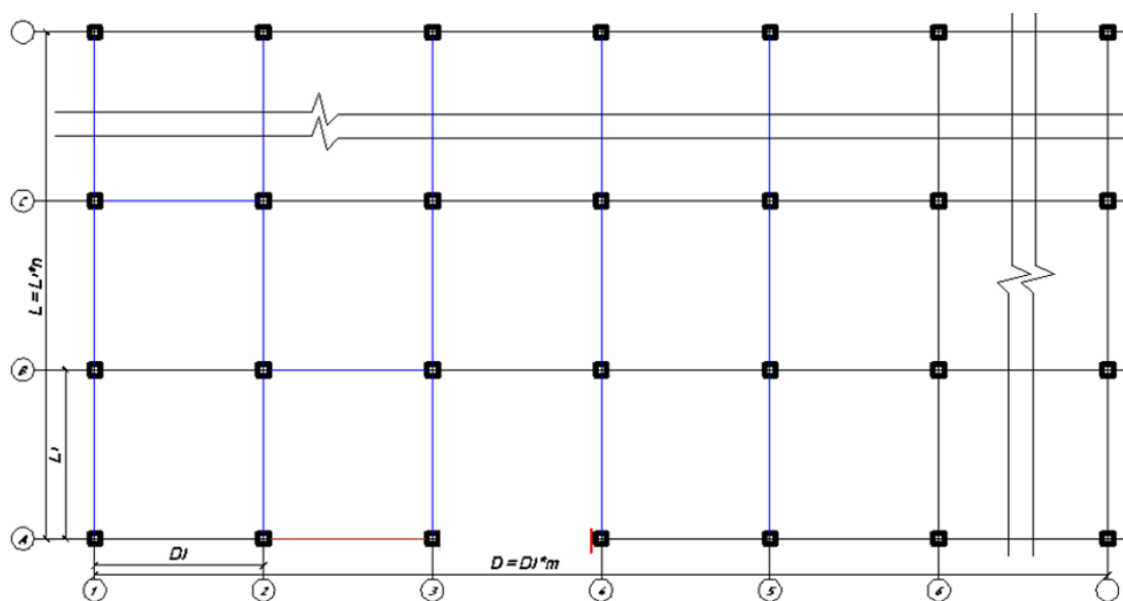


Рис. 2.6 Формалізована схема каркасної будівлі в плані:

L_i – розмір прогону каркасу. Розглядається в межах від 6,0 м до 18,0 м;

n – кількість прогонів, як правило, розглядається в межах від 2 до 4-х;

D_j – розмір кроку колон. Розглядається в межах від 6,0 м до 12,0 м;

m – кількість кроків, як правило, розглядається в межах від 6 до 12-ти.

Відповідно до перелічених геометричних параметрів каркасу будівлі важливим фактором для організації процесів є кількість фундаментів (R_1), яка також

залежить від кількості секцій будівлі. Цей показник визначається конфігурацією каркасної системи, кроком колон, кількістю вісей та, насамперед, кількістю секцій будівлі, що формують структурний модуль споруди. Чим більша кількість секцій та чим більша протяжність каркасу, тим більшою є загальна кількість фундаментних елементів, необхідних для забезпечення просторової жорсткості та рівномірного сприйняття вертикальних і горизонтальних навантажень.

Фактор R_1 виконує важливу функцію у формуванні технологічної моделі виконання робіт, оскільки кількість фундаментів визначає загальну трудомісткість, масштабність будівельних операцій, тривалість технологічного циклу та необхідні ресурси. При збільшенні кількості фундаментів пропорційно зростає обсяг робіт із підготовки котлованів або окремих примків, армування, бетонування, монтажу збірних елементів і виконання допоміжних операцій. У свою чергу, це впливає на потребу у робочій силі, засобах механізації, логістичних потоках та резерві часу на технологічні перерви.

Кількість фундаментів також впливає на структуру поділу робіт на захватки. У будівлях із великою кількістю секцій та відповідно великою кількістю фундаментів організація процесів передбачає зонування будівельного майданчика, поетапне виконання робіт та застосування потокових методів. Це дозволяє забезпечити безперервність циклу, оптимізувати використання техніки та мінімізувати простої. За меншої кількості фундаментів перевага віддається укрупненим технологічним етапам, де всі операції виконуються в межах компактної території.

Фактор R_1 відіграє системоутворюючу роль у моделюванні технології влаштування фундаментів. Він визначає обсяг і структуру робіт, рівень організаційної складності, потребу у механізації, сезонну стійкість, трудомісткість, логістичні навантаження та стабільність продуктивності. З урахуванням того, що кількість фундаментів безпосередньо залежить від кількості секцій будівлі та її геометричних характеристик, цей фактор є вихідним параметром для вибору найбільш ефективного конструктивно-технологічного варіанта фундаментної

системи. Малоповерхові каркасні будівлі торгівельно-розважальних центрів, логістичних центрів складаються з одної, двох, трьох та чотирьох секцій, тому кількість фундаментів R_1 розглядається в межах від 20 шт до 120 шт.

При виборі КТР фундаментів кількість R_1 впливає на призначення кількості ділянок виконання робіт (R_2), що, у свою чергу, впливає на вибір методів організації технологічних потоків та характер розгортання, сталого стану та розгортання процесів потоку. Від організації технологічних потоків по захватках в основному залежить тривалість процесу влаштування фундаментів, монтажу колон та інших конструкцій каркасу будівлі.

Конструктивне рішення фундаменту залежить від розрахунків несучої здатності фундаменту (рис. 2.7).

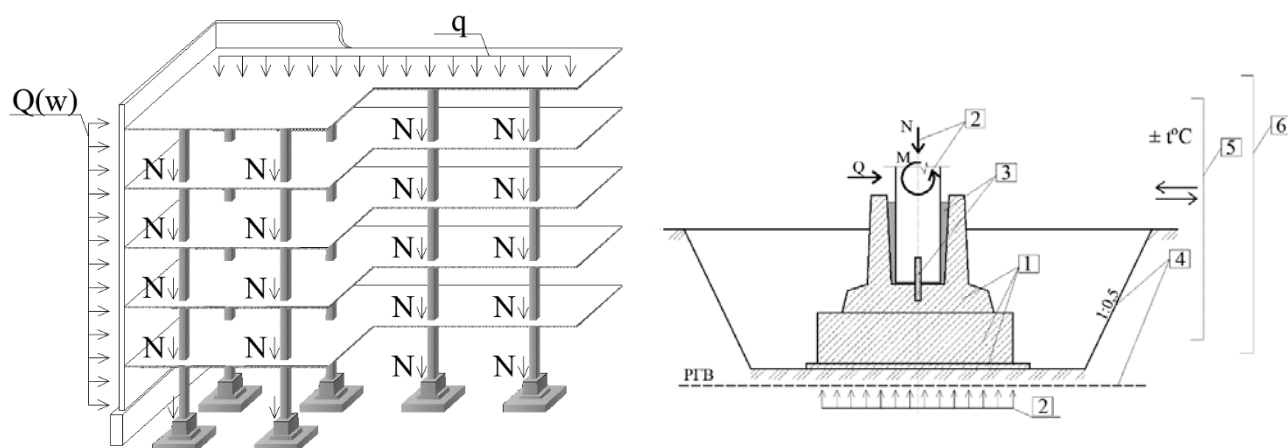


Рис. 2.7 Схема передачі навантажень у каркасній споруді.

Точні геометричні параметри, форма, розмір та глибина закладання вираховуються індивідуально для кожного окремого випадку будівництва. Розрахунки виконують за другою групою граничних станів [28].

Конструкція стовпчастого фундаменту сприймає основне вертикальне навантаження N , яке передається від колони. Навантаження N складається із вертикальних рівномірно розподілених навантажень q . Також, присутні бокове горизонтальне навантаження Q , яке зумовлено, зазвичай, дією вітру, та крутний момент M . На відміну від вертикального навантаження, яке сприймає фундамент, навантаження горизонтальне та момент мають вплив здебільшого на розрахунок

вузла з'єднання колони і фундаменту. Також, відповідно діючим в Україні нормам, при розрахунку необхідно враховувати коефіцієнти надійності за навантаженням γ_f і надійності за відповідальністю γ_n .

За результатами розрахунку розмірів нижньої плити фундаменту визначені основні параметри конструкції фундаменту: розміри плитної частини в плані ($a_1 \times b_1$), висота плитної частини (h_1), розміри стаканної частини фундаменту в плані ($a_2 \times b_2$), висота стакану (h_2).

Параметри a_1 та b_1 моделюються розмірами 1,5 м; 1,8 м; 2,1 м; 2,4 м. Висота плити фундаменту h_1 моделюється розмірами 0,3 м; 0,35 м; 0,4 м; 0,45 м; 0,5 м.

Параметри стаканної частини по всіх варіантах КТР фундаментів приблизно однакові, залежать від розмірів перерізу колони ($a_3 \times b_3$), і становлять для колон з розмірами перерізу 0,4 м x 0,4 м – $a_2 \times b_2 = 0,91$ м x 0,91 м. Для колони 0,5 м x 0,5 м – $a_2 \times b_2 = 1,01$ м x 1,01 м. Висота стаканної частини $h_2 = 0,8$ м.

Оскільки впливовим фактором конструкції фундаменту по характеру змінності є розміри плитної частини, об'єднуючим фактором прийнята площа підшви фундаменту (R_3).

Фактор R_3 — площа підшви фундаменту — є одним із ключових параметрів, що визначають як конструктивні характеристики фундаментної системи, так і технологічні особливості її зведення. Площа підшви забезпечує передачу навантаження від колони на ґрунт основи та повинна відповідати розрахунковим опорним характеристикам ґрунту, що, у свою чергу, залежить від категорії ґрунтів, глибини залягання несучих шарів, рівня ґрунтових вод та геометричних параметрів самої будівлі. Таким чином, R_3 виступає не лише конструктивним, але й технологічно значущим фактором, який впливає на організацію робіт і кінцеву ефективність реалізації обраного варіанта фундаментів.

Передусім площа підшви визначає обсяг земляних робіт, адже збільшення площі фундаменту потребує розширення котловану або прямоку, зміни конфігурації укосів, зростання обсягу виймання ґрунту та відповідно — збільшення трудомісткості та ресурсних витрат на підготовчий етап. Чим більша площа

підшови, тим більші вимоги до точності формування основи, ущільнення ґрунту, підготовки піщаної або щебеневої підготовки. Це безпосередньо впливає на часові параметри виконання земляних робіт і на загальний темп будівельного потоку.

Площа підшови фундаменту також визначає масштаб і складність опалубних робіт, адже для монолітних рішень збільшення площі потребує застосування більшої кількості опалубних щитів, підпірних елементів, закріплювальних вузлів, що підвищує трудомісткість та вимоги до кваліфікації персоналу. Для збірних фундаментів R_3 впливає на габарити плит, їхню масу та логістичні операції — доставка, підйом, розстановка та монтаж великогабаритних елементів потребує підвищеної координації та використання кранів більшої вантажопідйомності.

Із організаційної точки зору R_3 визначає потребу у техніці та трудових ресурсах, оскільки збільшення площі підшови фундаменту ускладнює логістику, потребує більшого фронту робіт та синхронізації дій між кількома бригадами. У фундаментних системах, де площа підшови значна, оптимізація потокових процесів стає критично важливою для забезпечення безперервності виконання робіт і мінімізації простоїв.

У результаті площа підшови фундаменту (R_3) є інтегральним параметром, що впливає на всі етапи будівельного процесу: від земляних робіт до бетонування, монтажу, догляду за бетоном та контролю якості. У взаємодії з іншими параметрами каркасу R_3 формує структурну логіку організації робіт та визначає доцільність обрання того чи іншого конструктивно-технологічного варіанту фундаментної системи.

Власна стійкість фундаменту з колоною (R_4) залежить від параметрів вітрового тиску, власної ваги колони, ваги фундаменту та розміру плитної частини в плані. Якщо можливе перекидання конструкцій, то виконується зворотна засипка та ущільнення ґрунту, що у технологічному потоці створює ще одну технологічну перерву, яка впливатиме на загальну тривалість процесу зведення каркасу будівлі. Власна стійкість конструкцій від перекидання характеризується моментом утримання (M_u) [104].

Фактор R_4 — власна стійкість фундаменту з колоною — є одним із ключових інженерно-технологічних показників, що характеризує здатність фундаментної системи забезпечувати рівновагу та просторову стабільність елемента каркасу під час монтажу та на початкових етапах експлуатації. Під власною стійкістю розуміють сукупність властивостей фундаменту та встановленої на ньому колони, які запобігають перекиданню, зсуву, втраті вертикальності або зміні проектного положення елемента до моменту включення всієї системи каркасу в спільну роботу.

Параметр R_4 визначається геометрією фундаменту й колони, масою конструкцій, характером опирання, жорсткістю стикових елементів, наявністю монолітного стакана, висотою колони та умовами її закріплення. Взаємодія цих характеристик формує здатність системи протистояти діям монтажних і тимчасових навантажень — таким як пориви вітру, вібрації від роботи техніки, нерівномірність підготовленої основи, а також вплив тимчасового ексцентриситету під час установки колони.

Важливим є те, що власна стійкість фундаменту з колоною визначає точність монтажу та відхилення у вертикальності, що є критичним на початкових етапах зведення каркасу. Будь-яке зміщення осі колони в процесі виконання робіт може призвести до накопичення помилок у наступних поверхах, що створює загрози втрати геометричної відповідності проєкту та зростання витрат на коригування.

R_4 має пряму залежність від площі підстави фундаменту (R_3) та висоти колони. Чим більша площа основи та маса фундаменту, тим вищий момент опору перекиданню. У той же час збільшення висоти колони підвищує її вітрове навантаження та момент, що виникає при ексцентричному монтажі, що знижує стійкість. Тому фундаментні системи повинні забезпечувати такий рівень стійкості, щоб компенсувати несприятливі фактори та забезпечити безпечне виконання монтажних робіт. З погляду безпеки будівництва R_4 є ключовим індикатором ризиків аварійних ситуацій, адже недостатня стійкість може призвести до падіння колони, пошкодження конструкцій, техніки або травмування персоналу. Високий рівень власної стійкості мінімізує ці ризики та забезпечує стабільність

будівельного процесу. У поєднанні з іншими критеріями (R_1 – R_3) він формує підґрунтя для оцінки придатності конструктивно-технологічних рішень під час монтажу колон та подальшого зведення каркасу, що є критично важливим для обґрунтування оптимального вибору технологічного варіанта влаштування фундаментів.

На трудомісткість влаштування окремого фундаменту впливають фактори кількості операцій (дій) в процесі влаштування фундаменту та монтажу колон (R_5); темпу та відповідальності виконання операцій і дій (R_6); кількості та тривалості технологічних перерв на виконання повного комплексу дій (R_7), починаючи від влаштування підготовки під фундамент, влаштування плитної частини до замонолічування стика колони зі стаканом фундаменту. Тривалість технологічних перерв R_7 по одиниці фундаменту не характеризує призупинення темпів зведення каркасу будівлі, оскільки при організації технологічних потоків зі суміщенням у часі технологічні перерви частково нівелюються.

Кількість операцій, що входять до складу технологічного процесу влаштування фундаменту та подальшого монтажу колони, є одним із ключових параметрів, які формують загальну трудомісткість та тривалість виконання робіт. Фактор R_5 визначається структурою технологічної карти, що включає комплекс послідовних та паралельних дій — від підготовчих робіт до остаточного замонолічування стиків «колона–стакан фундаменту».

На збільшення R_5 впливає наявність додаткових технологічних елементів конструкції (наприклад, стаканна частина фундаменту, закладні деталі, влаштування опалубки, виконання додаткових робіт, пов'язаних з чинниками навколишнього середовища), а також рівень індустріалізації конкретного варіанта фундаменту. Чим більше дій необхідно виконати на будівельному майданчику, тим більшою є загальна трудомісткість та складність організації робіт. Таким чином, фактор R_5 безпосередньо впливає на часові витрати, потребу в робочій силі, рівень узгодження машин та механізмів, а також на організаційні рішення щодо паралельності та ритмічності технологічного потоку.

Фактор R_6 відображає не лише швидкість виконання технологічних операцій, але й рівень відповідальності, точності та якості, яких потребують ці операції. У процесі спорудження фундаментів та монтажу колон, особливо при роботі зі збірно-монолітними системами, темп робіт є обмежений вимогами точного дотримання геометрії, забезпечення нормативної міцності стиків та правильності взаємного розташування конструктивних елементів.

Висока відповідальність операцій (наприклад, монтаж колони у стакан з витримуванням проектних відміток, регулювання її вертикальності, фіксація до моменту замонолічування) накладає додаткові технологічні обмеження, які не дозволяють підвищувати продуктивність за рахунок простого збільшення темпу робіт. Тому R_6 впливає на трудомісткість не лінійно, а через необхідність дотримання встановлених будівельних допусків та технологічних регламентів.

Крім того, зростання відповідальності операцій вимагає участі кваліфікованих робітників, збільшення контролю з боку інженерно-технічного персоналу та використання додаткових вимірювальних приладів, що також впливає на загальні витрати часу та ресурсів. Таким чином, фактор R_6 визначає верхню межу допустимого прискорення технологічного процесу, а також ступінь його організаційної стійкості.

Фактор R_7 характеризує наявність та тривалість вимушених технологічних інтервалів, які передбачені нормативами або технологією виконання робіт: набором міцності бетону, технологічними паузами між укладанням шарів, часом на розпалубку тощо. У контексті фундаментів із монолітними елементами технологічні перерви є неминучими та суттєво впливають на логіку організації робіт. Однак, важливо підкреслити, що тривалість перерв R_7 , розрахована на одиницю фундаменту, не є прямим індикатором зниження темпів зведення будівлі. Це пояснюється тим, що під час правильної організації робіт за принципом потоковості технологічні перерви лише частково впливають на загальний календарний графік.

У потокових схемах будівництва виконання операцій на різних фронтах робіт відбувається зі зміщенням у часі: поки один фундамент перебуває у фазі витримування, на сусідніх ділянках можуть виконуватись інші процеси — підготовка котлованів, армування, бетонування або монтаж колон. Це дозволяє нівелювати частину перерв та зберігати загальний ритм будівництва, підвищуючи ефективність використання ресурсів та забезпечуючи рівномірне навантаження на робітників і техніку.

Вплив R_7 стає критично важливим саме при порівнянні різних типів фундаментів: конструкції з більшою часткою монолітних операцій зазвичай мають довші паузи, але у правильно організованих потоках ці паузи не призводять до затримок зведення каркасу. Тому R_7 оцінюється як фактор трудомісткості окремого фундаменту, але не як фактор стратегічного уповільнення будівництва в цілому.

Сукупний вплив факторів R_5 – R_7 має специфічний механізм впливу:

- R_5 визначає обсяг робіт і кількість ручних та механізованих операцій;
- R_6 накладає обмеження на допустимий темп робіт з урахуванням їх відповідальності;
- R_7 формує часові інтервали, але їхній негативний вплив компенсується потоковим методом організації будівництва.

У комплексі ці фактори дозволяють провести об'єктивне порівняння різних варіантів фундаментів і визначити оптимальне конструктивно-технологічне рішення з урахуванням продуктивності, організаційних вимог та темпу зведення каркасу будівлі.

Відповідно до розмірів фундаменту та конструкції підлог на рівні 0,000 м прийняті наступні розміри висоти фундаменту $h_f = 1,1$ м; 1,15 м; 1,2 м; 1,25 м; 1,3 м та відповідно глибину котловану $h_k = 1,3$ м; 1,35 м; 1,4 м; 1,45 м; 1,5 м.

На глибину закладання фундаменту (R_8) впливає глибина промерзання, яка вираховується відповідно до середньомісячних зимових температур, що

відрізняється залежно від регіону, то відповідно до даних, наведених в ДСТУ [109] максимальна глибина промерзання ґрунту в Україні становить близько 1,1 м.

Окрім значень навантажень, для розрахунку геометричних параметрів фундаменту потрібно мати дані характеристик ґрунту основи.

Зростання значення R_8 впливає на низку організаційних та виробничих параметрів:

Збільшення обсягів земляних робіт. Більша глибина закладання потребує розроблення більшого об'єму ґрунту, застосування потужніших екскаваторів, спеціальних засобів для укріплення стінок котлованів і більшої кількості операцій з формування підготовки під фундамент.

Ускладнення технології водовідведення та дренажу. Поглиблення котлованів збільшує ймовірність контакту з ґрунтовими водами, що вимагає застосування водопониження, дренажних систем або тимчасового відкачування води під час виконання робіт.

Підвищення вимог до основи фундаменту. На більших глибинах часто змінюється тип ґрунтів, зростає їх щільність, але водночас і потенційні ризики нерівномірного осідання при недостатній підготовці основи.

Зміна логістики та тривалості будівництва. Збільшення глибини котлованів впливає на часові витрати, потребує додаткових ресурсів і механізмів для транспортування ґрунту, а також впливає на умови роботи персоналу.

Зв'язок R_8 з іншими критеріями

Фактор R_8 взаємодіє з іншими параметрами оцінки ефективності конструктивно-технологічних рішень фундаментів:

- зі структурою фундаменту (R_3) — більша площа підшви може вимагати певного заглиблення для забезпечення рівномірного розподілу навантажень;
- з власною стійкістю фундаменту з колоною (R_4) — оптимальна глибина сприяє зменшенню ризиків перекидання чи горизонтальних зміщень;
- з кількістю операцій R_5 та тривалістю технологічних перерв R_7 — чим більша глибина, тим складніший технологічний цикл та більша кількість допоміжних дій.

Таким чином, R_8 не лише відображає природні умови будівництва, але й визначає комплекс організаційних та технічних рішень, що впливають на вибір оптимального варіанта фундаментів.

Для фундаменту неглибокого закладання ґрунт, ущільнений під вагою фундаменту, а також усадка самої конструкції є показником деформації. Неприпустимою є така стадія деформації, коли фундамент знаходиться в нестійкому положенні [29,102].

З конструктивної точки зору, для дослідження прийняті задовільні ґрунти. На більшій частині території України переважають піщані та глинисті ґрунти, а також їх підвиди – супіски та суглинки [30]. Для таких ґрунтів впливовим фактором вибору КТР фундаментів прийнятий стан ґрунту в котловані, який може бути сухим, вологим і мокрим. Фактор (R_9) – можливість виконання процесів в умовах котловану із наявними ґрунтовими водами. Фундаменти, що виконуються відповідно до КТР F_1 , F_2 , F_4 придатні до виконання у зазначених котлованах.

Фактор R_9 характеризує умови виконання робіт у котловані при наявності високого рівня ґрунтових вод (ГВ), що є одним із найбільш складних та ризикоутворюючих природних чинників під час влаштування фундаментів. Високий рівень ГВ визначає необхідність застосування спеціальних інженерно-технічних заходів, що впливають як на трудомісткість робіт, так і на вибір конструктивного рішення. У випадку залягання ґрунтових вод на глибині, меншій або співмірній із проектною відміткою дна котловану, процес розробки ґрунту значно ускладнюється.

Високий рівень ГВ вимагає застосування систем тимчасового або постійного водозниження, до яких належать такі засоби для відведення води, як голкофільтри, насоси з відкачування води, шпунтова огорожа для котловану. Застосування водозниження збільшує трудомісткість робіт, потребує додаткових витрат часу на монтаж та експлуатацію насосів, а також створює додаткове навантаження на технічний персонал, який контролює стабільність рівня води.

Наявність води безпосередньо впливає на властивості бетонної суміші та процес її набору міцності. Тому при високому рівні ГВ необхідно вживати додаткових заходів, спрямованих на захист бетонних конструкцій від впливу води та, як наслідок, подальших пошкоджень. До таких заходів віднесено: застосування бетонів підвищеної водонепроникності та влаштування додаткової гідроізоляції фундаментів;

Виконання робіт із влаштування залізобетонних конструкцій, в тому числі, стовпчастих фундаментів в котловані із підвищеним рівнем ґрунтових вод призводить до збільшення кількості технологічних операцій, пов'язаних із водовідведенням та контролем вологості та зменшенням швидкості робіт, оскільки виконання операцій у вологих ґрунтах є повільнішим та вимагає точного контролю.

Застосування водопонижуючого устаткування призводить до збільшення витрат на механізацію, оскільки необхідні насоси, комунікації, додаткова техніка, а також до зростання організаційних ризиків - підтоплення котловану, аварії стінок, зупинка робіт при виході систем водозниження з ладу.

Таким чином, R_9 є одним із найбільш впливових природно-технічних факторів, які прямо збільшують трудомісткість, вартість і складність влаштування фундаментів. При проєктуванні фундаменту неглибокого закладання відмітку підосви фундаменту варто закладати вище рівня ґрунтових вод. В іншому випадку, присутність води у котловані провокує складнощі як при зведенні фундаментної конструкції, так і під час її експлуатації [26, 36, 39, 44].

Розглядається група факторів (R_{10}), пов'язана із засобами механізації процесів розробки котлованів, монтажу збірних елементів та бетонування монолітних елементів фундаменту. Для більш важких елементів потрібні більш потужні крани, що підвищує вартість процесу. Трудомісткість влаштування монолітних частин фундаментів напряду залежить від методів вкладання бетонної суміші.

Конструктивне рішення встановлення і закріплення колон в стаканах фундаментів із замоноліченням стиків прийнято за основне рішення (рис.2.8);

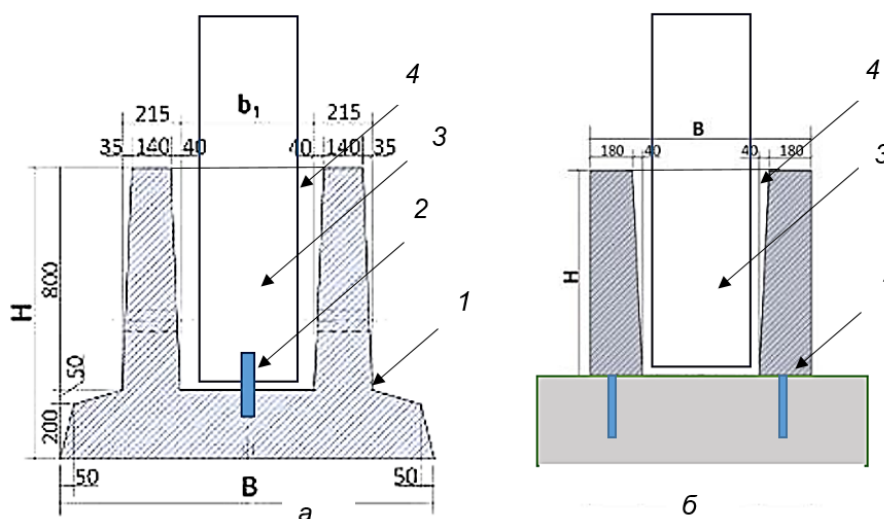


Рис. 2.8 Схема влаштування колони в стакані фундаменту:

а – стик колони з фундаментом для F_1 (збірний складений фундамент) та для F_2 (збірний суцільний фундамент);

б – стик колони з фундаментом для F_3 (збірний стакан, монолітна плита);

1 – фундамент; 2 – центрувальний штир; 3 – колона; 4 – зона бетонування

Бетонування за допомогою крана з баддею має перевагу, оскільки кран задіяний також при процесах монтажу збірних елементів. Використання автобетонозмішувача з лотком залежить від вільного доступу до котловану. Автобетононасос з розподільчою стрілою ефективний при значних обсягах бетонуваних конструкцій (більш 100 м³ бетону).

При застосуванні збірних стаканів з плитною частиною або збірного стакану з арматурними випусками колону монтують в стакан та замоноличують стик [74].

Основним недоліком КТР із використанням збірних стаканів є бетонування з'єднання та витримка бетону (технологічна перерва) 70% від R_{28} , що складає від 3-х днів і більше. Малий об'єм бетону в стиках (приблизно 0,15 м³ для одного з'єднання) потребує приготування бетонної суміші безпосередньо на будівельному майданчику, що може призводити до підвищення трудомісткості, а також невідповідності якості бетонної суміші відповідно проєктної.

Різниця температур в Україні коливається від +42°C (2010 р.) до -35.9°C (1987 р.), із помірними дощовими опадами при температурі, вище 0°C, та середнім

сніговим покривом ≤ 10 см. В середньому, тривалість періоду із від'ємними температурами становить 120-130 днів для північно-східних областей, 75-85 днів для південно-західних. Відповідно до зазначених особливостей заходи з організації будівельного процесу повинні враховувати вплив навколишнього середовища на процеси, що виконують на будівельному майданчику.

Влаштування стиків із використанням малого об'єму бетонування ускладнюється потребою прогріву конструкцій під час тверднення за умови температури навколишнього середовища $t \leq 5^{\circ} \text{C}$. Урахування від'ємних температур на предмет дослідження віднесено до додаткових факторів, оскільки їх вплив носить сезонний характер. Розглядається фактор впливу зимових умов (R_{11}) на влаштування фундаменту, на монтаж колон та влаштування монолітних стиків.

Фактор R_{11} характеризує комплекс технологічних, організаційних та природно-кліматичних обмежень, що виникають під час виконання робіт у зимовий період. Низькі температури, опади, замерзання ґрунту та зниження інтенсивності технологічних процесів суттєво впливають на якість, трудомісткість та тривалість влаштування фундаментів у каркасних будівлях. Фактор зимових умов є критичним у процесах, пов'язаних із бетонуванням, земляними роботами та монтажем збірних елементів, оскільки кожен із цих процесів має свої обмеження щодо допустимого температурного режиму. У випадку фундаментів зі стаканною частиною зимові умови збільшують термін досягнення нормативної міцності у стиках «колона–фундамент», що впливає на тривалість технологічних перерв (взаємодія з R_7). Розроблення котловану у зимових умовах відбувається повільніше, збільшується витрата енергоресурсів, а ризик порушення геометрії котловану через осипання відлигових ґрунтів також підвищується. Це впливає на збільшення кількості операцій (R_5) та загальну трудомісткість процесу.

Зимові умови включають не лише мороз, а й такі чинники навколишнього середовища, як снігові опади, що потребують регулярного очищення робочих зон, котлованів та монтажних осередків; ожеледь та низьку видимість, що ускладнює

роботу кранів і збільшує небезпеку монтажних операцій; вітрові навантаження, які обмежують можливість підйому великих збірних елементів, включно з колонами.

Це впливає на темп виконання відповідальних операцій (R_6), знижуючи допустиму швидкість та збільшуючи вимоги до техніки безпеки. Монтаж колон у стакани фундаментів у зимових умовах потребує додаткових заходів для видалення снігу, льоду, забезпечення чистоти дна стакану, а також виконання попереднього прогріву конструкції та арматурних випусків. Для конструкцій, де передбачено влаштування монолітних залізобетонних елементів тривалість технологічних перерв зростає, хоча у потоковому будівництві (як і у випадку з R_7) ці перерви можуть частково нівелюватися.

Одним із впливових факторів розглядають розміри простору для організації робочого місця виконавцям (R_{12}). Відповідно до варіантів КТР фундаментів влаштування монолітних плит потребують більшого простору.

При плануванні робіт із розробки котловану варто враховувати, що, залежно від виду ґрунту може змінюватись кількість ресурсів часу та праці, витрачених для влаштування конструкції фундаментів [110].

Вартість доставки будівельних матеріалів та конструкцій на об'єкт залежить від КТР фундаментів. Фактор транспортних витрат (R_{13}) впливає на вартість процесу і в меншій мірі на трудомісткість. Відповідно, тривалості процесів у циклі зведення каркасів будівель, процеси транспортування, завантаження і розвантаження виконують паралельно з основними, тому вони не враховані.

За результатами проведеного аналізу було встановлено, що на вибір КТР фундаментів впливає наявність виробничої бази виготовлення збірних елементів фундаментів (виробництв ЗБК) – фактор (R_{14}).

Таким чином, всі розглянуті фактори зведені в систему (табл. 2.1). Ключовими при виборі КТР прийняті критерії: трудомісткість, тривалість, вартість, а також можливість застосування певного рішення.

Таблиця 2.1

Система факторів, що впливають на трудомісткість, тривалість та на вартість процесу влаштування фундаментів та на монтаж колон

Позн.	Найменування:	Характер впливу на основні критерії:		
		Трудоміст- кість, Q_i	Трива- лість, T_i	Вартість, C_i
R_1	кількість фундаментів і колон	+	+	+
R_2	Кількість захваток		+	
R_3	площа підшви фундаменту	+	+	+
R_4	власна стійкість фундаменту з колоною	+	+	
R_5	кількість операцій (дій) в процесі	+	+	
R_6	темп та відповідальність виконання дій	+	+	
R_7	кількість та тривалість технологічних перерв	+	+	
R_8	глибина закладання фундаменту	+		
R_9	котлован з високим рівнем ґрунтових вод	+	+	
R_{10}	засоби механізації процесів		+	+
R_{11}	вплив температури середовища на процес	+	+	+
R_{12}	розміри робочого місця виконавців	+		
R_{13}	транспортні витрати			+
R_{14}	наявність виробничої бази			+

На підставі розроблених методик та обраних методів дослідження, проведено експертну оцінку впливовості чинників на основні параметри технологічного процесу, що дозволило з сукупності 14 факторів для подальшого дослідження обрати найбільш впливові, а саме $R_6 - R_{12}$.

2.3 Відбір факторів, які впливають на формування раціональних КТР

Вибір конструктивно-технологічного варіанту фундаментів для каркасних будівель визначається комплексним впливом техніко-економічних та організаційно-технологічних критеріїв, які формують кінцеву ефективність будівельного процесу. Кожен із критеріїв має власний цільовий вплив, однак реальна результативність проявляється лише у поєднанні їхньої взаємодії, коли зміна одного параметра спричиняє відповідну реакцію інших. Такий системний

підхід дозволяє об'єктивно оцінити продуктивність фундаментів, їхню адаптивність до умов будівництва та стабільність отримуваних показників.

Процеси влаштування стовпчастих фундаментів стаканного типу та монтажу колон представлено складною системою, на яку впливає велика кількість управляючих, контролюючих і зовнішніх факторів. Ступінь впливу цих факторів на трудомісткість та тривалість процесу неоднакова, тому на етапі попереднього вивчення технологічного процесу необхідно використати всю інформацію, для того, щоб врахувати як можна більшу кількість факторів.

Для цього скористалися формальними методами рангової кореляції, а саме методом експертного опитування [128]. Для проведення експертного опитування було запрошено дванадцять експертів фахівців з проблем влаштування фундаментів, виконання монтажних робіт та з проблем загальної теорії технологічних процесів у будівництві.

Кожному експерту було запропоновано заповнити анкету, яка складена по формі табл. 2.2. До анкети включено операційне визначення фактору, для того, щоб спеціалісти однозначно трактували кожний фактор. Анкети заповнювалися експертами самостійно і незалежно від здобувача. Додатково експертам надавалася таблиця 2.1 з характером впливу факторів на трудомісткість, тривалість та вартість.

Представлена інформація про те, яким чином і з якою точністю вимірюється кожний фактор, яке його абсолютне значення і, у якому інтервалі змінюються значення факторів.

Результати опитування наведені в табл. 2.3. Таблиця заповнювалася цифрами, які відповідають місцю відведеному даному фактору. Далі оцінювалася погодженість поглядів усіх експертів. Така оцінка здійснюється за допомогою так званого коефіцієнта конкордації, який підраховується згідно формули:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (K^3 - K)} = 0,046 \quad (2.1)$$

де S – сума квадратів відхилення суми рангів від середньої величини;

m – кількість спеціалістів, що спитувались. У нашому випадку $m=12$;

K – кількість факторів, які включені до аналізу. У нашому випадку $K=14$.

Таблиця 2.2

Анкета рангів для експертного опитування спеціалістів (Експерт 1)

Позн.	Найменування:	Розмірність	Інтервал	Ранг
			змін	
R_1	кількість фундаментів і колон	шт	20-120	10
R_2	кількість захваток	шт	2 – 4	13
R_3	площа підоснови фундаменту	м ²	2,25 – 5,76	5
R_4	власна стійкість фундаменту з колоною		Так/ні	8
R_5	кількість операцій (дій) в процесі	шт	4 – 16	3
R_6	темп та відповідальність виконання дій		низька/висока	2
R_7	кількість та тривалість технологічних перерв	шт/дн	0 – 4/1 – 9	1
R_8	глибина закладання фундаменту	м	1,1 – 1,5	14
R_9	котлован з високим рівнем ґрунтових вод		сухий/мокрый	12
R_{10}	засоби механізації процесів		потужні/ні	9
R_{11}	вплив температури середовища на процес	°C	-20 – +30	4
R_{12}	розміри робочого місця виконавців		вільні/обмежені	11
R_{13}	транспортні витрати		низькі/високі	6
R_{14}	наявність виробничої бази		є потреба/ні	7

Для обробки результатів розраховано суму по кожному з експертів та загальну суму по всіх експертах. Знаходилося різниця між сумою рангів кожного фактора і середньою сумою рангів:

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} - D, \quad (2.2)$$

де

$$D = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k a_{ij} / k, \quad (2.3)$$

де k – число факторів, включених до анкети

Сума квадратів відхилень S знаходилась за формулою:

$$S = \sum_{i=1}^m \Delta_i^2. \quad (2.4)$$

Оцінку вагомості коефіцієнтів конкордації виконують за χ^2 – критерієм, який розраховується за формулою:

$$\chi^2 = m(k - 1)W = 12(14 - 1)0,046 = 7,176 \quad (2.5)$$

для 95% рівня значущості при ступеню свободи $f = k - 1 = 13$ для табличного значення $\chi^2 = 5,6$ погодження спеціалістів задовільне.

Таблиця 2.3

Матриця рангів

Ri	Експерти												Σa_i
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
R1	10	6	9	13	4	4	3	14	13	5	2	4	87
R2	13	8	6	2	14	14	6	8	11	6	6	6	100
R3	5	7	4	10	6	5	13	12	14	4	14	10	104
R4	8	3	7	4	7	8	7	3	4	7	3	8	69
R5	3	2	8	1	3	3	1	7	5	1	1	3	38
R6	2	1	1	5	2	2	9	2	6	9	5	2	46
R7	1	4	2	6	1	1	2	4	7	2	7	1	38
R8	14	11	10	14	8	7	11	11	9	11	8	7	121
R9	12	9	14	12	10	12	14	9	8	14	9	12	135
R10	9	5	5	11	11	9	5	5	10	3	10	14	97
R11	4	14	13	7	12	10	4	6	2	13	4	5	94
R12	11	12	3	8	13	11	10	1	12	10	13	11	115
R13	6	10	11	3	5	6	8	10	2	8	12	14	95
R14	7	13	12	9	9	13	12	13	1	12	11	9	121

Середню апіорну діаграму рангів представлено на рис. 2.9.

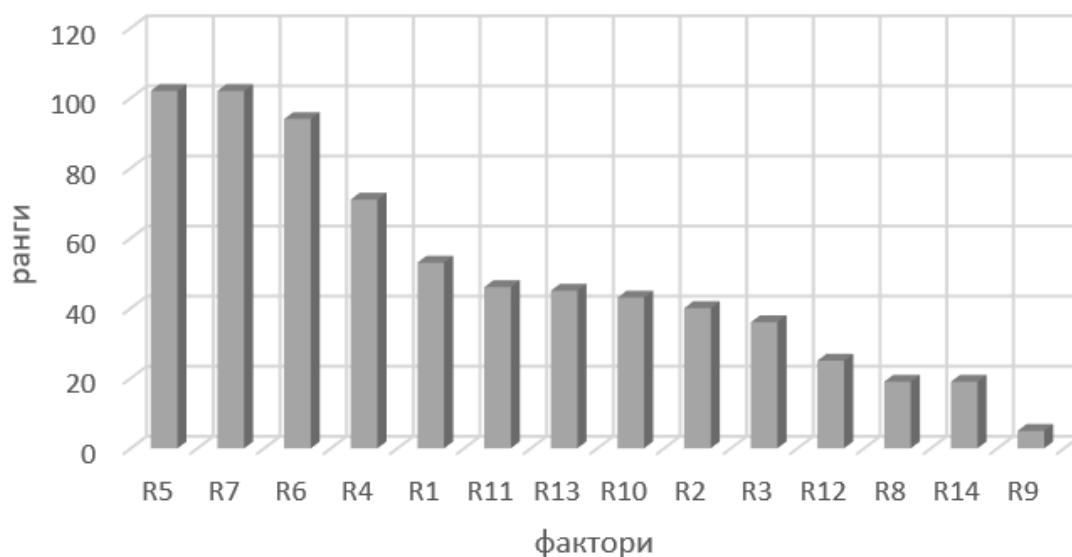


Рис. 2.9 Розподіл вагомості факторів на апіорній діаграмі рангів

За результатами експертного аналізу суттєвий вплив на основні критерії КТР фундаментів маєть фактори:

R_5 – кількість операцій (дій) в процесі;

R_7 – кількість та тривалість технологічних перерв;

R_6 – темп та відповідальність виконання дій;

R_4 – власна стійкість фундаменту з колоною;

R_1 – кількість фундаментів і колон;

R_{11} – вплив температури середовища на процес;

R_{13} – транспортні витрати.

Ішні фактори такі, як $R_2, R_3, R_8, R_9, R_{10}, R_{12}, R_{14}$ в дослідженні трудомісткості і продуктивності процесів влаштування фундаментів не розглядаються, але ж можуть бути враховані при розробці методики вибору КТР фундаментів.

Кількість фундаментів і кількість колон (R_1) та кількість захваток R_2 чинять вплив на прийняття організаційно-технологічного рішення (ОТР), скоріше, на організацію технологічних потоків, тому цей фактор планується розглядати при побудові моделей ОТР.

Остаточню, для відбору моделей КТР фундаментів, які створюють конкурентну спроможність новому КТР, заплановано дослідження за факторами:

R_5 – кількість операцій (дій) в процесі - конструктивна складність визначає кількість елементів, необхідних для формування фундаменту, тип їхнього монтажу, точність стикування та вимоги до обладнання. Варіанти, що містять значну кількість деталей, накладають підвищені вимоги до геометричної точності, монтажних механізмів та логістики. У свою чергу конструктивно складні рішення впливають на технологічну реалізованість: будь-яке ускладнення конструкції збільшує тривалість монтажних операцій, підвищує ризик помилок і залежність від кваліфікації персоналу.

Прості монолітні або збірно-монолітні варіанти демонструють вищу адаптивність, адже конструктивна зрозумілість дозволяє оптимізувати операції, скоротити ручні маніпуляції та знизити рівень технологічних простоїв. Таким

чином, конструктивна складність прямо корелює з організаційними ризиками та непрямо впливає на продуктивність монтажу.

R_7 – кількість та тривалість технологічних перерв. Трудомісткість відображає кількість людино-годин, необхідних для виконання всіх операцій, і є критичним критерієм для оцінки загальної ефективності варіанта фундаменту. У разі застосування КТР, що передбачають використання збірних конструкцій на трудомісткість впливають підготовчі процеси та точне позиціонування елементів при виконанні монтажних процесів. Для конструктивних елементів, виконаних у монолітний спосіб основним фактором, що впливає на трудомісткість, є підготовка бетонної суміші, армування та контроль тверднення, а також процеси із установки та демонтажу опалубки.

Взаємодія трудомісткості з конструктивною складністю проявляється через пропорційне зростання витрат робочого часу зі збільшенням кількості операцій.

R_6 – темп та відповідальність виконання дій - часові витрати охоплюють не лише тривалість монтажних операцій, але й перерви між процесами, очікування обладнання, логістичні інтервали та технологічні перерви, що призначені для витримки бетонної суміші до набуття міцності, необхідної для подальшого виконання процесів із монтажу або інших видів влаштування конструкцій. У монолітних фундаментах значну частку займає саме технологічна перерва, тоді як застосування збірних залізобетонних елементів передбачає узгодження при виконанні проєктних робіт та підвищеної швидкості доставки в поєднанні з точністю координування процесів проєктування, логістики та виробництва.

Взаємодія між тривалістю циклу та трудомісткістю проявляється у тому, що складні трудові операції збільшують часові інтервали, а додаткові очікування ще більше знижують продуктивність. Найефективніші рішення — це ті, де монтажні та логістичні операції збалансовано поєднані, а технологічний цикл не містить залежних від зовнішніх факторів зупинок.

R_{11} – вплив температури середовища на процес. Температурні умови, зволоженість ґрунтів, можливість осінньо-зимового виконання робіт і вітрові

навантаження мають значний вплив на технологічний режим влаштування фундаментів. Монолітні рішення залежать від температури повітря, швидкості тверднення бетону та необхідності додаткових заходів із догляду. Збірні конструкції у цьому контексті є більш незалежними, однак влаштування стиків збірних залізобетонних елементів передбачає використання бетонних сумішей, що потребують дотримання технологічних перерв для набуття достатньої міцності (зазвичай, цей показник складає 75% від проєктної міцності бетону).

Взаємодія між критеріями проявляється тим, що складна конструкція при несприятливих умовах призводить до ще більшої варіативності продуктивності, тоді як технологічно спрощені варіанти забезпечують стабільність незалежно від сезонності. Для варіантів типу F_4 це означає мінімізацію впливу зовнішніх факторів, що підвищує прогнозованість термінів.

R_{13} – транспортні витрати. Логістична складність включає доставку збірних елементів, їхнє розміщення на майданчику, доступність техніки та можливість роботи в обмежених умовах. Рішення, що потребують великогабаритних деталей, створюють додаткове навантаження на транспортні та складські ресурси.

Взаємодія логістики з конструктивною складністю є закономірною: що більше елементів і що складніші їхні параметри, то більше логістичних операцій необхідно виконати. Якщо логістика не забезпечена належним чином, це збільшує загальні часові втрати та знижує темп виконання робіт.

Фактор R_4 - власна стійкість фундаменту і колони залежить від КТР фундаменту, а саме, від розмірів плитної частини фундаменту R_3 .

Зазначений фактор потребує додаткового аналізу, оскільки використання КТР F_4 передбачає виконання робіт із влаштування монолітного стакану з подальшим монтажем елементів каркасу у відкритому котловані. За умови недостатньої стійкості колони і фундаменту взаємодія останніх із вітровими навантаженнями або навантаженням від удару ригеля, що монтується, може призвести до перекидання конструкції.

Потребує окремого дослідження з конструктивної точки зору, тому при дослідженні трудомісткості і продуктивності ці фактори можуть накладати змінність у вигляді коефіцієнтів.

2.4 Дослідження стійкості фундаменту і колони від перекидання

Основна мета дослідження стійкості фундаменту і колони від перекидання – обмеження меж фактору R_3 (площа підшви фундаменту), оскільки невідповідність власної стійкості потребує процесів зворотної засипки та ущільнення ґрунту. Впливовим фактором на стійкість є розмір підшви фундаменту, за яким зафіксований шарнір моменту перекидання і моменту утримання (рис. 2.10).

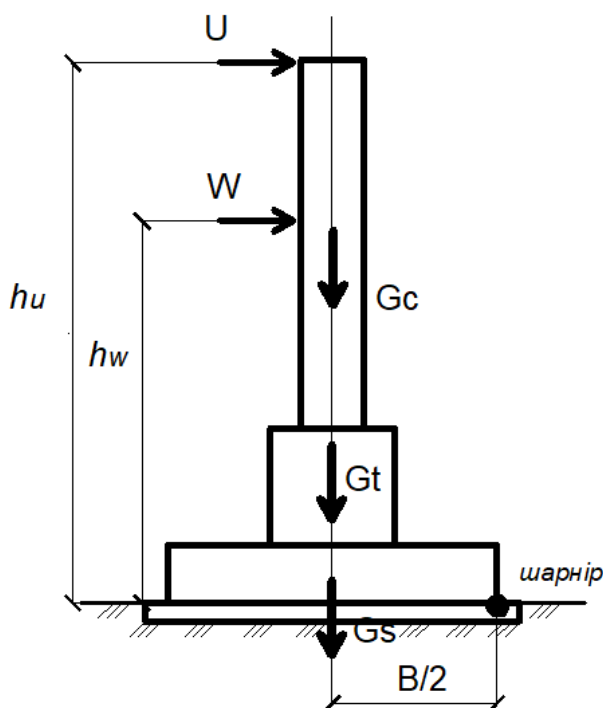


Рис. 2.10 Розрахункова схема для визначення умов перекидання конструкції

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження прийнято за ДБН В.1.2-2:2006 навантаження і впливи [28] – $W_m = 95 \dots 100 \text{ кг/м}^2$

Для дотримання стійкості колони і фундаменту від дії вітрового навантаження повинна виконуватись умова:

$$M_{yf} > M_y \quad (2.5)$$

Відповідно до нормативних вимог з безпеки ведення робіт застосовують таке співвідношення між моментом перекидання і моментом утримання монтованої конструкції (у даному випадку - колони та фундаменту) [28]:

$$M_g \geq 1.4 M_r, \quad (2.6)$$

де M_g – момент сил, які втримують конструкцію від перекидання;

M_r – момент сил, які впливають на перекидання конструкції.

На процес перекидання конструкцій впливає кілька причин: положення шарніра перекидання, положення центру ваги конструкції відносно шарніру, положення рівнодіючої сили вітру відносно шарніру перекидання та умовна сила удару підвішеної на крані конструкції, яка монтується на колону.

Відповідно перекидний момент визначається за формулою:

$$M_r = W * h_w + U * h_U, \quad (2.7)$$

де W – рівнодіюча сила розподіленого по поверхні встановленої конструкції вітрового тиску;

h_w – плече рівнодіючої сили тиску вітру щодо шарніра перекидання.

Моделювання ситуації передбачає комбінацію навантажень. Якщо W приймається за нормами максимального вітрового тиску, то силу U не враховують. Врахування сили U і сили W одночасно тільки при обмеженні сили вітру за причинами обмеження максимальної швидкості вітру 10 м/с, що забороняє виконувати монтаж конструкцій [118].

Момент утримання конструкцій залежить від маси конструкцій і плеча до шарніру перекидання:

$$M_g = (G_c + G_t + G_s) * B/2, \quad (2.8)$$

де G_c – маса колони;

G_t – маса стаканної частини фундаменту разом з масою бетону стика;

G_s – маса плитної частини фундаменту.

Дослідження стійкості колони з фундаментом від дії вітрового навантаження передбачає використання нормативних значень, а саме граничне вітрове навантаження (W_0), характерне для Київської області, що складає 400 Па або 40 кг/м². Вітрове розподілене навантаження на поверхню колони (W_m), складає 96 кг/м². Зосереджене навантаження W залежить від параметрів колони – а саме, ширини бічної поверхні та висоти:

$$W = W_m * h_c * b_c \quad (2.9)$$

Де h_c – висота колони (м), b_c – ширина колони (м).

Для розрахунку стійкості прийнято фундаментні плити розміром 1,2 х 1,2 м; 1,5 х 1,5 м; 2,0 х 2,0 м; 2,4 х 2,4 м.

Колони прийнято висотою 6,0 м, 10,8 м, 12 м, 15 м перерізом 0,4 х 0,4 м.

Таблиця 2.4

Значення утримуючого моменту для колон за висотою

M_y	Висота колони, м			
	6	10,8	12	15
Значення розрахункового утримуючого моменту M_y	1,21	3,92	4,84	7,56

Фактичний утримуючий момент визначено для комбінації розмірів фундаментів та колон:

Таблиця 2.5

Значення фактичного утримуючого моменту

M_{yf}	Висота колон, м			
Ширина плити фундаменту, м	6	10,8	12	15
1,2 х 1,2	1,69	2,44	5,48	6,83

1,5 x 1,5	3,43	5,08	7,67	9,08
2,0 x 2,0	6,10	10,95	12,20	5,70
2,4 x 2,4	9,17	15,25	17,88	20,13

При порівнянні значень моментів M_{yf} та M_y в таблицях 2.4 і 2.5 визначено, що фундаментна плита шириною 1,2 x 1,2 м не задовільняє умови для стійкості конструкцій. Фундаментна плита розміром від 1,5 м є задовільною для дотримання умов стійкості при вітровому навантаженні, застосованому до конструкції колони в умовах «відкритого» котловану.

Дослідження стійкості колон з фундаментами у випадку удару балкою передбачає поділ на наступні стадії процесів:

- 1) колона із фундаментом, закріплена кондуктором у стані до зворотної засипки пазух фундаментів без навантаження від можливого удару при монтажі балок;
- 2) колона із фундаментом, закріплена кондуктором у стані до зворотної засипки пазух фундаментів із навантаженням від можливого удару при монтажі балок;
- 3) колона із фундаментом, закріплена кондуктором і забетонованим стаканом у стані до зворотної засипки пазух фундаментів без навантаження від можливого удару при монтажі балок;
- 4) колона із фундаментом, закріплена кондуктором і забетонованим стаканом у стані до зворотної засипки пазух фундаментів із навантаженням від можливого удару при монтажі балок;

Для розрахунку сили удару по колоні розглядається ситуація, при якій допускається можливий удар балки покриття у підвішеному на крані положенні по колоні. Удар можливий при повороті крану зі швидкістю руху балки 2 м/с. Вага балки до 20000 кг. Сила удару прикладена до верху колони.

$$U = mv/t = 20000 * 0,2/1 = 400 \text{ кгс}, \quad (2.9)$$

де m – маса вантажу, 20000 кг;

v – швидкість руху, 0,2 м/с;

t – час удару, 1 с

Сила удару прийнята на рівні 400 кгс.

Таблиця 2.6

Значення утримуючого моменту M_g

M_g	Ширина фундаментної плити, м			
Висота колони, м	1,5	1,6	1,8	2,1
12	7,97	8,51	10,68	14,00
10	6,59	7,27	8,79	11,49
8	5,42	6,00	7,29	9,57

Значення перекидного моменту Mr_1 за стадією процесу 1 - (колона без навантажень) та перекидного моменту Mr_2 за стадією процесу 2 – (перекидний момент з ударом) надано в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Значення утримуючого моменту для колон за висотою

Значення розрахункового утримуючого моменту M_y	Висота колони, м		
	8	10	12
Mr_1	2,91	4,34	6,05
Mr_2	5,57	6,89	8,26

Дослідження проводились для колон висотою 12 м, 10 м, 8 м та із розмірами перерізу 0,6 м x 0,4 м; 0,5 м x 0,5 м; 0,4 м x 0,4 м.

Розглядалися наступні розміри підшви фундаменту 1,5 м x 1,5 м; 1,6 м x 1,6 м; 1,8 м x 1,8 м; 2,1 м x 2,1 м.

За стадією 1 власна стійкість конструкцій забезпечена при всіх варіантах.

За стадією 2 у випадках для розмірів підшви фундаменту 1,5 м x 1,5 м стійкість не забезпечена.

При організації процесу із влаштуванням монолітного стакану до монтажу (стадії 3 і 4) балок покриття маса стакану додає до утримуючого моменту, що може забезпечити стійкість колон при розмірах фундаментів 1,5 м x 1,5 м.

Отже, умова стійкості виконується для колон в поєднанні з фундаментною плитою в межах 1,5 x 1,5 м ... 2,4 x 2,4 м. Таким чином, забезпечується можливість монтажу решти елементів каркасу без виконання зворотної засипки котловану.

За результатами дослідження власної стійкості фундаментів та колон, в залежності від розмірів підшви фундаментів, знайдено принципові відмінності, які суттєво впливають на структуру комплексного процесу відповідно до черговості виконання зворотної засипки та ущільнення пазух фундаментів.

Дослідження показали, що при влаштуванні монолітного стакану із застосуванням кондуктора-опалубки, стійкість конструкції колони та фундаменту забезпечена для фундаментних плит, що мають розміри в ширину від 1,5 м.

2.5 Відбір моделей КТР фундаментів, близьких за показниками до нового варіанту

За новий варіант прийнято КТР F_4 – улаштування стовпчастих фундаментів каркасних будівель з монтажем колон для формування монолітних стаканів.

Базовими варіантами КТР фундаментів на підставі попереднього аналізу (див. 1.1) можуть бути F_1 , F_2 , F_3 , F_5 . Проведення дослідження одразу по всім базовим варіантам дуже трудомісткий процес, пов'язаний з великою кількістю розрахунків. Тому прийняте рішення провести додаткове експертне опитування за методом розміщення пріоритетів [128].

Використана методика розміщення пріоритетів дозволяє по чергово виявити з варіантів, що розглядаються, найменш ефективні, таким чином, спрощуючи вибір найбільш технологічного рішення.

Метод розташування пріоритетів служить для багатокритеріального якісного аналізу на основі експертизи варіантів побудови об'єктів. Аналіз передбачає попарно зіставлення об'єктів за принципом "краще", "гірше", "рівно" з використанням спеціального алгоритму обробки отриманих даних.

Для вирішення багатокритеріальних завдань використовується метод, заснований на ідеї виявлення переваг одночасно з дослідженням допустимої множини дій для пошуку ефективних рішень.

Спочатку визначається кількість варіантів F_i , що порівнюються.

На другому етапі визначаються критерії відбору варіантних рішень F_i у вигляді відібраних факторів R_j .

Далі складаються матриці порівняння варіантів по j -му критерію. По парам порівнюються всі варіанти за принципом: «краще - знак 3», «рівно - знак 0», «гірше - знак 1». Виконується побудова матриці суміжності a_{ij} по j -му критерію.

Матриці суміжності варіантів фундаментів по факторам формуються відповідно до критеріїв тудомісткості та продуктивності процесів влаштування.

Наприклад, по фактору R_5 для варіантів КТР (F_1, F_2, F_3, F_4, F_5) матриця суміжності буде виглядати таким чином (табл. 2.8).

Таблиця 2.8

Матриця суміжності КТР фундаментів за фактором R_5

	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	B_j	P_{ab}	P_{ar}
F_1	2	3	3	3	3	14	142	0,291
F_2	1	2	3	3	3	12	116	0,238
F_3	1	1	2	3	3	10	94	0,193
F_4	1	1	1	2	3	8	76	0,156
F_5	1	1	1	1	2	6	60	0,123
R_5 – кількість операцій (дій) процесу						Σ	488	1,000

Відповідно до результатів табл. 2.8 за кількістю операцій в процесі влаштування фундаментів, варіант КТР F_1 має мінімальну кількість операцій. На другому місці варіант збірного складеного фундаменту F_2 .

Кількість та тривалість технологічних перерв R_7 пов'язані з темпами набору міцності бетоном монолітних частин фундаментів. Варіанти F_1, F_2 мають лише по

одній перерві, тривалість якої залежить від набору бетоном стика колон з фундаментами міцності не менш за 70% від проєктної (28 денної при нормальних умовах витримки – температура +18-20 °С та вологість не менш 60%).

Варіант F_3 має три технологічні перерви – відповідно до витримки бетону підготовки (не менш 50%), монолітної плити (не менш 70%) та стика колон з фундаментами (70%). Відповідно, матриця суміжності КТР фундаментів за фактором R_7 представлена в табл. 2.9.

Таблиця 2.9

Матриця суміжності КТР фундаментів за фактором R_7

	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	B_j	P_{ab}	P_{ar}
F_1	2	2	3	1	3	11	100	0,214
F_2	2	2	3	1	3	11	100	0,214
F_3	1	1	2	1	3	8	70	0,150
F_4	3	3	3	2	3	14	136	0,291
F_5	1	1	1	1	2	6	62	0,132
R_7 – кількість технологічних перерв						Σ	468	1,000

Відповідно до результатів табл. 2.9 за кількістю та тривалістю технологічних операцій процесу влаштування фундаментів, варіант F_4 має значну перевагу. На другому і третьому місцях розташовані варіанти збірного суцільного F_1 та збірного складеного фундаменту F_2 .

Темп та відповідальність виконання дій R_6 пов'язані з визначення норм витрат праці та норм часу. Темп залежить від швидкості руху виконавців, а відповідальність від контрольованих дій. Матриця суміжності КТР фундаментів за фактором R_6 представлена в табл. 2.10.

Відповідно до результатів табл. 2.10 за темпом і відповідальністю операцій процесу влаштування фундаментів, варіант F_4 має значну перевагу. На другому і

третьому місцях розташовані варіанти збірної суцільної F_1 та збірно-монолітного фундаменту F_3 .

Таблиця 2.10

Матриця суміжності КТР фундаментів за фактором R_6

	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	B_j	P_{ab}	Par
F_1	2	1	3	1	3	10	78	0,170
F_2	3	2	3	1	3	12	112	0,245
F_3	1	1	2	2	3	9	84	0,183
F_4	3	3	2	2	3	13	128	0,279
F_5	1	1	1	1	2	6	56	0,122
R_6 – темп та відповідальність виконання						Σ	458	

Транспортні витрати пов'язані з вартістю доставки елементів фундаментів. Збірні елементи потребують більших витрат на доставку, завантаження, розвантаження, складування. Матриця суміжності КТР фундаментів за фактором R_{10} представлена в табл. 2.11.

Таблиця 2.11

Матриця суміжності КТР фундаментів за фактором R_{10}

	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	B_j	P_{ab}	Par
F_1	2	2	1	1	1	7	64	0,137
F_2	2	2	1	1	1	7	64	0,137
F_3	3	3	2	2	1	11	101	0,216
F_4	3	3	2	2	2	12	114	0,244
F_5	3	3	3	2	2	13	125	0,267
R_{10} – транспортні витрати						Σ	468	

Відповідно до результатів табл. 2.11 за витратами на транспортні процеси варіант F_5 має перевагу. На другому і третьому місцях розташовані новий варіант F_4 та варіант збірно-монолітного фундаменту F_3 .

Вплив температури середовища (реального оточення) на влаштування фундаментів з монолітними частинами негативний по відношенню до збільшення витрат праці та до термінів технологічних перерв. Експертам пропонувалося (див. табл. 2.2) розглянути змінність трудомісткості і тривалості процесів влаштування в межах температур від $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Планувати експеримент з таким діапазоном змін дуже важко, тому прийнято врахувати показники тривалості перерв за температури середовища $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$, що є достатнім для отримання характеру залежності трудомісткості та тривалості процесів.

Матриця суміжності КТР фундаментів за фактором R_{11} (вплив температури середовища на процес) представлена в табл. 2.12.

Таблиця 2.12

Матриця суміжності КТР фундаментів за фактором R_{11}

	$F1$	$F2$	$F3$	$F4$	$F5$	B_j	P_{ab}	P_{ar}
$F1$	2	2	3	1	3	11	100	0,218
$F2$	2	2	3	1	3	11	100	0,218
$F3$	1	1	2	1	3	8	70	0,153
$F4$	3	3	3	2	3	14	136	0,297
$F5$	1	1	1	1	2	6	52	0,114
R_{11} вплив температури середовища						Σ	458	1,000

Відповідно до результатів табл. 2.12 найменший вплив температури середовища на тривалість і трудомісткістю властиво варіанту F_4 . На другому і третьому місцях розташовані новий варіанти F_1 та варіант F_2 . Результати комплексного оцінювання варіантів фундаментів за факторами надані на рис. 2.10.

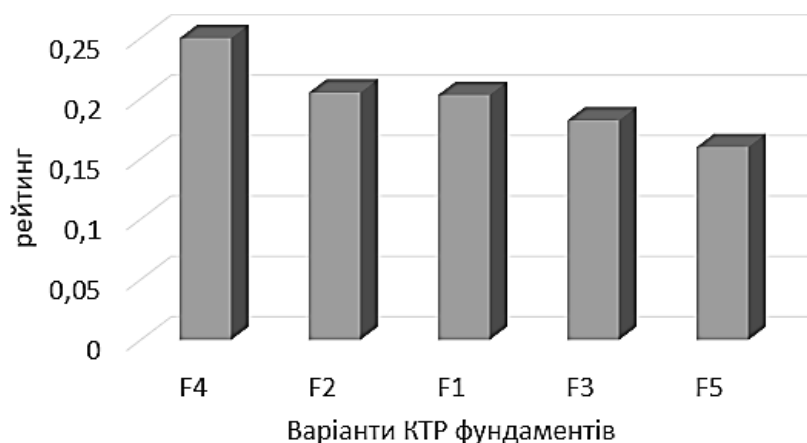


Рис. 2.10 Результати рангової оцінки варіантів фундаментів за факторами

Аналіз діаграми показав, що до подальшого дослідження доцільно залишити варіанти:

- F_4 – збірно-монолітний фундамент з монолітним стаканом та збірною плитою;
- F_2 – збірний складений фундамент (варіант F_1 за рейтингом практично однаковий, тому відбраний варіант з більшим попитом у будівництві);
- F_3 – збірно-монолітний фундамент зі збірним стаканом та монолітною плитою.

Висновки до другого розділу

1. Для досягнення мети дослідження, на підставі намічених завдань розроблено методику дослідження та обрані методи дослідження. Відповідно до другого етапу методики виявлені та систематизовані фактори, що впливають на вибір КТР фундаментів, до складу яких включено 14 факторів: конструктивних параметрів каркасних будівель і фундаментів; структурних складових технологічних процесів та умов реального оточення.

2. За методом експертного оцінювання впливу факторів на трудомісткість та тривалість влаштування фундаментів виконаний відбір факторів для подальшого дослідження, до яких включені фактори: кількість операцій (дій) в процесі; кількість та тривалість технологічних перерв; темп та відповідальність виконання дій; вплив температури середовища на процес та транспортні витрати.

3. Доведено, що власна стійкість фундаменту і колони залежить від розмірів плитної частини фундаменту, що у свою чергу, може впливати на структуру процесу у вигляді появи в структурі робіт зворотної засипки та ущільнення ґрунту. За результатами дослідження умов перекидання встановлена межа між структурами технологічних процесів на рівні розмірів плитної частини фундаментів в плані не менш 1,8 м та висотою колон до 12 м.

4. За методикою розміщення пріоритетів за чинниками, що були відібрані за результатами експертного оцінювання, відібрані моделі конструктивно-технічних рішень фундаментів, близьких за показниками до нового варіанту, а саме: F2 – збірний складений фундамент; F3 – збірно-монолітний фундамент зі збірним стаканом та монолітною плитою; F4 – збірно-монолітний фундамент з монолітним стаканом та збірною плитою.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРУДОМІСТКОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ВЛАШТУВАННЯ СТОВПЧАСТИХ ФУНДАМЕНТІВ

3.1 Виявлення структур будівельних процесів за варіантами КТР фундаментів

За результатами попередніх досліджень для дослідження були відібрані моделі конструктивно-технологічних рішень фундаментів: $F2$ – збірний складений фундамент; $F3$ – збірно-монолітний фундамент зі збірним стаканом та монолітною плитою; $F4$ – збірно-монолітний фундамент з монолітним стаканом та збірною плитою.

З метою пошуку, обґрунтування та удосконалення технологічного рішення влаштування стовпчастих фундаментів, яке б відповідало мінімальній трудомісткості та максимальній продуктивності процесу зведення каркасних будівель, було проаналізовано структуру будівельного процесу.

За основу для аналізу структур процесів влаштування стовпчастих фундаментів $F2$, $F3$, $F4$ обрано концепцію проф. Г.М. Тонкачєєва [17], за якою розглядається чотирирівнева структура в залежності від типу продукції процесу (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Структура процесу монтажу збірного каркасу будівлі

Основним технологічним потоком даного дослідження є улаштування фундаментів. Технологічний потік «влаштування фундаментів» для всіх варіантів пов'язаний з потоком влаштування котлованів, який передує та відноситься до земляних робіт. Влаштування котлованів – процес, що по варіантах КТР фундаментів має однакову структуру: розробка окремих котлованів під кожний фундамент гідравлічними екскаваторами, як правило, зі зворотною лопатою з відсипкою ґрунту у відвал або з завантаженням в самоскиди; підчистка дна котлованів вручну шаром завтовшки до 0,1 м.

На трудомісткість влаштування стовпчастих фундаментів за обраними варіантами принципово розробка котлованів не впливає і рішення по розробці котлованів може розглядатися однаково, але ж виключати при порівнянні варіантів цей процес не варто, оскільки при визначенні продуктивності процесу у потоковому режимі суміжні процеси здійснюють вплив на основні.

До суміжних процесів влаштування фундаментів також включені роботи зі зворотної засипки та ущільнення ґрунту пазух фундаментів, які виконують після гідроізоляції фундаментів.

Процес влаштування фундаментів за варіантом *F4* передбачає монтаж колон до повного завершення фундаменту, оскільки колони приймають участь у формуванні монолітних стаканів фундаментів. Тому, у структурі процесу по всіх варіантах повинен бути присутній процес монтажу колон. З іншого боку, кондуктор-опалубка для монтажу колон за варіантом *F4* дозволяє надійно утримувати колону при монтажі ригелів і плит перекриттів, що не пов'язує монтажні процеси з влаштуванням монолітних стаканів. Отже, в структурі процесу по всіх варіантах повинні влучатися процеси монтажу ригелів і плит перекриття.

Технологічні перерви, які виникають у варіантах *F2* і *F3* для очікування набору бетоном достатньої міцності, щоб продовжувати монтаж ригелів і плит складають 5...8 днів, і за тривалістю порівняні з монтажем ригелів і плит перекриття першого ярусу каркасів. Першим ярусом вважається висота колон першого поверху.

Відповідно до рекомендацій по монтажу каркасних будівель [104] стійкість каркасу повинна бути забезпечена утворенням просторово стійкого блоку за розмірами захватки для варіанта *F4* (комплексний метод монтажу горизонтальним або вертикальним потоком) та за розмірами секції будівлі для варіантів *F2* і *F3* (розділений метод монтажу переважно горизонтальним потоком).

Для потокового методу організації процесів влаштування фундаментів за варіантами *F2* та монтажу першого ярусу каркасу будівлі прийнято розглядати такі процеси в одному циклі (фундамент та колона) технологічного потоку (рис. 3.2):

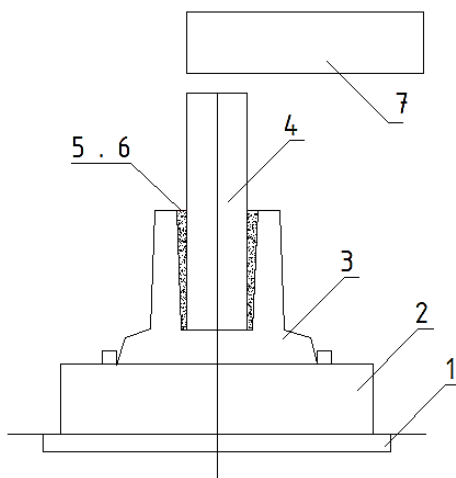


Рис. 3.2. Структура процесів технологічного потоку за варіантом *F2*:

1 – 7 – технологічні потоки за послідовністю виконання

Структура технологічного потоку *F2*:

- 1) влаштування шару підготовки під плити фундаментів із щебню;
- 2) монтаж фундаментаї плити;
- 3) монтаж стакану фундаменту;
- 4) монтаж колони першого ярусу;
- 5) бетонування стику колони з фундаментом;
- 6) технологічна перерва на догляд за бетоном до міцності 75% від R_{28} ;
- 7) монтаж ригелів та плит поверхів першого ярусу каркасу.

Для потокового методу організації процесів влаштування фундаментів за варіантами *F3* та монтажу першого ярусу каркасу будівлі розглядати такі процеси в одному циклі (фундамент та колона) технологічного потоку (рис. 3.3):

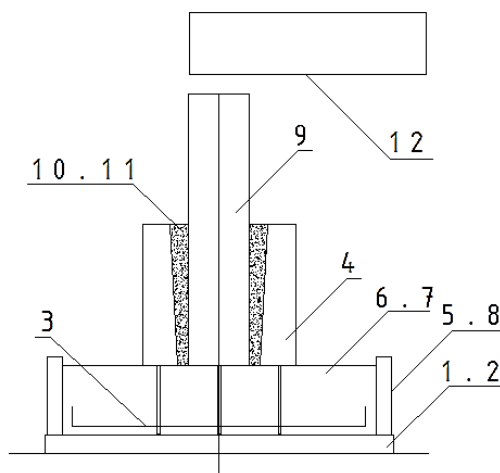


Рис. 3.3. Структура процесів технологічного потоку за варіантом *F3*:

1 – 12 – технологічні потоки за послідовністю виконання

Структура технологічного потоку *F3*:

- 1) влаштування шару бетонної підготовки під фундамент;
- 2) технологічна перерва на догляд за бетоном до міцності 50% від R_{28} ;
- 3) армування плити фундаменту;
- 4) монтаж стакану фундаменту;
- 5) монтаж опалубки плити фундаменту;
- 6) бетонування плити фундаменту;
- 7) технологічна перерва на догляд за бетоном до міцності 75% від R_{28} ;
- 8) розбирання опалубки;
- 9) монтаж колони першого ярусу;
- 10) бетонування стику колони з фундаментом;
- 11) технологічна перерва на догляд за бетоном до міцності 75% від R_{28} ;
- 12) монтаж ригелів та плит поверхів першого ярусу каркасу.

Характерною відмінністю процесу за варіантом *F4* є те, що складові структури процесу повиготовленню монолітного стакану виконуються паралельно з монтажем каркасу будівлі на інших захватках, що надає варіанту *F4* суттєві переваги по тривалості та продуктивності над варіантами *F2* і *F3*.

Для потокового методу організації процесів влаштування фундаментів за варіантами *F4* та монтажу першого ярусу каркасу будівлі розглядалися такі процеси в одному циклі (фундамент та колона) технологічного потоку (рис. 3.4):

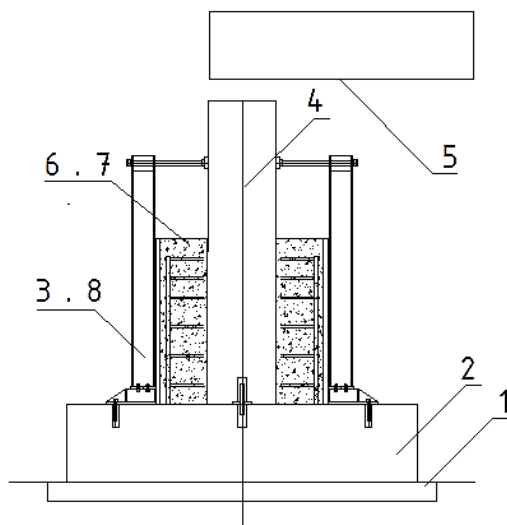


Рис. 3.4. Структура процесів технологічного потоку за варіантом *F4*:

1 – 7 – технологічні потоки за послідовністю виконання

Структура технологічного потоку *F4*:

- 1) влаштування шару підготовки під плити фундаментів із щебню;
- 2) монтаж фундаментної плити;
- 3) монтаж кондуктора-опалубки;
- 4) монтаж колон першого ярусу;
- 5) монтаж ригелів та плит поверхів першого ярусу каркасу;
- 6) бетонування стакану фундаменту;
- 7) технологічна перерва на догляд за бетоном до міцності 75% від R_{28} ;
- 8) демонтаж кондуктора опалубки.

Стосовно трудомісткості процесу прийнято припущення, що трудомісткість процесів по варіанту *F4* може перевищувати трудомісткість процесів по варіантах *F2* і *F3* не більш 10%. Для підтвердження висунутих гіпотез проведені дослідження трудомісткості та продуктивності процесів.

3.2. Дослідження витрат праці та тривалості виконання структурних елементів процесів по варіантах КТР фундаментів

Для оцінювання трудомісткості технологічних процесів та операцій існують норми витрат праці, які для процесів влаштування стовпчастих фундаментів і монтажу конструкцій малоповерхових будівель наведені в та ЄНіР зб. 4 вип. 1 [89]. Земляні роботи поміщені в ЄНіР зб. 2 вип. 1 [135] Транспортні роботи оцінюються за ЄНіР 1 [134]. Користуватися Єдиними нормами і розцінками (ЄНіР) для розробки технологій можна, але це не завжди ефективно, оскільки збірники ЄНіР є дуже застарілими.

Оскільки для процесу розробки котлованів екскаваторами мало що змінилося, лише екскаватори технічно стали більш зручними в експлуатації і відповідно трошки більш продуктивними. Для сучасних гідравлічних екскаваторів зменшується час на обслуговування, що збільшує продуктивність роботи [135].

Для багатьох визначених процесів з урахуванням рівня розвитку техніки і технологій можлива адаптація норм ЄНіР до сучасного рівня, наприклад, шляхом зниження норм витрат праці на 15%...20%. При порівнянні варіантів КТР фундаментів для процесів, які є загальними і не змінними для всіх варіантів, така приблизна адаптація норм суттєво не вплине на результати ефективності.

Складові структури (процеси), які є змінними, наприклад, для варіанту *F3* передбачається підготовка під плиту фундаменту з шару бетону класу С10/15 завтовшки 0,1 м...0,12 м, а для варіантів *F2* та *F4* підготовка виконується зі щебеню, ущільненого в ґрунт. Для чистоти експерименту повинна бути одна методика визначення витрат праці.

З відомих методик визначення витрат праці була прийнята методика проф. Тонкачєєва Г.М. [17], яка використовує принцип цілочислового нормування операцій, комплексів дій і дій. Публікації [90 – 95, 129 - 132] з розкриттям прикладів нормування підтверджують придатність методики для вибору КТР.

Суть методики полягає у наступній концепції.

Інноваційний метод нормування, розроблений на кафедрі БТ (будівельних технологій) КНУБА під керівництвом проф. Тонкачєєва Г.М. [17], авторами якого також є Шандра О.Г., Молодід О.С., Тонкачєєв В.Г. передбачає використання основ мікроелементного нормування.

Нова система нормування у будівництві створена шляхом перенесення норм витрат часу на четвертий рівень структури будівельних процесів, де спостерігається досить постійний склад елементів процесу, що містить приблизно одні й ті самі операції, комплекси дій і дії [17].

Якщо розкласти процес на сукупність операцій, операції на дії, а потім дії вимірювати цілими хвилинами залежно від складності та відповідальності цих дій, можна визначити сумарний час виконання комплексу дій за формулою [17]:

$$T_w = N_i \cdot H_h, \quad (3.1)$$

де T_w – час на виконання комплексу дій, хв.;

N_i – кількість однойменних дій у i -му комплексі;

H_h – норма часу відповідно до складності та відповідальності дій, виражений числами, починаючи від 0,5 хвилин до 8 хвилин з градацією по 0,5 хвилин.

Трудомісткість комплексу дій визначається за кількістю виконавців:

$$Q_{wi} = T_{wi} \cdot N_{wi}, \quad (3.2)$$

де N_{wi} – потрібна кількість виконавців дії, люд;

Норма витрат праці на весь процес (сума комплексів дій) розраховується за формулою:

$$H_{hw} = 0,0167 \cdot (\sum_1^n Q_{wi}) \cdot \frac{K_r}{V_o}, \quad (3.3)$$

де K_r – коефіцієнт, що враховує потреби на вільний час та власні потреби виконавців процесу, витрати часу на підготовчі та завершальні дії, а також

на можливі технологічні перерви. Приймається в межах 1,15...1,25 в залежності від важкості праці і від складу обладнання і інструменту;

V_o – обсяг продукції за прийнятою одиницею виміру для якої виконується нормування.

"0,0167" – коефіцієнт переведення люд-хв у люд-год.

Для зручності розрахунків пропонується наступна форма (матриця), яка представлена у вигляді Excel таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Форма-матриця для розрахунку норм витрат праці [17]

Найменування комплексу дій	Кількість дій N_i за нормою часу H_h хв									T_{wi} , хв	N_{wi} , люд	Q_{wi} , люд-хв
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8			
W_1												
-//-												
W_n												
Норма витрат праці: $H_{hw} =$												$\sum_1^n Q_{wi}$

Отже для структурних складових процесів, які є змінними, визначення витрат праці виконувалось за наведеною вище методикою. Для її використання відповідні процеси розчленувалися на операції, а операції на дії. Визначалася складність і відповідальність виконання операцій, встановлювалися норми часу на кожну дію. Визначалися витрати праці на комплекси дій (операцій), знаходилися норми витрат праці на певний обсяг робіт відповідно до одиниць виміру цих робіт.

Для моделювання технологічних потоків зведення каркасів були визначені матриці розрахунку норм витрат праці (НВП) та норм часу (НЧ). Загальна сукупність матриць для дослідження наведена в табл. 3.2.

По кожній матриці проведені дослідження впливу відібраних факторів на трудомісткість та продуктивність процесів. Фактор R_5 – кількість операцій (дій) в процесі безпосередньо впливає на трудомісткість процесу (див. формулу (3.1)). Фактор R_7 – кількість та тривалість технологічних перерв впливає на загальну трудомісткість та тривалість технологічних потоків. Цей фактор проявляє себе при моделюванні загальних мережевих моделей процесу зведення каркасів будівель.

Фактор R_6 – темп та відповідальність виконання дій впливає на трудомісткість технологічних операцій через встановлення коефіцієнту K_r (коефіцієнт, що враховує потреби на вільний час та власні потреби виконавців процесу, витрати часу на підготовчі та завершальні дії (див. формулу (3.3)). Фактор R_{11} – температура середовища впливає на трудомісткість та тривалість процесів бетонування елементів фундаментів та на процес догляду за бетоном. Для моделювання загального процесу температура повітря задавалася даними 10, 15, 20, та 25°C.

Таблиця 3.2

Перелік матриць для визначення норм витрат праці та норм часу на виконання складових технологічних потоків по варіантах КТР фундаментів

Шифр матриці	Назва процесу (поток)	КТР
НВП 1	Влаштування шару щебенкової підготовки під фундамент	$F2, F4 \text{ const}$
НВП 2	Влаштування шару бетонної підготовки під фундамент	$F3$
НВП 3	Монтаж фундаментної плити	$F2, F4 \text{ var}$
НВП 4	Монтаж стакану фундаменту	$F2, F3 \text{ var}$
НВП 5	Монтаж колони	$F2, F3, F4 \text{ var}$
НВП 6	Монтаж ригеля	$F2, F3, F4 \text{ const}$
НВП 7	Монтаж плити перекриття	$F2, F3, F4 \text{ const}$
НВП 8	Бетонування стику колони з фундаментом	$F2, F3 \text{ const}$
НВП 9	Догляд за бетоном до міцності 75% від R_{28} ;	$F2, F3, F4 \text{ const}$
НВП 10	Догляд за бетоном до міцності 50% від R_{28} ;	$F3$
НВП 11	Армування плити фундаменту	$F3$
НВП 12	Монтаж опалубки плити фундаменту	$F3$
НВП 13	Демонтаж опалубки плити фундаменту	$F3$
НВП 14	Бетонування плити фундаменту	$F3$
НВП 15	Бетонування стакану фундаменту	$F4$
НВП 16	Монтаж кондуктора-опалубки	$F4$
НВП 17	Демонтаж кондуктора-опалубки	$F4$

Фактор R_{13} (транспортні витрати) безпосередньо в циклі технологічних потоків не враховується, а лише впливає на вартість процесу, тому у дослідженнях трудомісткості і продуктивності не задіяний.

Для побудови матриць процесу розкладалися на операції (O_{ij}) та комплекси дій (W_j). Так для побудови матриці НВП-1 процес влаштування шару щебеневної підготовки під фундамент розкладено на операції: $O_{1.1}$ – засипка щебеню на дно котловану; $O_{1.2}$ – розрівнювання шару щебеню контрольованої товщини; $O_{1.3}$ – ущільнення щебеню в ґрунт механізованою трамбівкою; $O_{1.4}$ – контроль якості. Відповідно до структури процесу створювалася матриця розрахунку трудомісткості процесу (P_1) (табл. 3.3). Для визначення трудомісткості прийнята фундаментна плита середніх розмірів (1,8 м х 1,8 м), для якої площа шару підготовки завтовшки 10 см становила 4,0 м².

Таблиця 3.3

Матриця НВП-1 розрахунку норм витрат праці на виконання процесу P_1 – влаштування шару щебеневної підготовки під фундамент

Найменування операцій та комплексу дій	Кількість дій N_i за нормою часу H_h хв									T_{wi} , хв	N_{wi} , люд	Q_{wi} , люд-хв
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{1.1}$					1					4	2	8
$O_{1.2}$			1							2	2	4
$O_{1.3}$									1	8	1	8
$O_{1.4}$			1							2	1	2
Норма витрат праці: $H_{hw} = 0,0167 \cdot 22 \cdot 1,2/4 = 0,11$ люд-год/м ²												22

Отже норма витрат праці на влаштування 1 м² щебеневної підготовки становитиме $H_{hw}^{P1} = 0,11$ люд-год/м²

Для побудови матриці НВП-2 процес влаштування шару бетонної підготовки під фундамент розкладено на операції: $O_{2.1}$ – вкладання і закріплення опалубки підготовки; $O_{2.2}$ – вкладання поліетиленової плівки; $O_{2.3}$ – вкладання бетонної суміші безпосередньо з автобетонозмішувача; $O_{2.4}$ – розрівнювання бетону; $O_{2.5}$ –

ущільнення бетону вібратором; $O_{2.6}$ – контроль якості; $O_{2.7}$ – вкриття відкритої поверхні бетону плівкою.

Зняття плівки та розбирання опалубки виносяться в окремий процес, оскільки в процесі з'являється перерва на догляд за бетоном. Для монтажу важкого стакану фундаменту (до 1,5 т) міцність бетону підготовки повинна бути не менш 50% від проектної двадцяти восьмиденної міцності R_{28} в нормальних умовах ($+20^{\circ}\text{C}$ та вологості не менш 60%). Плівку і щити опалубки дозволяється знімати при міцності бетону не менш 1,5 МПа. Тобто, зняття плівки та розбирання опалубки підготовки може бути виділено в окремий технологічний потік.

Відповідно до структури процесу створювалася матриця розрахунку трудомісткості процесу (P_2) (табл. 3.4). Для визначення трудомісткості прийнята фундаментна плита середніх розмірів (1,8 м х 1,8 м), для якої площа шару підготовки завтовшки 10 см становила також 4,0 м².

Таблиця 3.4

Матриця НВП-2 розрахунку норм витрат праці на виконання процесу P_2 – влаштування шару бетонної підготовки під фундамент

Найменування операцій та комплексу дій	Кількість дій N_i за нормою часу H_h хв									T_{wi} , хв	N_{wi} , люд	Q_{wi} , люд-хв
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{2.1}$			4							8	2	16
$O_{2.2}$			1							2	2	4
$O_{2.3}$			1							2	1	2
$O_{2.4}$			1							2	1	2
$O_{2.5}$			1							2	1	2
$O_{2.6}$		1								1	1	1
$O_{2.7}$		1								1	2	2
Норма витрат праці: $H_{hw} = 0,0167 \cdot 29 \cdot 1,2/4 = 0,145$ люд-год/м ²												29

Отже норма витрат праці на влаштування 1 м² бетонної підготовки становитиме $H_{hw}^{P2} = 0,145$ люд-год/м²

Для побудови матриці НВП-8 процес бетонування стику колони з фундаментом розкладено на операції: $O_{8.1}$ – приготування бетонної суміші в

бетонозмішувачі місткістю 50 літрів (прийнято з об'єму порожнини стику); $O_{8.2}$ – вкладання бетонної суміші вручну; $O_{8.3}$ – ущільнення бетону голковим глибинним вібратором; $O_{8.4}$ – контроль якості.

Оскільки при монтажі колони в стакан фундаменту тимчасове закріплення колони відбувається за допомогою п'яти або шести інвентарних клинів, порожнини від клинів бетонують після набору бетоном стику міцності не менш 75% від R_{28} . Процес бетонування порожнин після витягування клинів винесено за межі циклу.

Відповідно до структури процесу створювалася матриця розрахунку трудомісткості процесу (P_8) (табл. 3.5). Для визначення норми витрат праці прийнята одиниця виміру – один стик.

Таблиця 3.5

Матриця НВП-8 розрахунку норм витрат праці на виконання процесу P_8 – бетонування стику колони з фундаментом

Найменування операцій та комплексу дій	Кількість дій N_i за нормою часу H_h хв									T_{wi} , хв	N_{wi} , люд	Q_{wi} , люд-хв
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{8.1}$									1	8	2	16
$O_{8.2}$				1						3	2	6
$O_{8.3}$		1								1	1	1
$O_{8.4}$		1								1	1	1
Норма витрат праці: $H_{hw} = 0,0167 \cdot 24 \cdot 1,2/1 = 0,48$ люд-год/стик												24

Отже норма витрат праці на бетонування стику колони з фундаментом становитиме $H_{hw}^{P8} = 0,48$ люд-год/стик.

Структура матриці НВП-16 (монтаж кондуктора-опалубки) та матриці НВП-17 (демонтаж кондуктора-опалубки) залежить від конструкції пристрою (рис. 3.5) та від кількості збиральних вузлів та елементів пристрою (табл. 3.6).

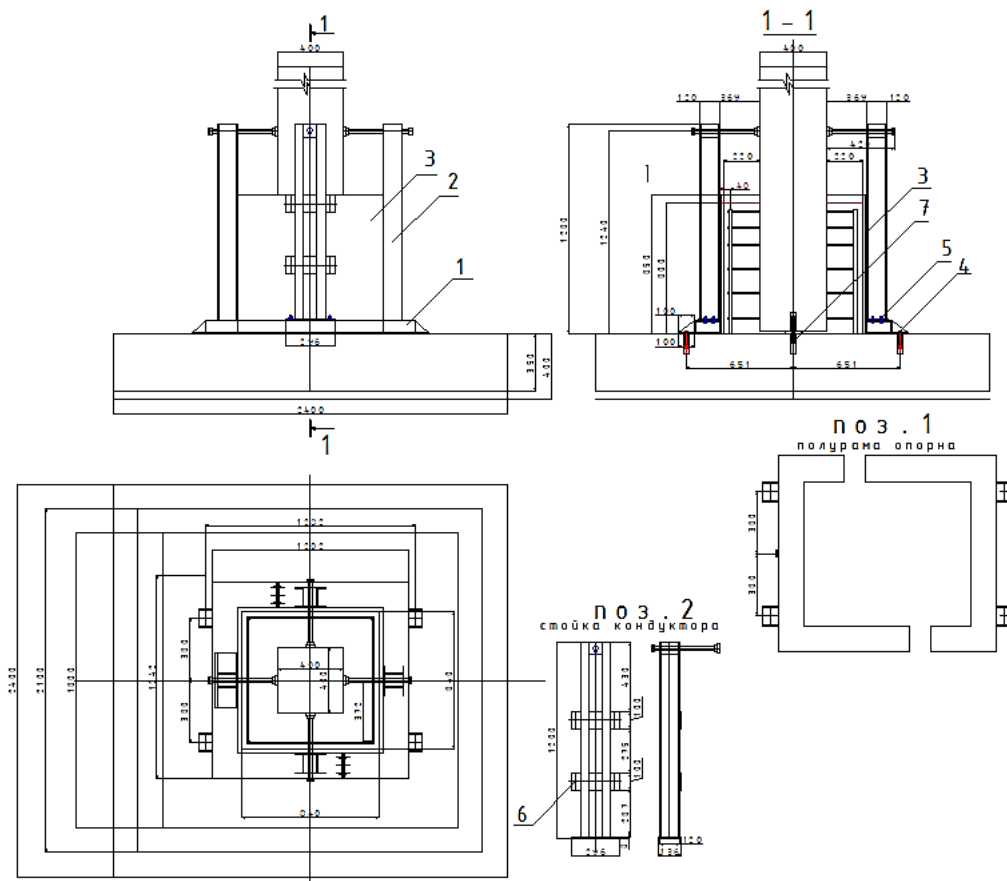


Рис. 3.5. Креслення пристрою кондуктора-опалубки:

- 1 – напіврама опорна;
- 2 – стійка кондуктора;
- 3 – щит опалубки;
- 4 – анкер механічний;
- 5 – болтове кріплення стійок до рам;
- 6 – болтове кріплення щитів до стійок;
- 7 – центрувальний штир;
- 8 – болтові кріплення напіврам

Кондуктор-опалубка збирається з двох Г- подібних половин, які, в свою чергу, збираються в майстерні. Демонтаж кондукторів здійснюється розбиранням на дві Г-подібні половини. Вага однієї частки загальної збірки становить 110 кг.

Структура матриці НВП-16 (монтаж кондуктора-опалубки) складається з наступних операцій: $O_{16.1}$ – подавання Г-подібних частин кондуктора краном на фундаментну плиту; $O_{16.2}$ – встановлення Г-подібних частин кондуктора та їх

об'єднання в жорсткий блок; $O_{16.3}$ – закріплення кондуктора до плити механічними анкерами; $O_{16.4}$ – змащення робочих поверхонь щитів опалубки суспензією; $O_{16.5}$ – встановлення штиря, перевірка працездатності пристрою та контроль якості.

Таблиця 3.6

Специфікація елементів кондуктора-опалубки

Поз.	Найменування	Кількість	Вага, кг	
			одиниці	збірки
1	Напіврама опорна	2	32	64*
2	Стійка кондуктора	4	30	120*
3	Щит опалубки	4	6	24*
4	Анкер механічний	4	0,5	2
5	Болти кріплення стійки	16	0,25	4*
6	Болти кріплення щитів	16	0,15	2,4*
7	Штир центрувальний	1	1	1
8	Болти кріплення рам	16	0,15	2,4
Загальна вага кондуктора-опалубки				218,8 кг

- позначені елементи, що входять до збірки Г-подібної частки

Відповідно до структури процесу створювалася матриця розрахунку трудомісткості процесу монтажу кондуктора-опалубки (P_{16}) (табл. 3.7). Для визначення норми витрат праці прийнята одиниця виміру – один фундамент.

Між трудомісткістю процесу і тривалістю прямої залежності може не існувати за причиною потреби різної кількості робітників на різних операціях. Для приведення співвідношення до прямої залежності визначається так званий коефіцієнт відповідності K_{pe} . Практично операції $O_{16.2}$, $O_{16.3}$, $O_{16.4}$, $O_{16.5}$ у частині дій закріплення кондуктора до плити, встановлення штиря, з'єднання Г-подібних частин у жорсткий блок можуть виконуватися паралельно із суміщенням 30%. На цій підставі тривалість процесу P_{16} становитиме:

$$T_w^{p16} = (16+8+6+6+6)*0,0167*1,2 = 0,84 \text{ год.}$$

Коефіцієнт відповідності становитиме:

$$K_{pe} = (16+12+8+8+8)*0,0167*1,2/0,84 = 1,24$$

Таблиця 3.7

Матриця НВП-16 розрахунку норм витрат праці на виконання процесу P_{16} –
монтаж кондуктора-опалубки

Найменування операцій та комплексу дій	Кількість дій N_i за нормою часу H_h хв									T_{wi} , хв	N_{wi} , люди	Q_{wi} , люди-хв
		1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{16.1}$									2	16	4	64
$O_{16.2}$							2			12	4	48
$O_{16.3}$			4							8	3	16
$O_{16.4}$			4							8	2	16
$O_{16.5}$					2					8	2	16
Норма витрат праці: $H_{hw} = 0,0167 \cdot 160 \cdot 1,2/1 = 3,28$ люди-год/конд.												160

Аналогічним шляхом були проаналізовані процеси $P_3 - P_7$ та $P_{11} - P_{15}$, для яких побудовані матриці НВП-3 – НВП -7 та НВП-11 – НВП -15 (Додаток Б), проведено аналіз структури технологічних процесів, визначено їх основні елементи та складові операції. Це дозволило формалізувати послідовність виконання робіт, виявити взаємозв'язки між окремими етапами та забезпечити більш глибоке розуміння логіки їх організації. Наукова новизна отриманих результатів полягає у системному підході до структурування процесів, що створює підґрунтя для їх подальшого моделювання та оптимізації.

3.3 Моделювання технологічних потоків за варіантами КТР фундаментів

Визначення витрат праці та тривалості усіх операцій відбувається за методикою цілочислового нормування [90 – 95, 129 - 132], яка передбачає поділ кожної операції за рівнем складності та відповідальності. Тривалість операції, а також кількість робітників визначають тривалість та трудомісткість процесу.

Норма витрат праці H_{hw} для кожного процесу визначається сумою тривалості робіт з урахуванням запасу 15% на потреби у перерві. Коефіцієнт відповідності K_{hw} використовується для визначення терміну виконання робіт. У додатку В наведено дані нормування операцій, за винятком земляних робіт та робіт із монтажу ригеля та монтажу плит перекриття.

Оскільки технологічний процес влаштування стовпчастих фундаментів у загальному технологічному потоці зведення каркасної будівлі пов'язаний з процесами монтажу конструкцій каркасу (в першу чергу колон), то ці процеси теж розглядатимуться сумісно з влаштуванням фундаментів. Процеси із монтажу ригелів та плит перекриття для двох ярусів будівлі також включено до переліку робіт, оскільки ці процеси слідує після монтажу колон та технологічної перерви, якщо вона передбачена. Земляні роботи виключено із переліку робіт, оскільки для вибраних КТР не передбачено виконання засипки пазух котловану у вигляді обов'язкової роботи, без якої неможливе виконання наступних робіт.

Для порівняння показників трудомісткості та продуктивності зведення каркасної будівлі із застосуванням визначених КТР для влаштування фундаментів змодельовано виконання робіт для будівлі із 3, 4, та 5 ділянками робіт, кожна з яких має 8, 10 та 12 фундаментів. Моделювання процесів влаштування стовпчастих фундаментів виконується на прикладі формалізованої схеми споруди (рис. 2.6). Умови навколишнього середовища, а саме температура повітря, має вплив на тривалість технологічної перерви, тому моделювання виконано за температури повітря $+25^{\circ}\text{C}$, $+20^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$.

Термін тривалості технологічних перерв залежно від температури навколишнього середовища наведено в таблиці 3.9:

Таблиця 3.8

Тривалість набору міцності бетону залежно від температурних умов навколишнього середовища, днів

t°, C	% міцності від R_{28}		
	25	50	75
10	2	4	14
15	2	4	9
20	1	3	7
25	1	2	5

Для моделювання графіків виконання робіт використовуються дані з попередньо визначеними витратами праці та дані з ЄНіР.

У таблиці 3.8 визначено витрати праці для фундаменту за КТР F_2 :

Таблиця 3.9

Калькуляція витрат праці для влаштування фундаменту за КТР F_2

Назва операції	Позначення матриці	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Норма затрат праці, люд-год	Затрати праці на обсяг, люд-год	Склад ланки
Влаштування шару щебеневої підготовки	НВП-1	м ²	40	0,11	4,4	Робітники – 3 Машиніст – 1
Монтаж збірної плити фундаменту	НВП-3	елемент	10	3,07	30,7	
Монтаж стакану фундаменту	НВП-4	елемент	10	2,54	25,4	
Монтаж колони	НВП-5	елемент	10	3,84	38,4	
Замонолічення стику колони	НВП-8	елемент	10	0,48	4,8	
Технологічна перерва та догляд за бетоном	НВП-9	день	5			
Монтаж ригелю	НВП-6	елемент	10	2,52	25,2	
Монтаж плит перекриття	НВП-7	елемент	50	0,78	39	

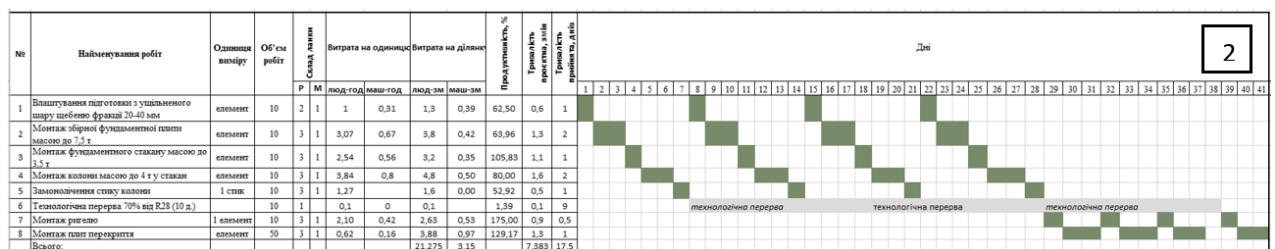
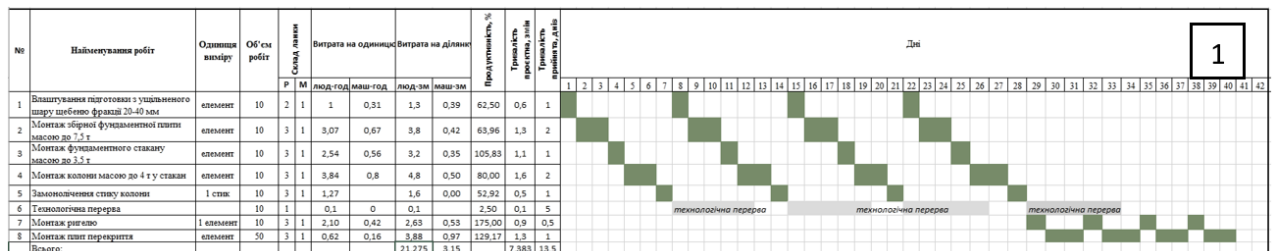


Рис. 3.6. Графіки виконання робіт із зведення каркасу будівлі із застосуванням КТР F_2 влаштування фундаментів, за температури навколишнього середовища: (1) +25°C; (2) +10°C.

Виконання робіт із зведення каркасу відбувається потоково, ділянка за ділянкою. Технологічна перерва, яка необхідна для набору міцності для бетону у стику колони до 75% від проектної, тривалістю від 5 до 10 днів, залежно від

температури, нівелюється за рахунок виконання робіт на решті ділянок. Зведені дані із тривалості виконання робіт та продуктивності наведено у таблиці 3.11.

Влаштування фундаменту за КТР F_3 передбачає виконання процесів із застосуванням монолітного бетонування конструкцій, що призводить до збільшення кількості операцій та кількості технологічних перерв. Особливістю виконання КТР F_3 є використання збірного стакану з арматурними випусками, що установлюється до початку бетонування плити. Оскільки для даного КТР використовується монолітна фундаментна плита, то підготовка під фундамент теж повинна бути бетонною, для запобігання просочування вологи від бетону плити фундаменту. Три операції, де виконуються роботи із влаштування монолітних конструкцій, спричиняють три технологічні перерви, зокрема після влаштування бетонної підготовки технологічна перерва в межах 2...4 дні, для досягнення бетоном міцності 50% від R_{28} ; для робіт із влаштування плити фундаменту та замонолічення стика колони технологічна перерва для тверднення бетонної суміші складає 5...9 днів, для досягнення 75% міцності від R_{28} .

Розрахунок витрат праці для влаштування фундаменту за КТР F_3 наведено в таблиці 3.10:

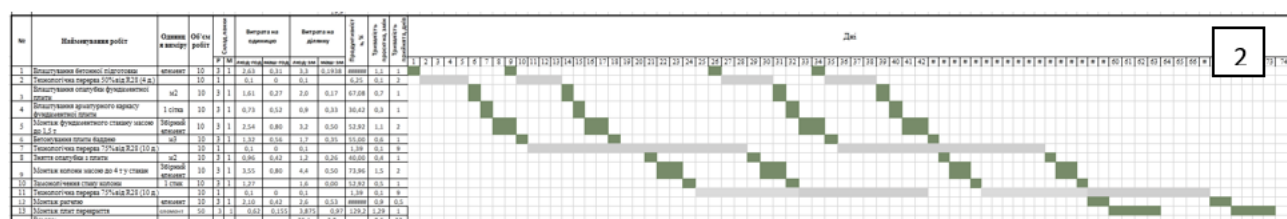
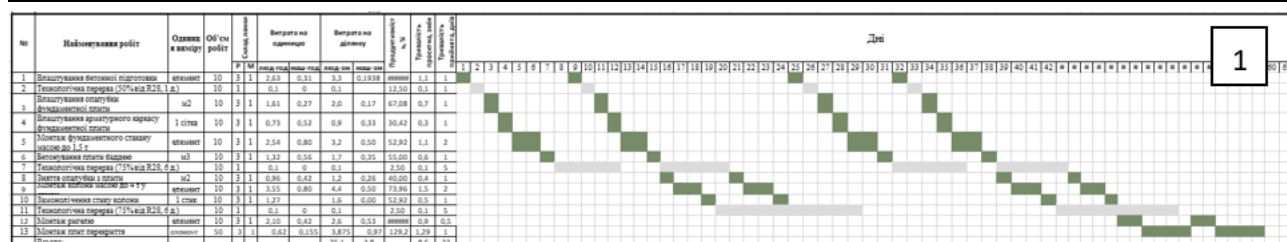
Оскільки для КТР F_3 присутні процеси із влаштування монолітних бетонних конструкцій, Визначено, що основним недоліком варіанту F_3 , порівнюючи з іншими варіантами, є наявність робіт з влаштування монолітних конструкцій, що збільшує кількість дій, а також є причиною технологічних перерв.

Варіант F_4 із влаштуванням фундаменту збірно-монолітною технологією із використанням кондуктора-опалубки передбачає монтаж збірної фундаментної плити, монтаж колони з фіксацією, та подальшу установку кондуктора-опалубки для влаштування стакану.

Таблиця 3.10.

Калькуляція витрат праці для влаштування фундаменту за КТР F_3

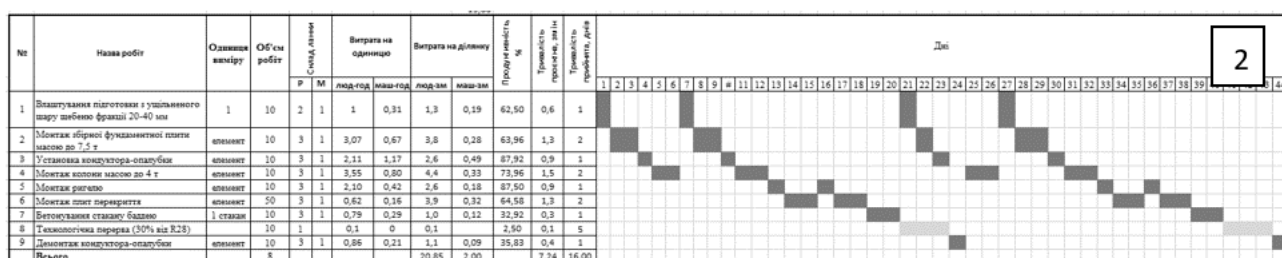
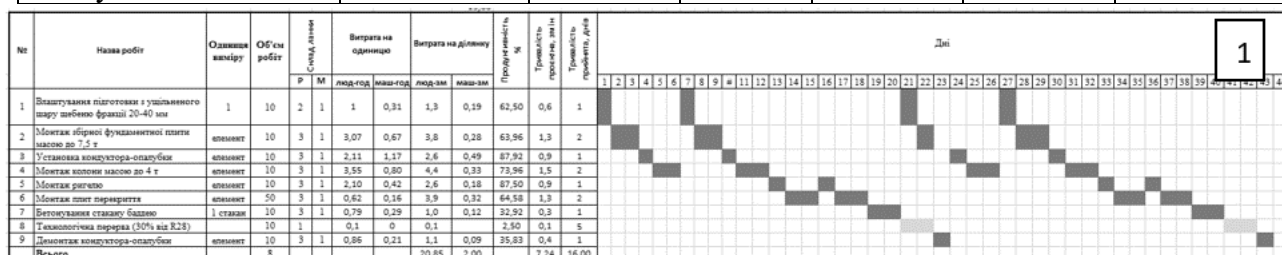
Назва операції	Позначення матриці	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Норма затрат праці, люд-год	Затрати праці на обсяг, люд-год	Склад ланки
Влаштування бетонної підготовки	НВП-2	м ²	40	0,145	5,8	Робітники – 3 Машиніст – 1
Установка арматурних каркасів плити фундаменту	НВП-11	Сітка	40	0,96	38,4	
Монтаж стакану фундаменту	НВП-3	елемент	40	2,9	116	
Влаштування опалубки плити фундаменту	НВП-12	елемент	40	1,88	75,2	
Бетонування плити фундаменту	НВП-14	елемент	40	1,88	75,2	
Монтаж стакану фундаменту	НВП-4	елемент	10	2,54	25,4	
Монтаж колони	НВП-5	елемент	10	3,84	38,4	
Замонолічення стику колони	НВП-8	елемент	10	0,48	4,8	
Технологічна перерва та догляд за бетоном	НВП-9	день	5		0	
Демонтаж опалубки	НВП-13	елемент	10	1,38	13,8	
Монтаж ригелю	НВП-6	елемент	10	2,52	25,2	
Монтаж плит перекриття	НВП-7	елемент	50	0,78	39	

Рис. 3.7. Графік виконання робіт з влаштування першого ярусу будівлі за КТР F_3 влаштування фундаментів. (1) $+25^{\circ}\text{C}$; (2) $+10^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 3.11

Калькуляція витрат праці для влаштування фундаменту за КТР F_4

Назва операції	Позначення матриці	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Норма затрат праці, люд-год	Затрати праці на обсяг, люд-год	Склад ланки
Влаштування шару щебеневої підготовки	НВП-1	м ²	40	0,11	4,4	Робітники – 3 Машиніст – 1
Монтаж збірної плити фундаменту	НВП-3	елемент	10	3,07	30,7	
Монтаж кондуктора-опалубки	НВП-16	елемент	10	3,28	3,28	
Монтаж колони	НВП-5	елемент	10	3,84	38,4	
Монтаж ригелю	НВП-6	елемент	10	2,52	25,2	
Монтаж плит перекриття	НВП-7	елемент	50	0,78	39	
Бетонування стакану фундаменту	НВП-8	елемент	10	0,48	4,8	
Демонтаж кондуктора-опалубки	НВП-17	елемент	10	1,07	10,7	

Рис. 3.8. Графік виконання робіт з влаштування першого ярусу будівлі за КТР F_4 влаштування фундаментів. (1) $+25^{\circ}\text{C}$; (2) $+10^{\circ}\text{C}$.

Монолітний процес, а саме влаштування стакану фундаменту хоч і потребує технологічної перерви, проте не спричиняє зупинку у веденні робіт. Значною перевагою влаштування фундаментів за варіантом F_4 є відсутність технологічних перерв як таких, що спричиняє перерву робіт з монтажу на ділянці.

Установка та демонтаж кондуктора-опалубки збільшує кількість операцій та підвищує трудомісткість процесу (роботи з установки та демонтажу кондуктора-опалубки складають 30,17% від загальної трудомісткості з процесу влаштування фундаменту за КТР F_4), проте це рішення позитивно впливає на динаміку зведення каркасної споруди, оскільки нівелює вплив технологічних перерв на терміни зведення. Для варіанту F_4 технологічна перерва має вплив лише на процес засипки котловану. Монтаж ригелів може відбуватись одразу після закріплення колони кондуктором. Розглянуті варіанти влаштування стовпчастих фундаментів мають ряд переваг та недоліків. Для точнішого дослідження варто виконати моделювання для оцінювання показників варіантів.

Отримані результати підлягають подальшому порівнянню для визначення показників ефективності КТР влаштування стовпчастих фундаментів. Виконано розрахунок тривалості і трудомісткості

Для оцінювання ефективності виконання робіт прийнято виконувати порівняння продуктивності визначених КТР. Розрахунок виконано для ділянок робіт, що налічують 8, 10 і 12 фундаментів. Показник продуктивності P_w визначається відношенням обсягу виконаних робіт до тривалості виконання робіт:

$$P_w = \frac{Q}{T}, \quad (3.1)$$

де Q – обсяг виконаних робіт, будівля із зазначеною кількістю фундаментів;

T – прийнята тривалість робіт за графіком, змін.

Таблиця 3.12.

Значення тривалості T зведення будівлі за КТР:

КТР фундаменту:		F_2			F_3			F_4		
Кількість стовпчастих фундаментів на ділянці:		8	10	12	8	10	12	8	10	12
Ділянок, шт	$t, ^\circ C$	Тривалість (Т), днів								
3	$25^\circ C$	27	30	33	42	46	48	32	34	36
	$20^\circ C$	27	30	33	46	53	55	32	34	36

Продовження табл. 3.12										
3	15°C	28	31	33	51	54	57	32	35	36
	10°C	31	34	37	54	55	57	32	35	36
4	25°C	36	40	44	53	59	62	41	43	44
	20°C	36	40	44	55	62	65	41	43	44
	15°C	36	40	44	61	66	69	41	44	45
	10°C	37	41	45	69	73	75	41	44	45
5	25°C	45	50	55	65	72	76	50	52	54
	20°C	45	50	55	66	74	76	50	52	54
	15°C	45	50	55	72	78	82	50	53	54
	10°C	45	50	55	72	78	82	50	53	54

Таблиця 3.13.

Значення продуктивності P_w зведення будівлі за КТР:

КТР фундаменту:		F_2			F_3			F_4		
Кількість стовпчастих фундаментів на ділянці:		8	10	12	8	10	12	8	10	12
Ділянок, шт	$t, ^\circ C$	Продуктивність (P_w)								
3	25°C	0,89	1	1,09	0,57	0,65	0,75	0,75	0,88	1
	20°C	0,89	1	1,09	0,52	0,57	0,65	0,75	0,88	1
	15°C	0,86	0,97	1,09	0,47	0,56	0,63	0,75	0,86	1
	10°C	0,77	0,88	0,97	0,44	0,55	0,63	0,75	0,86	1
4	25°C	0,89	1	1,09	0,6	0,68	0,77	0,78	0,93	1,09
	20°C	0,89	1	1,09	0,58	0,65	0,74	0,78	0,93	1,09
	15°C	0,89	1	1,09	0,52	0,61	0,7	0,78	0,91	1,07
	10°C	0,86	0,98	1,07	0,46	0,55	0,64	0,78	0,91	1,07
5	25°C	0,9	1	1,1	0,6	0,7	0,8	0,8	1	1,1
	20°C	0,9	1	1,1	0,6	0,7	0,8	0,8	1	1,1
	15°C	0,9	1	1,1	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1
	10°C	0,9	1	1,1	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1

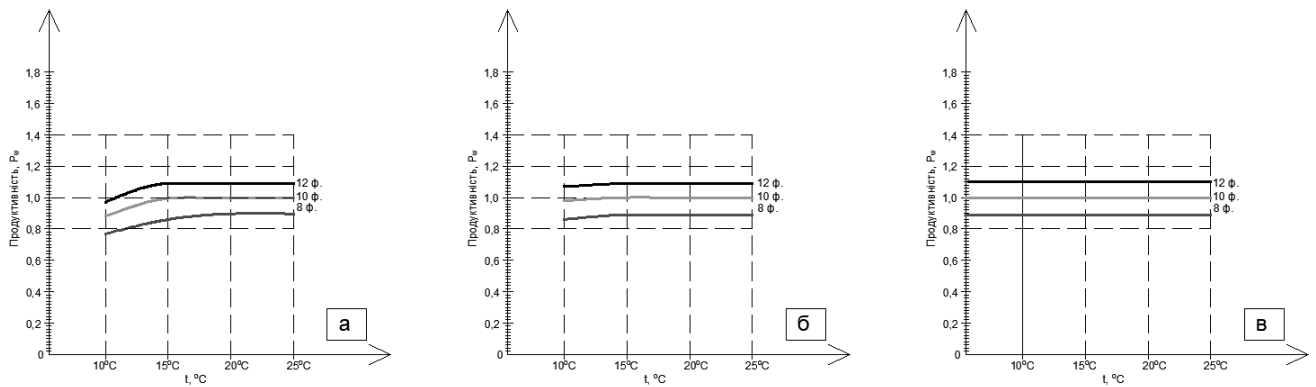


Рис. 3.9. Графік продуктивності для КТР F_2 :

а – для 3 ділянок, б – для 4 ділянок, в – для 5 ділянок.

Продуктивність для КТР F_2 знижується за умови поєднання таких факторів, як зниження температури навколишнього середовища та зменшення кількості фундаментів. За умови збільшення кількості фундаментів та ділянок виконання робіт продуктивність підвищується, чинники температури навколишнього середовища не призводять до зниження продуктивності, оскільки технологічна перерва нівелюється виконанням робіт на інших ділянках.

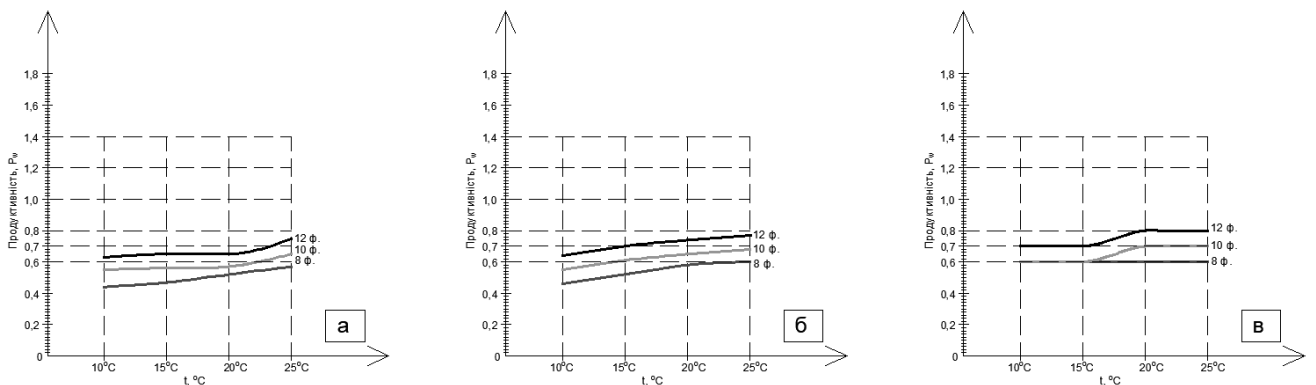


Рис. 3.10. Графік продуктивності для КТР F_3 :

а – для 3 ділянок, б – для 4 ділянок, в – для 5 ділянок.

Продуктивність зведення будівлі із застосуванням КТР F_3 для влаштування фундаментів прямо залежить від температури навколишнього середовища, так як тривалість технологічних перерв збільшується із зниженням температури. За умови малої кількості ділянок це призводить до сповільнення темпу робіт та, відповідно, зниження продуктивності.

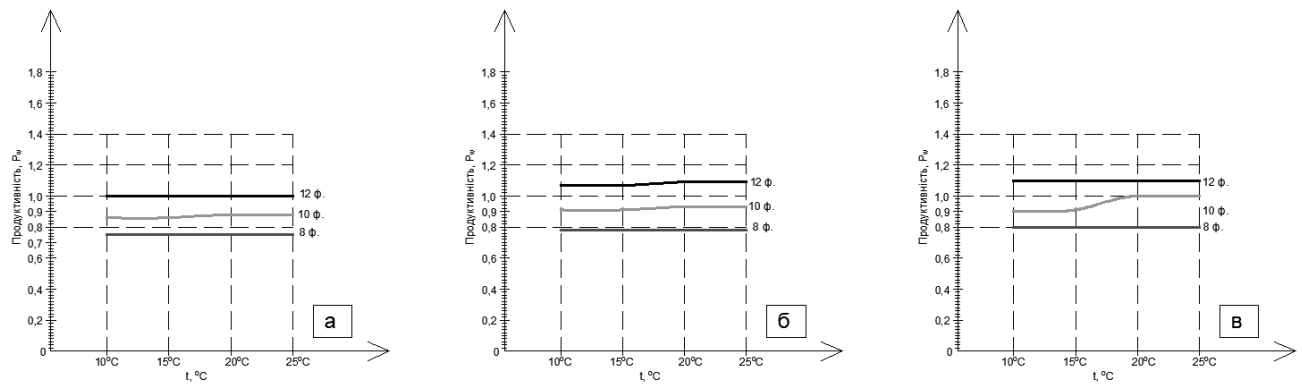


Рис. 3.11. Графік продуктивності для КТР F_4 :

а – для 3 ділянок, б – для 4 ділянок, в – для 5 ділянок.

Продуктивність виконання робіт зі зведення каркасу із застосуванням КТР F_4 для влаштування фундаментів мало залежить від чинників температури навколишнього середовища, оскільки технологічна перерва передбачає набуття бетоном міцності 30% від R_{28} , що складає до 3 днів, що є перевагою даного методу.

У результаті порівняльного аналізу продуктивності зведення каркасної двоповерхової будівлі встановлено, що найнижчі показники продуктивності має КТР влаштування фундаменту F_3 , що зумовлено наявністю трьох операцій монолітного бетонування та необхідністю дотримання технологічних перерв для набору міцності бетону. За умови зниження температури навколишнього середовища продуктивність варіанту F_3 додатково знижується, оскільки тривалість технологічних перерв збільшується. Підвищення кількості ділянок виконання робіт (≥ 4) дає змогу частково компенсувати ці втрати, забезпечивши безперервність будівельного процесу за рахунок виконання робіт на наступних ділянках.

Варіанти F_2 та F_4 характеризуються близькими значеннями продуктивності, однак у варіанті F_2 спостерігається зменшення продуктивності зі зниженням температури через наявність операцій замоноличення стику «колона–фундамент», що потребує витримки бетону до досягнення 75% проєктної міцності. Для варіанту із застосуванням F_4 технологічна перерва значно коротша (до досягнення 30% міцності бетону), що забезпечує меншу залежність процесу від температурних чинників.

Перевагою застосування конструктивно-технологічного рішення F_4 для влаштування стовпчастих фундаментів при зведення каркасних будівель є стабільність показників продуктивності, які мінімально залежать від умов навколишнього середовища та кількості ділянок на будівельному майданчику, що робить цей варіант більш передбачуваним та ефективним у плануванні виконання робіт в умовах змінних факторів будівельного виробництва.

При порівнянні показників трудомісткості зведення каркасу із застосуванням зазначених конструктивно-технологічних рішень для влаштування стовпчастих фундаментів каркасної малоповерхової будівлі встановлено, що найбільші витрати трудових ресурсів характерні для варіанту F_3 (збірно-монолітний фундамент із монолітною фундаментною плитою та збірним стаканом з арматурними випусками). Це зумовлено наявністю трьох послідовних операцій з улаштування монолітних бетонних елементів, які включають монтаж і демонтаж опалубки, армування, бетонування та подальший догляд за бетоном.

Для варіантів F_2 та F_4 трудомісткість виконання робіт є нижчою та має близькі значення; при цьому варіант F_4 , незважаючи на використання монолітної технології для формування стакану, не потребує витримки тривалої технологічної перерви, що позитивно впливає на загальну організацію робіт.

За результатами розрахунку впливу вибору конструктивно-технологічного рішення фундаментів на показники трудомісткості та продуктивності встановлено, що найвищі значення продуктивності на досліджуваній ділянці забезпечують варіанти F_2 та F_4 .

Встановлено, що при застосуванні КТР F_4 для зведення каркасної будівлі забезпечуються стабільно високі показники продуктивності, при цьому його ефективність мінімально залежить від впливу температурних умов та організаційних параметрів будівельного майданчика. Це пояснюється скороченою тривалістю технологічної перерви, необхідної для набору мінімально достатньої міцності монолітного стакану, що дозволяє оперативно переходити до подальших етапів монтажу колони та елементів каркасу. На відміну від варіанту F_2 , де

наявність процесу замоноличення стику «колона–фундамент» вимагає досягнення бетоном значно більшої частки проєктної міцності і, відповідно, збільшує залежність календарних строків від умов навколишнього середовища, варіант F_4 створює передумови для більш передбачуваного та рівномірного ритму виробництва робіт. Таким чином, застосування варіанту F_4 є більш раціональним у випадках, коли необхідно забезпечити стабільність темпів будівництва та знизити ризики порушення графіка виконання робіт.

Таблиця 3.14.

Значення трудомісткості L_{pf} на елемент для варіантів КТР:

КТР фундаменту:		F_2			F_3			F_4		
Ділянок, шт	Кількість стовпчастих фундаментів на ділянці, шт:	8	10	12	8	10	12	8	10	12
	Трудомісткість, люд-зм									
3	L_{pf}	49	61	74	60	75	90	47	58,1	69,5
4	L_{pf}	65	82	98	79,8	99,8	120	62,6	77,4	92,7
5	L_{pf}	82	102	123	99,8	125	150	78,3	96,8	116

Трудомісткість для варіантів практично не змінюється в залежності від температури навколишнього середовища, оскільки вибраний температурний діапазон ($t=25\text{ }^{\circ}\text{C} - 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) не має принципового впливу на порядок виконання процесів. Догляд за бетоном залишається незмінним. Трудомісткість варіантів змінюється залежно від кількості фундаментів, а також вибраного КТР.

Усереднені показники трудомісткості для варіантів відображають наступне: КТР F_3 має усереднений показник трудомісткості на одиницю продукту 99,81 люд-змін. Це пояснюється значною кількістю процесів, порівняно із іншими варіантами. Усереднене значення трудомісткості КТР F_3 вище на 28% від КТР F_4 і на 25% від КТР F_2 . Варіанті КТР F_2 на 5% вищий за показником трудомісткості від КТР F_4 .

Застосування КТР F_2 при зведенні першого ярусу каркасу підвищує на 5% більший показник трудомісткості, та на 11,7% збільшує показник тривалості, в

порівнянні з застосуванням КТР F_4 . Продуктивність при застосуванні КТР F_2 зменшується на 5%, порівняно з КТР F_4 .

Застосування КТР F_3 при зведенні першого ярусу каркасу підвищує на 28,6% більший показник трудомісткості, та на 70,7% збільшує показник тривалості, в порівнянні з застосуванням КТР F_4 . Продуктивність при застосуванні КТР F_2 зменшується на 77,5%, порівняно з КТР F_4 , що пояснюється наявністю технологічних перерв, а також з більшою кількістю процесів, порівняно з конструктивно-технологічними рішеннями F_2 F_4 .

Висновки по третьому розділу

1. Аналіз конкурентно спроможних варіантів КТР фундаментів дозволив встановити структури технологічних процесів, які б відповідали принципу порівнянності варіантів, що є важливим для об'єктивності плануємих результатів дослідження трудомісткості та продуктивності процесів. Виявлені структурні підпроцеси, які є незмінними по варіантах КТР фундаментів і підлягають включення до загального процесу зведення каркасу будівлі. Доведено обмеження обсягу монтованого каркасу на рівні першого ярусу, що є достатнім для дослідження продуктивності процесу за варіантами.

2. По структурних елементах процесів, які є змінними по варіантах КТР фундаментів на підставі методу мікроелементного нормування, розкрита ієрархія структури до рівня операцій і дій. За результатами дослідження витрат праці на виконання всієї сукупності операцій і дій встановлені норми витрат праці для подальшого моделювання технологічних процесів. Дослідження трудомісткості процесів зведення першого ярусу каркасних будівель різних планувальних і конструктивних рішень дозволило виконати обґрунтування технологічного рішення влаштування стовпчастих фундаментів, яке відповідало мінімальній трудомісткості процесу.

3. Проведені дослідження продуктивності процесів по варіантах КТР фундаментів шляхом побудови моделей організації процесів зведення першого ярусу каркасних будівель зі змінними параметрами планувальних і конструктивних рішень будівель, що дозволило отримати масив даних продуктивності процесів і знайти раціональні області застосування КТР фундаментів в залежності від факторів впливу, а також виконати обґрунтування технологічного рішення влаштування стовпчастих фундаментів, яке відповідало максимальній продуктивності процесу.

Зокрема, визначено, що продуктивність процесу зведення каркасу із застосуванням КТР F_2 і F_3 залежить від кількості фундаментів на ділянці, а також від температурних умов навколишнього середовища. При застосуванні КТР

F_2 різниця в значеннях продуктивності складає 30%, значення продуктивності P_w знижується за умови температури навколишнього середовища $t \leq 15^\circ C$, для досягнення високого показника продуктивності ($P_w \geq 1,1$) будівельний майданчик повинен налічувати не менше 60 елементів фундаментів. При застосуванні КТР F_3 різниця в значеннях продуктивності складає 45%, значення продуктивності P_w знижується за умови температури навколишнього середовища $t \leq 15^\circ C$, найвищі показники продуктивності ($P_w \geq 0,8$) досягаються при кількості не менше 50 елементів фундаментів. При застосуванні КТР F_4 різниця в значеннях продуктивності складає 31,8%, температурні чинники не впливають на значення продуктивності, найвищі показники продуктивності ($P_w \geq 1,1$) досягаються при кількості не менше 60 елементів фундаментів.

4. За результатом дослідження 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.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ТЕХНОЛОГІЇ УЛАШТУВАННЯ СТОВПЧАСТИХ ФУНДАМЕНТІВ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ З МОНТАЖЕМ КОЛОН ДЛЯ ФОРМУВАННЯ МОНОЛІТНИХ СТАКАНІВ

4.1 Область застосування конструктивно-технологічного рішення

Методика підбору КТР є наслідком проведеного дослідження, та призначена для проєктувальників, що розробляють проєкти малоповерхових каркасних будівель. Кожне з розглянутих рішень характеризується певними перевагами та недоліками, що зумовлюють різний рівень їх ефективності залежно від умов реалізації будівельного проєкту.

Вибір оптимального КТР улаштування фундаментів є багатофакторною задачею, яка потребує врахування комплексу чинників, що визначають технологічну доцільність і надійність будівельного процесу. До ключових факторів, які впливають на прийняття рішення, належать:

- Об'ємно-планувальні рішення будівлі, що визначають геометричні параметри фундаментів, їхню конструктивну форму та взаємне розташування;
- Інженерно-геологічні умови, зокрема стан ґрунтової основи, її несуча здатність, опірність та водонасиченість;
- Гідрогеологічні особливості, у тому числі наявність та рівень підземних вод у котловані, що можуть ускладнювати процес улаштування фундаментів та вимагати спеціальних заходів із водопониження або гідроізоляції;
- Кліматичні умови будівельного майданчика, зокрема температурний режим повітря, що безпосередньо впливає на технологію бетонування та вимоги до забезпечення нормованих умов твердіння бетону.

Таким чином, комплексний аналіз зазначених факторів є необхідною передумовою для обґрунтованого вибору конструктивно-технологічного рішення, що забезпечить не лише технологічну ефективність виконання робіт, а й надійність та довговічність фундаментів у конкретних умовах будівництва.

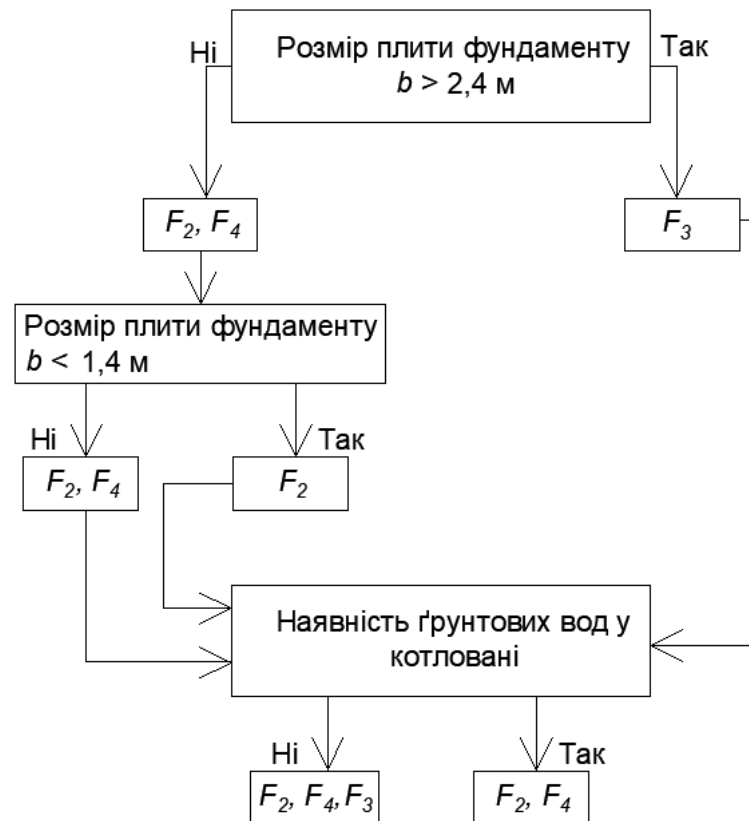


Рис. 4.1. Блок-схема прийняття рішення вибору КТР влаштування фундаменту.

Алгоритм визначення КТР фундаменту складається з наступних операцій:

Операція №1: аналіз розмірів плити фундаменту. Розмір плитної частини фундаменту визначається проєктувальниками за попередніми розрахунками. Розмір плитної частини залежить від навантаження, що сприймає фундамент, та значення опору ґрунтової основи. Розмір плитної частини фундаменту впливає таким чином на вибір КТР, що для збірної плити ширина плити b не бажано більше, ніж 2,4 м (КТР із збірною плитою - F_2 і F_4). Обмеження максимальної ширини плити пов'язано із обмеженнями на габарити конструкцій при перевезенні. Для КТР F_4 є обмеження для мінімального розміру ширини фундаментної плити, $b(F_4) \geq 1,4$ м. Це пов'язано із технологією влаштування фундаменту, зокрема, монтажу елементів каркасу у «відкритому» котловані, що створює ризик перевертання за умови сильного вітрового навантаження. Отже, якщо ширина плитної частини фундаменту в межах $1,4 \leq b \leq 2,4$ м, то три розглянуті варіанти

КТР придатні до застосування; якщо ширина плити фундаменту $b \leq 1,4$ м, то придатні варіанти F_2 і F_3 , які передбачають монтаж елементів каркасу у закритому котловані; якщо ширина плитної частини фундаменту $b > 2,4$ м, то краще обрати варіант F_3 , який передбачає виконання плитної частини у монолітний спосіб, що виключає обмеження по розмірах, пов'язаних із транспортуванням.

Операція №2: аналіз стану ґрунту в межах рівня дна котловану. Відмітка рівня підосви фундаменту, та, відповідно, дна котловану, визначається на стадії проектування конструкції фундаментів. Для стовпчастих фундаментів відмітка підосви фундаментної плити залежить від конструктивних особливостей будівлі (наявність або відсутність підвалу), а також від рівня промерзання ґрунту [29, 30].

Наявність ґрунтових вод вище відмітки дна котловану призводить до ускладнення процесу влаштування фундаменту за умови необхідності операції бетонування. В такому випадку, бетонування можливе за умови вживання заходів, що недопускають попадання води та ліквідують наявну, а саме: влаштування шпунтової огорожі, установка насосів, установка голкофільтрів. Ці заходи призводять до збільшення терміну виконання, підвищення трудомісткості, адже установки потребують постійного обслуговування, а також підвищення вартості робіт за рахунок додаткових витрат на оренду або покупку обладнання [110].

Таблиця 4.1

Таблиця факторів, що впливають на вибір КТР влаштування стовпчастого фундаменту

Варіант КТР влаштування фундаменту	Умови зведення будівлі:		
	Обмеження по ширині (b) плити фундаменту	Наявність води у котловані	Температура повітря навколишнього середовища $t \leq 5$ °C
F_2	$b \leq 2,4$ м	прийнятно	Прийнятно
F_3	немає	небажано	Прийнятно
F_4	$1,4 \leq b \leq 2,4$ м	прийнятно	Прийнятно

Отже, при умові наявності водоносного горизонту вище відмітки дна котловану, або інших умов, що призводять до присутності води в котловані КТР F_3 , що передбачає влаштування монолітної бетонної підготовки та монолітної бетонної фундаментної плити є ускладненим. КТР F_2 та F_4 не потребують вживання додаткових заходів із осушення дна котловану, тому є більш прийнятними.

Операція №3: аналіз температури навколишнього середовища. Дана операція не є обов'язковою для прийняття рішення щодо вибору КТР, оскільки кожне КТР передбачає виконання операції бетонування. Проте, кількість операцій бетонування в поєднанні з температурою навколишнього середовища призводить до збільшення терміну виконання робіт. Тому, КТР F_3 в даних умовах є більш тривалим, порівняно з КТР F_2 та КТР F_4 . За умови температури навколишнього середовища $t \leq +5$ бетонування стику між колоною та стаканом фундаменту потрібно виконувати після попереднього прогріву конструкцій та із підтримкою температури не нижче $+10$ °C протягом перших двох діб [104]. Для КТР F_4 в аналогічних температурних умовах прогрів не портібен, але потрібно виконувати утеплення опалубки стакану для запобігання передчасного охолодження бетонної суміші. При від'ємних температурах необхідно додавати пластифікуючі добавки.

На підставі отриманих даних про об'ємно-планувальні рішення будівлі, стан ґрунтів, аналіз чинників впливу навколишнього середовища приймається рішення щодо варіанту влаштування стовпчастого фундаменту каркасної будівлі.

4.2 Рекомендації щодо застосування кондуктора-опалубки при влаштуванні монолітних стаканів стовпчастих фундаментів із одночасним монтажем колон

Аналізуючи теоретичні дослідження влаштування фундаментів за збірно-монолітною технологією із застосуванням кондуктора-опалубки, проведені у попередніх розділах, розроблено конструктивно-технологічне рішення, спрямоване до використання при зведенні фундаментів каркасних будівель.

Для зазначеного КТР областю застосування є каркасні малоповерхові будівлі виробничого та складського призначення. Результати досліджень довели, що ґрунтові умови такі, як рівень ґрунтових вод, що дорівнює або вищий від відмітки дна котловану не впливають на трудомісткість та тривалість влаштування фундаменту, оскільки в даному КТР використано щебеневу підготовку та збірну фундаментну плиту.

Температурні умови навколишнього середовища не впливають на термін влаштування фундаменту та зведення каркасної будівлі в цілому, оскільки колона та монолітний стакан фіксується кондуктором.

Технологія влаштування стовпчастого фундаменту за КТР F_4 наступний порядок виконання операцій:

1. Влаштування щебеневої основи із щебеню фракції 20-40 мм;
2. Монтаж фундаментної плити. Збірна фундаментна плита, що застосовується для даної технології виконується із арматурними випусками (рис. 4.2), що пришвиджує процес влаштування стакану фундаменту. Розміри фундаментної плити b складають $1,4 \leq b \leq 2,4$ м, що визначено з умови стійкості фундаменту до перекидання від дії вітрового навантаження, та з умови допустимих габаритів транспортування конструкцій.
3. Установка кондуктора-опалубки, що включає:
 - 3.1 Установка напів-рам та їх кріплення до плити;
 - 3.2 Установка стійок та їх кріплення до напіврам;
 - 3.3 Установка щитів опалубки, їх кріплення та змазуванням мастикою;
 - 3.4 Установка домкратів для вивірки колони.
4. Монтаж колони і її вивірка за допомогою домкратів;
5. Бетонування фундаментного стакану, що відбувається способом «з лотка» автобетоновозу. Бетон витримується до настання 50% міцності від R_{28} .
6. Зняття кондуктора-опалубки.
7. Влаштування гідроізоляції фундаменту із застосуванням бітумної мастики у 2 шари.

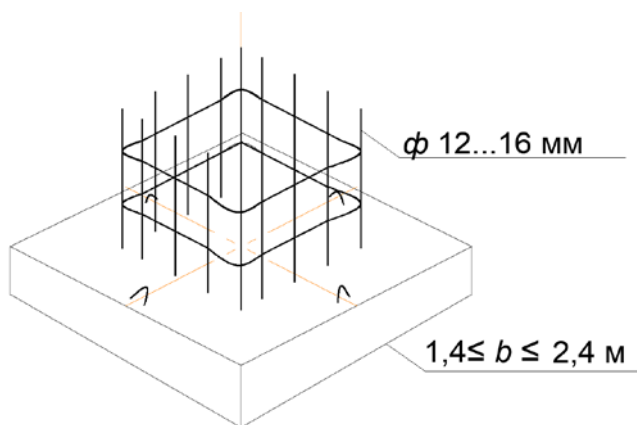


Рис. 4.2. Загальний вигляд збірної фундаментної плити з арматурними випусками для влаштування фундаменту за КТР F_4 .

Після монтажу фундаментної плити виконується монтаж кондуктора-опалубки. Підготовчі роботи до початку установки кондуктора-опалубки включають:

- Перевірка наявності всіх елементів кондуктора-опалубки перед їх переміщенням і установкою. Частина комплекту кондуктора-опалубки подаються краном безпосередньо до місця установки;
- очистку фундаментної плити від залишків бетонної суміші, бруду, опадів тощо із використанням металевих щіток та повітроочисника;
- підготовка анкерів до установки кондуктора, що передбачає їх попередню очистку.

Процес установки кондуктора-опалубки відбувається наступним чином:

- установка напіврам кондуктора із закріпленням у кількості 2 одиниць. Напіврами масою 32 кг кожна подаються окремо краном до місця монтажу – тобто, безпосередньо на фундаментну плиту. Двоє монтажників приймають напіврами, розміщують на місці установки та розстроповують. Монтажники регулюють положення напіврам та виконують їх кріплення за допомогою анкерів;
- установка стійок кондуктора у кількості 4 одиниць. Стійки масою ≈ 30 кг одиниця подаються поштучно краном до місця установки, тобто на попередньо установлені і закріплені напіврами. В стійках передбачається отвір у верхній частині, подібний до отвору в колоні, де закріплюються такелажні болти з подальшим закріпленням строп. Двоє монтажників стійки та установлюють в місці

монтажу, на напіврамах, із закріпленням болтами. Після виконання кріплень виконується візуальна перевірка геометричного положення та кріплення;

- обробка щитів мастилом для запобігання адгезії із бетонною сумішшю;
- подача щитів опалубки до місця установки. Щити подаються краном, двоє монтажників приймають щити та установлюють в проєкне положення, виконують кріплення до стійок болтами. Знімають такелажні болти;

- установка домкратів у кількості 4 одиниці для вивірки і закріплення колони. Домкрати закріплюють на стійках;

- Монтаж колони.
- остаточна вивірка і закріплення колони домкратами. Для виконання вивірки двоє монтажників виконують регулювання колони по вертикалі, виконуючи вказівки геодезиста, що перевіряє вертикальність з двох сторін колони за допомогою теодоліту;

- виконання герметизації швів стакану фундаменту по низу примикання щитів та по бокам із використанням каучукової стрічки;
- бетонування стакану фундаменту з вібруванням суміші за допомогою глибинного вібратора.

Конструктивне рішення кондуктора-опалубки представлено наступними даними (рис. 4.3, рис. 4.4):

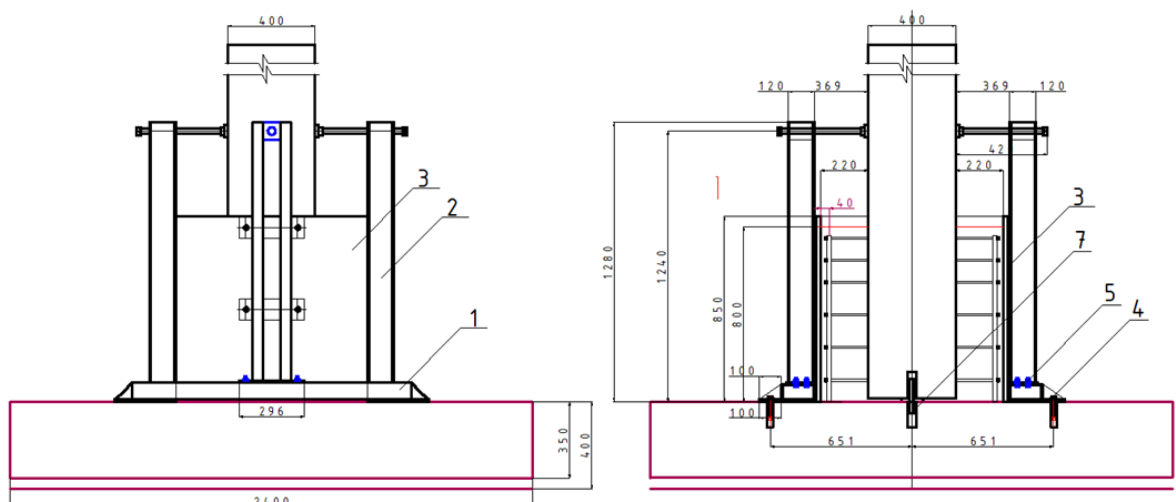


Рис. 4.3 Вигляд кондуктора-опалубки.

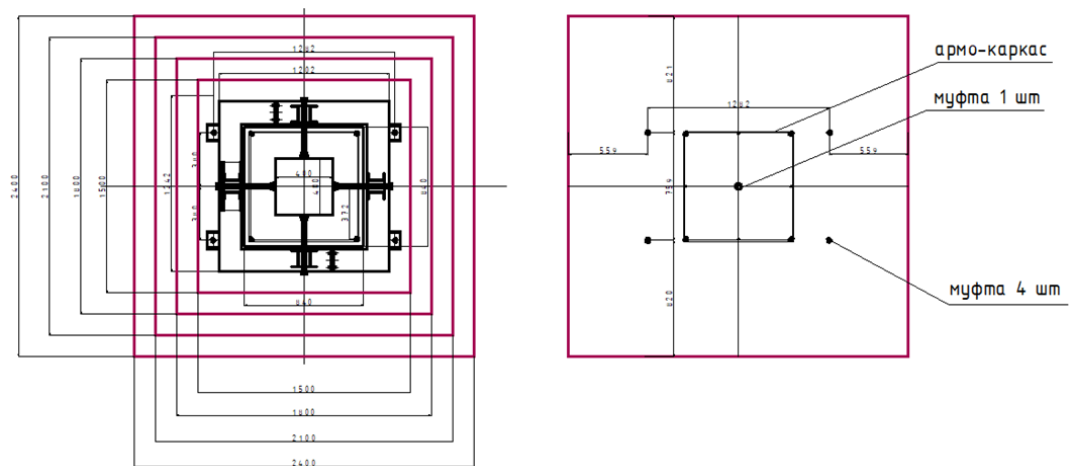


Рис. 4.4 Вигляд кондуктора-опалубки в плані.

Таблиця 4.2.

Специфікація елементів кондуктора-опалубки

Поз.	Найменування	Кількість	Вага, кг (деталі)	Вага, кг (виробу)
1	Напіврама опорна	2	32	64
2	Стійка кондуктора	4	30	120
3	Щит опалубки	4	6	24
4	Анкер механічний 12	4	0,5	2
5	Кріплення стійки	4	0,8	3,2
6	Кріплення щитів	16	0,1	1,6
7	Штир центрувальний	1	1	1
8	Кріплення напіврам	4	0,1	0,4

Зведення каркасу будівлі із застосуванням технології влаштування фундаментів КТР F_4 відбувається потоковим методом. Роботи виконуються почергово на ділянках з визначеною кількістю фундаментів. Кондуктор-опалубка знаходиться на одній ділянці до набуття бетону в стакані фундаменту міцності 50% від R_{28} , що складає від 2 до 6 днів. Цього терміну достатньо, щоб виконати роботи з монтажу на наступній ділянці (рис. 4.5, 4.6).

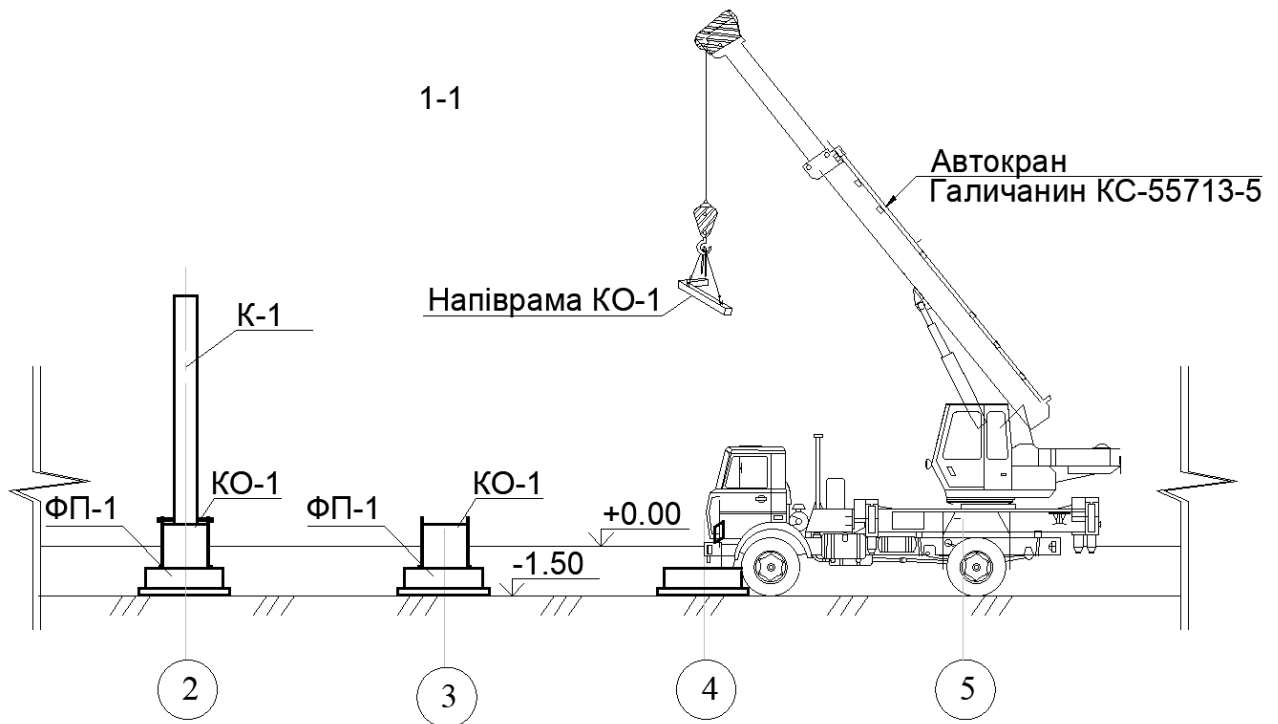


Рис. 4.7. Схема монтажу деталей кондуктора КО-1.

Роботи із влаштування фундаментів за збірно-монолітною технологією із одночасним монтажем колони та використанням кондуктора-опалубки передбачають виконання процесів і операцій у визначеній технологічній послідовності:

Зняття і перестановка кондуктора-опалубки виконується після досягнення бетоном міцності не менше, ніж 50% від R_{28} . Процес зняття кондуктора-опалубки виконується наступним чином:

- зняття домкратів вручну;
- зняття болтових кріплень зі стійок. На стійки установлюються такелажні скоби (1 шт на стійку, вантажопідймальність скоби складає 0,5 т), після чого виконується стропування стійок. Закріплені стропами стійки демонтують (знімають болтове кріплення) та переміщують до тимчасової зони складування;
- зняття щитів опалубки з подальшою очисткою щітками від залишків бетону. На щити, подібно до стійок, установлюють такелажні скоби (2 шт на щит), виконують стропування та розкріплюють. Переміщують до тимчасового місця складування;

- зняття напіврам кондуктора-опалубки виконується наступним чином: монтажники знімають болтове кріплення, після чого установлюють рим-болт (2 шт на одну раму), стропують та переміщують до тимчасового місця складування;
- очистка поверхні стакану, а також решти елементів кондуктора від надлишків бетону виконується за допомогою металевих щіток.

Гідроізоляція бітумною мастикою виконується у два шари, з перервою у 6-8 годин між кожним шаром.

Засипка пазух котловану виконується після демонтажу кондуктора-опалубки та влаштування двох-трьох шарів гідроізоляції. Засипка пазух виконується із пошаровим ущільненням ґрунту (товщина шару – 0,5 м) та ущільнюється за допомогою ручної віброплити.

Ефективність застосування даного КТР полягає у відсутності технологічної перерви при влаштуванні стакану фундаменту та відсутності процесу замоноличення стику колони і стакану фундаменту, та, відповідно технологічної перерви, відведеної для терміну тужавлення бетонної суміші у стику. Монтаж і вивірка колони пришвидшується за рахунок наявності центруючого стержня. Монтаж ригеля відбувається одразу після монтажу колон на визначеній ділянці робіт, що складає 6, 8, 10, 12 елементів колон і фундаментів. Кількість конструктивних елементів на ділянці виконання робіт підбирається відповідно до умови просторової стійкості елементів.

Таблиця 4.3

Показники витрат праці для процесу влаштування фундаменту із одночасним монтажем колони

Назва процесу	Витрати праці, люд-год	Склад бригади
Влаштування збірної плити стовпчастого фундаменту із щебеневою підготовкою	4,07	Монтажники – 4 Машиніст крану - 1
Монтаж і вивірка колони	3,84	
Установка кондуктора-опалубки	2,11	
Бетонування стакану фундаменту	1,08	
Зняття кондуктора-опалубки	0,86	

Машини та обладнання для влаштування стовпчастого фундаменту вибрані виходячи з умов максимальної ваги елементів та способу бетонування конструкцій. Кількість машин та допоміжних засобів встановлено виходячи із прийнятого темпу монтажу елементів та їх кількості.

Ведуча машина комплекту – автокран "Силач" КТА-25, з вантажопідіймальністю 13 т на вильоті стріли 5 м та висоті підйому гака 9,7 м.

Бетонна суміш доставляється автобетоновозом місткістю 6 м³. Бетонування стаканів відбувається з лотка. Визначено, що об'єм бетонної суміші автобетоновоза покриває потребу у бетонуванні ділянки з 12 шт стаканів фундаменту об'ємом 0,47 м³. Комплект вібраторів ІВ-47 для ущільнення бетонної суміші складає 2 шт.

Таблиця 4.4

Відомість потреби в машинах і механізмах

Назва процесу або операції	Назва машини або обладнання	Тип, марка	Кількість	Технічна характеристика
Монтаж збірних елементів, подача бетонної суміші	Кран на автомобільному шасі	Автокран "Силач" КТА-25	1	Вантажопідіймальність до 25 т, виліт стріли до 16 м, висота підйому гака до 30 м
Подача елементів кондуктора-опалубки	Кран-маніпулятор на автомобільному шасі	ONIAR 6400	1	Виліт стріли 6,4 м Вантажопідіймальність на максимальному вильоті 590 кг
Транспортування бетонної суміші від виробництва до будівельного майданчика	Автобетонозмішувач		1	Місткість 6 м ³
Подача бетонної суміші	Баддя поворотна	БП 2.0	1	Місткість 1 м ³
Ущільнення бетонної суміші	Вібратор глибинний	ІВ-47А	2	

Удосконалена технологія улаштування збірно-монолітного стакану із одночасним монтажем колони забезпечує скорочення тривалості будівельно-монтажних робіт за рахунок виключення технологічних перерв. Використання кондуктора-опалубки дозволяє надійно зафіксувати положення колони та гарантувати її геометричну стійкість під час бетонування. Це підвищує точність монтажу й знижує ризик деформацій, що позитивно впливає на якість конструкції.

Застосування запропонованого методу створює передумови для його широкого впровадження у практику зведення каркасних будівель. Він дозволяє одночасно вирішити завдання скорочення термінів будівництва та підвищення надійності з'єднання колони з фундаментом. Кондуктор-опалубка виступає як універсальний допоміжний засіб, що поєднує функції опалубки й монтажного пристрою. Загалом технологія сприяє підвищенню ефективності зведення об'єктів сучасного будівництва.

Процеси влаштування фундаменту, установки кондуктора-опалубки та монтажу колон повинні виконуватись у відповідності до чинного ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення" [118]. Основні вимоги з організації будівельного майданчика та безпечного виконання робіт зведено до наступного:

- Освітлення та робочі умови
 - Будівельні майданчики, робочі місця, проїзди й підходи в темний час доби та в закритих приміщеннях освітлюються відповідно до ДБН В.2.5-28 і ГОСТ 12.1.046.
 - Освітлювальні прилади не повинні засліплювати працівників або створювати ризик ураження електрострумом.
 - Для працюючих на відкритому повітрі облаштовуються інвентарні приміщення для захисту від опадів і обігріву, на відстані не більше 50 м.
 - Колодязі, шурфи та виїмки закриваються кришками/щитами або огорожуються згідно з ПВР; огорожі обладнуються сигнальним освітленням напругою до 25 В.
- Складування матеріалів і виробів:

Відповідальність за правильне складування несе керівник робіт; у разі порушень він зобов'язаний їх усунути та призупинити використання матеріалів до документально оформленого рішення. Основні норми складування:

 - фундаментні блоки та блоки стін підвалів – штабель до 2,6 м на підкладках із прокладками;

- плити перекриттів – штабель до 2,5 м на підкладках із прокладками;
- ригелі та колони – штабель до 2,0 м на підкладках із прокладками;
- пиломатеріали – штабель: при рядовому укладанні – до $\frac{1}{2}$ ширини; у клітках – не більше ширини.
- Будівельні машини та механізовані засоби
- Машини повинні відповідати нормативним документам і мати експлуатаційну документацію. Іноземні машини (крани тощо) – сертифікат відповідності НПАОП 0.00-1.01.
- Забороняється експлуатація без огорож, блокувань, сигналізації та інших засобів колективного захисту.
- Нові, орендовані чи після капремонту машини допускаються до роботи лише після огляду й випробування відповідальною особою.
- Перед роботою на машинах з електроприводом необхідно запобігти випадковій подачі напруги.
- Робочі місця забезпечуються: справним інструментом, пристосуваннями, інвентарем, вантажопідіймальними пристроями та засобами пожежогашіння.

У розділі розглянуто технологію зведення каркасних будівель із застосуванням КТР F_4 влаштування стовпчастого фундаменту. Визначено основні етапи процесу, наведено послідовність виконання робіт, вимоги до організації будівельного майданчика та умови застосування спеціалізованої техніки. Описано особливості виконання робіт залежно від інженерно-геологічних умов і конструктивних рішень.

Для подальшого порівняння ефективності КТР потрібно виконати порівняння собівартості варіантів. Отримані результати створюють основу для подальшого дослідження ефективності різних варіантів влаштування фундаментів та їх впливу на тривалість і трудомісткість будівельних процесів.

4.3 Розрахунок вартості виготовлення та оренди для кондуктора-опалубки, що застосовується у КТР F_4

Кондуктор-опалубка для виготовлення монолітних стіканів належить до елементів опалубного обладнання, що також забезпечують точне позиціонування колони під час зведення каркасу будівлі. Його конструкція передбачає використання металевих елементів з профільної труби, швелерів, листової сталі та домкратів, що дає змогу багаторазово застосовувати виріб у межах одного або кількох будівельних проєктів.

Додатково враховано витрати на зварювання, розкрій, свердління, підгонку, фарбування та дрібні накладні витрати.

Таблиця 4.5

Специфікація витрати матеріалів для влаштування кондуктора-опалубки

№	Найменування матеріалу	Одиниця	Ціна, грн	Кількість	Сума, грн
1	Профільна труба 120×120×4	м	698,87	4,8	3 354,6
2	Швелер № 12 (120 мм)	м	482,89	9,28	4 481,2
3	Листовий метал 4 мм (щит 840×850)	шт	420,12	4	1 680,5
4	Домкрат гвинтовий	шт	2 500	4	10 000
5	Болт із гайкою	шт	50	8	400
6	Анкер	шт	200	4	800
7	Зварювальні роботи	—	—	—	400
8	Розкрій, свердління, підгонка	—	—	—	1 500
9	Фарбування, антикорозійний захист	—	—	—	600
10	Накладні та допоміжні витрати	—	—	—	500
	Разом:				23 716,3

До складу вартості включено матеріальні, трудові та накладні витрати, необхідні для повного виготовлення, зварювання та підготовки виробу до експлуатації. Розрахунок орендної вартості кондуктора виконується у відповідності до вартості металевих прокатів станом на 2025 рік [136-138], а також правилами визначення вартості будівництва [139].

Оскільки кондуктор належить до багаторазового опалубного обладнання, його економічно доцільно експлуатувати впродовж кількох будівельних об'єктів із передачею в оренду. Для визначення орендної плати прийнято термін експлуатації 2 роки (24 місяці).

Орендна вартість визначається за формулою:

$$C_{op} = \frac{C_v}{n} + C_{обс} + C_{приб}, \quad (4.2)$$

Де C_v – первісна вартість виготовлення, грн;

n – кількість місяців експлуатації;

$C_{обс}$ – витрати на технічне обслуговування, зберігання та логістику;

$C_{приб}$ – плановий прибуток або резерв ризиків.

Отже, орендна вартість кондуктора-опалубки складатиме:

$$C_{op} = 988,2 + 400 + 197,6 = 1585,8 \rightarrow 1500 \text{ грн/місяць}$$

Таким чином, економічно обґрунтована місячна орендна плата становить близько 1500 грн, що включає амортизацію, базові витрати на обслуговування та невеликий прибуток.

У перерахунку на коротші періоди:

- оренда на тиждень ≈ 400 грн;
- оренда на добу $\approx 50\text{--}60$ грн.

Для порівняння, за ринковими даними прокатних компаній м. Києва, орендна вартість елементів опалубки становить у середньому 1 000–3 000 грн/міс, що підтверджує дійсність отриманого результату [140-143].

Вартість виготовлення одного кондуктора для опалубки становить 23 716 грн, що включає металопрокат, комплектуючі, зварювальні та допоміжні роботи.

За умов експлуатації протягом 2 років економічно обґрунтована орендна плата складає $\approx 1\,600$ грн на місяць, або близько 50–60 грн на добу.

Отримана величина відповідає ринковим показникам для опалубного обладнання аналогічного типу, що свідчить про ефективність використання виготовленого кондуктора як у власному виробничому циклі, так і для орендного використання.

Застосування такого підходу дозволяє оцінити окупність виготовлення обладнання, визначити його доцільність у комплексі технологічних рішень та забезпечити планування витрат у складі загальної кошторисної вартості будівельних робіт.

Для порівняння економічної доцільності застосування кондуктора-опалубки при влаштуванні стовпчастого фундаменту за КТР F_4 необхідно виконати порівняння вартості застосування КТР F_2 і КТР F_3 .

4.4 Порівняння вартості застосування конструктивно-технологічних рішень влаштування стовпчастого фундаменту

Порівняння вартості влаштування фундаментів за визначеними КТР виконано на підставі локальних кошторисів, складених відповідно до вимог ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 «Правила визначення вартості будівництва» [139].

Розрахунок вартості виконано за структурою локального кошторису, який включає прямі витрати (вартість матеріалів, заробітна плата, експлуатація машин), накладні витрати та кошторисний прибуток.

Для оцінки вартості процесу враховано також витрати на виготовлення та оренду кондуктора-опалубки, що використовується при влаштуванні фундаменту за КТР F_4 .

Розрахунок вартості виконано відповідно до вартості матеріалів, конструкцій, а також вартості їх доставки для м. Київ станом на 2025 рік [144-149]. Розрахунок вартості праці виконано у відповідності до значень заробітної плати, а саме погодинна ставка оплати роботи працівника, що складає 100 грн/год [150].

Таблиця 4.6

Об'єктний кошторисний розрахунок вартості влаштування фундаментів за КТР F_2

№	Назва робіт	Одиниця виміру	Кількість	Ціна одиниці, грн	Вартість, грн
1	Влаштування щебеневої підготовки під фундамент	люд-год	24,00	100	2400
2	Гранітний відсів фракції 20-40 мм	т	24,39	222,0	5415,38
3	Доставка на відстань 30 км				1829,52
4	Оренда крану "Галичанин" 25 т	днів	1	7000	7000
5	Монтаж фундаментної плити	люд-год	64	100	6400
6	Залізобетонна фундаментна плита 2,0х2,0х0,45 м	елемент	10	4500	45000
7	Доставка на відстань 30 км				2000
8	Оренда крану "Галичанин" 25 т	днів	2	7000	14000
9	Монтаж фундаментного стакану	люд-год	64	100	6400
10	Стакан фундаментний	елемент	10	1900	19000
11	Доставка на відстань 30 км	елемент			4000
12	Оренда крану "Галичанин" 25 т	днів	2	7000	14000
	Вартість праці, грн				15200
	Вартість матеріалів, грн				69415,38
	Вартість доставки, грн				7829,52
	Вартість оренди крану, грн				35000
	Супутні витрати (15% від вартості)				25488,98
	Всього, вартість, грн:				152933,9

Таблиця 4.7

Об'єктний кошторисний розрахунок вартості влаштування фундаментів за КТР F_3

№	Назва робіт	Одиниця виміру	Кількість	Ціна одиниці, грн	Вартість, грн
1	Влаштування бетонної підготовки під фундамент	люд-год	24,00	100	2400
2	Бетон В12,5	м3	7,26	3100,0	22506,00
3	Доставка на відстань 30 км	м3*км	7,26	600	4356
4	Оренда крану "Галичанин" 25 т	днів	1	7000	7000
5	Установка арматурного каркасу плити фундаменту	люд-год	24	100	2400
6	Арматурний каркас	т	0,6	40000	24000
7	Доставка на відстань 30 км				1500
8	Оренда крану "Галичанин" 25 т	днів	1	7000	7000
9	Влаштування опалубки для плити фундаменту та її демонтаж	люд-год	48,00	100	4800
10	Опалубні щити (оренда)	м2	36	360	12960
11	Доставка на відстань 30 км				2000
12	Оренда крану "Галичанин" 25 т	днів	2	7000	14000
13	Бетонування плити фундаменту	люд-год	24,00	100	2400
14	Бетон В25	м3	16	3400	54400
15	Доставка на відстань 30 км	м3*км	16	600	9600
16	Догляд за бетоном (технологічна перерва)	люд-год	48	100	4800
17	Оренда крану "Галичанин" 25 т	днів	1	7000	7000
18	Монтаж фундаментного стакану	люд-год	64	100	6400
19	Стакан фундаментний	елемент	10	2500	25000
20	Доставка на відстань 30 км	елемент			4000
21	Оренда крану "Галичанин" 25 т	днів	2	7000	14000
	Вартість праці, грн				23200
	Вартість матеріалів, грн				138866,00

	<i>Вартість доставки, грн</i>				21456
	<i>Вартість оренди крану, грн</i>				49000
	<i>Супутні витрати (15% від вартості)</i>				46504,4
	<i>Всього, вартість, грн:</i>				279026,4

Таблиця 4.8

Об'єктний кошторисний розрахунок вартості влаштування фундаментів за КТР F_4

№	Назва робіт	Одиниця виміру	Кількість	Ціна одиниці, грн	Вартість, грн
1	Влаштування щебеневої підготовки під фундамент	люд-год	24,00	100	2400
2	<i>Гранітний відсів фракції 20-40 мм</i>	т	24,39	222,0	5415,38
3	<i>Доставка на відстань 30 км</i>				1829,52
4	<i>Оренда крану "Галичанин" 25 т</i>	днів	1	7000	7000
5	Монтаж фундаментної плити	люд-год	64	100	6400
6	<i>Залізобетонна фундаментна плита 2,0x2,0x0,45 м</i>	елемент	10	4500	45000
7	<i>Доставка на відстань 30 км</i>				2000
8	<i>Оренда крану "Галичанин" 25 т</i>	днів	2	7000	14000
9	Установка і зняття кондуктора-опалубки	люд-год	64	100	6400
10	<i>Кондуктор-опалубка (оренда)</i>	шт*місяць	10	1500	15000
11	<i>Вартість доставки</i>				2000
12	<i>Оренда крану "Галичанин" 25 т</i>	днів	2	7000	14000
13	<i>Бетонування стакану фундаменту</i>	люд-год	32	100	3200
14	<i>Бетон В25</i>	м3	4,56	3400	15504
15	<i>Доставка на відстань 30 км</i>	м3*км	4,56	600	2736
16	<i>Догляд за бетоном</i>	люд-год	16	100	1600
17	<i>Оренда крану "Галичанин" 25 т</i>	днів	1	7000	7000
	<i>Вартість праці, грн</i>				20000

	<i>Вартість матеріалів, грн</i>				80919,38
	<i>Вартість доставки, грн</i>				8565,52
	<i>Вартість оренди крану, грн</i>				42000
	<i>Супутні витрати (15% від вартості)</i>				30296,98
	<i>Всього, вартість, грн:</i>				181781,9

Зведені показники вартості праці, матеріалів, послуг доставки та оренди обладнання зведено у таблицю 4.9:

Таблиця 4.9

Порівняння вартості влаштування фундаментів за КТР

	КТР:		
Назва показника	F_2	F_3	F_4
Вартість виконання робіт, грн	15200	23200	20000
Вартість матеріалів, грн	69415,38	138866,00	80919,38
Вартість доставки, грн	7829,52	21456	8565,52
Вартість оренди крану, грн	35000	49000	42000
Супутні витрати (15% від вартості)	25488,98	46504,4	30296,98
Всього, вартість, грн:	152933,9	279026,4	181781,9

Визначення вартості виконання робіт (вартість праці), складається із кількості людино-змін, помножених на погодинну зарплатну ставку у розмірі 100 грн/год для робітника. Порівняння вартості виконання робіт для КТР виглядає наступним чином (рис.4.8), та визначає вартість робіт для КТР F_3 найвищою (23 200 грн), що пов'язано з великою кількістю процесів; вартість виконання робіт для КТР F_4 є нижчою на 16%; найнижча вартість виконання робіт для КТР F_2 (15 200 грн), що пов'язано з мінімальною кількістю ручних процесів за рахунок використання збірних конструктивних елементів фундаменту.

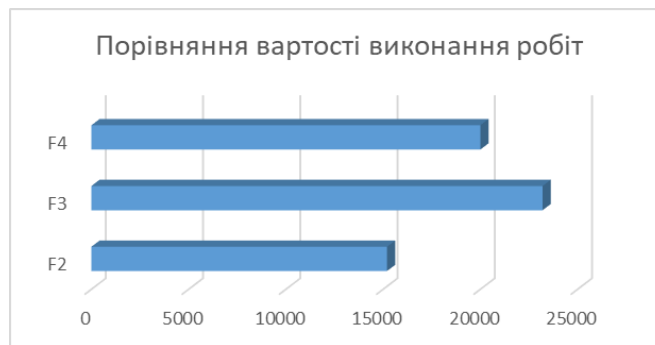


Рис. 4.8. Порівняння вартості виконання робіт для КТР.

Вартість матеріалів для влаштування КТР стовпчастих фундаментів найвища для КТР F_3 , і складає 138 866 грн. Висока вартість матеріалів для КТР F_3 пояснюється потребою у закупівлі окремих бетонних сумішей та арматурних каркасів. Вартість матеріалів для влаштування фундаменту за КТР F_4 складає 81 000 грн, що на 42% менше від КТР F_3 . Найдешевший показник вартості матеріалів властивий КТР F_2 , 69 415 грн, що на 16% менше від КТР F_4 .



Рис. 4.9. Порівняння вартості матеріалів для КТР.

Вартість доставки матеріалів включає вартість перевезення бетонних сумішей, конструкцій (фундаментних стаканів, блоків), арматурних каркасів від місця виготовлення до будівельного майданчику, опалубок та інших витратних матеріалів. Найвища вартість доставки визначена для КТР F_3 (21 456 грн). Це пояснюється тим, що для влаштування бетонної підготовки та фундаментної плити

виконується окрема доставка матеріалів – каркасів, бетонної суміші, опалубки. Вартість доставки КТР F_2 та КТР F_4 складає 7829 грн і 8565 грн відповідно, що майже в 2 рази менше від вартості доставки КТР F_3 .

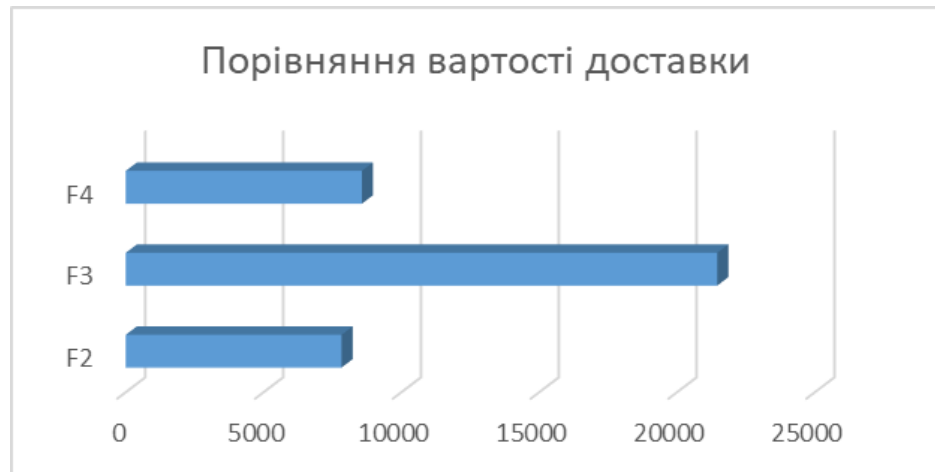


Рис. 4.10. Порівняння вартості доставки КТР.

Вартість оренди кранів для КТР напряму залежить від тривалості виконання робіт. Оскільки влаштування фундаменту за КТР F_3 потребує найбільше часу на виконання процесів, то вартість оренди складає найбільший показник (49 000 грн). Вартість оренди крану для КТР F_4 складає 42 000 грн, і для КТР F_2 35 000 грн.

Порівняння загальної вартості влаштування 10 фундаментів за визначеними КТР зводиться до наступних показників: найдорожчим є влаштування стовпчастих фундаментів за КТР F_3 (279026,4 грн); вартість влаштування фундаментів за КТР F_4 складає 181781,9 грн; вартість влаштування стовпчастих фундаментів за КТР F_2 (збірна технологія) є найнижчою і складає 152933,9 грн.



Рис. 4.11. Порівняння вартості влаштування фундаментів за визначеними КТР.

Структура співвідношення вартості влаштування КТР фундаментів складається з наступних показників:



Рис. 4.12. Структура вартості влаштування фундаменту за конструктивно-технологічним рішенням КТР F_2 .

Для КТР F_2 найбільша стаття витрат припадає на вартість матеріалів (45,4%), та на вартість оренди крану 22,9% від загальної суми вартості. Вартість виконання робіт (праці) складає 10%, а вартість доставки – 5%.



Рис. 4.13. Структура вартості влаштування фундаменту за конструктивно-технологічним рішенням КТР F_3 .

Для КТР F_3 найбільша стаття витрат припадає на вартість матеріалів (49,8 %), та на вартість оренди крану 17,7 % від загальної суми вартості. Вартість виконання робіт (праці) складає 8,3 %, а вартість доставки – 7,7 %.



Рис. 4.14. Структура вартості влаштування фундаменту за конструктивно-технологічним рішенням КТР F_4 .

Для КТР F_4 найбільша стаття витрат припадає на вартість матеріалів (44,5 %), та на вартість оренди крану 23,1 % від загальної суми вартості. Вартість виконання робіт (праці) складає 11 %, а вартість доставки – 4,7 %.

Отже, для розглянутих КТР вартість матеріалів складає від 44% до 50% від загальної вартості, вартість оренди кранового обладнання складає від 17% до 23%. Витрата коштів на оплату праці складає в межах від 8% до 12%, а витрати на доставку матеріалів та обладнання складають до від 4% до 8%.

При порівнянні вартості влаштування стовпчастих фундаментів за визначеними КТР визначено, що найдорожчим варіантом є КТР F_3 , який представлено збірно-монолітним фундаментом із збірним стаканом та монолітною фундаментною плитою. КТР F_4 , що представлено збірно-монолітним фундаментом із збірною фундаментною плитою та монолітним стаканом є дешевшим у виконанні, порівнюючи з КТР F_3 ; найдешевшим варіантом для влаштування стовпчастих фундаментів визначено КТР F_2 , який представлено збірним фундаментом, що складається із збірної фундаментної плити та збірного стакану. Цьому варіанту властива найменша кількість процесів, що зменшує кількість витрат праці, а також скорочує термін влаштування фундаменту та терміну експлуатації машин.

Варто враховувати, що при розрахунку вартості зведення першого ярусу будівель для КТР F_2 та КТР F_3 властиві технологічні перерви. Частково, тривалість технологічних перерв нівелюється за рахунок виконання процесів на інших ділянках. Проте, технологічні перерви можуть призводити до простоювання кранового обладнання, що призводить до підвищення вартості виконання робіт.

Застосування КТР F_4 для влаштування стовпчастих фундаментів дозволяє виключити можливість підвищення терміну виконання робіт за рахунок відсутності технологічних перерв. Завдяки такому методу виконується точне планування витрат ресурсів та зменшується вірогідність простою техніки.

Висновки до четвертого розділу

1. На основі отриманих результатів досліджень розроблено та обґрунтовано конструктивно-технологічне рішення влаштування стовпчастих фундаментів каркасних малоповерхових споруд. Конструктивно-технологічне рішення влаштування стовпчастих фундаментів базується на одночасному монтажі колони та влаштуванні монолітного стакану фундаменту, які закріплені кондуктором-опалубкою. Дане КТР передбачає використання збірної фундаментної плити, що робить це рішення придатним до застосування в умовах котлованів із рівнем ґрунтових вод в межах відмітки дна котловану або вище. Об'єм бетонування стакану фундаменту ($0,47 \text{ м}^3$) дозволяє проведення екзотермічної реакції бетонної суміші при зимовій температурі навколишнього середовища без застосування додаткових електричних засобів обігріву.

2. Розроблено рекомендації щодо впровадження даного КТР в умовах будівництва. Рекомендації включають порядок та послідовність проведення технологічних процесів та операцій по влаштуванню стовпчастих фундаментів. Розроблено конструкцію кондуктора-опалубки та рекомендації щодо його установки.

3. Виконано розрахунок собівартості виготовлення та оренди кондуктора-опалубки на основі актуальних цін на металевий прокат. Орендна вартість розрахована у відповідності до чинних стандартів ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 «Правила визначення вартості будівництва» [139] та актуальних цін на опалубки.

4. Порівняння вартості влаштування фундаментів за визначеними КТР виконано для 10 фундаментів. При порівнянні визначено, що вартість влаштування стовпчастих фундаментів за КТР F_3 дорожче на 46% за вартість влаштування стовпчастих фундаментів за КТР F_2 . Вартість влаштування фундаментів за варіантами КТР F_2 і КТР F_4 відрізняється на 15%, вартість застосування рішення КТР F_4 із кондуктором-опалубкою є вищою, що пов'язано із більшою кількістю операцій та більшим терміном виконання робіт відносно збірного фундаменту КТР F_2 . Проте, для влаштування фундаменту за КТР F_2 присутня технологічна перерва,

що за умови малої кількості фундаментів ($n \leq 8$) призводить до збільшення терміну зведення елементів будівлі та до простоювання техніки, що призводить до збільшення грошових витрат. Влаштування стовпчастих фундаментів за КТР F_4 не передбачає дотримання технологічної перерви, тому ризики подовження терміну виконання робіт та експлуатації вартісного кранового обладнання мінімізуються.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено науково-практичну задачу підвищення ефективності зведення малоповерхових каркасних будівель шляхом обґрунтування та удосконалення технології влаштування стовпчастих фундаментів з монтажем колон для формування монолітних стаканів.

На основі проведених теоретичних досліджень та організаційно-технологічного моделювання сформульовано наступні висновки:

1) За результатами аналізу сучасного досвіду зведення каркасних будівель встановлено переваги збірної будівництва, яке характеризується високою швидкістю зведення, що відповідає потребі суспільства України у швидкому відновленні житлового фонду переважно будівництвом малоповерхових каркасних будівель. Проте, темпи зведення збірних каркасних будівель стримуються технологічними перервами, пов'язаними з недосконалим рішенням стикових монолітних з'єднань колон зі стовпчастими фундаментами стаканного типу, яке на сучасному етапі розвитку будівництва знайшло масове використання.

2) Зменшення впливу технологічних перерв на продуктивність процесу зведення збірних каркасних малоповерхових будівель запропоновано використанням технології монтажу колон на збірну плиту фундаменту з подальшим виготовленням монолітного стакану, для влаштування якого змонтована колона виконує функцію формуютьовача. Доведено, що найближчими до цього рішення існує ряд конструктивно-технологічних рішень збірних та збірно-монолітних фундаментів, тому метою дослідження прийнято обґрунтування і удосконалення нової технології зведення збірних каркасних малоповерхових будівель.

3) За критерії ефективності при обґрунтуванні організаційно-технологічних рішень зведення каркасних будівель прийняті трудомісткість та продуктивність процесів. За методом експертного оцінювання впливу факторів на трудомісткість та продуктивність влаштування фундаментів виконаний відбір факторів для подальшого дослідження, до яких включені: кількість операцій (дій) в процесі;

кількість та тривалість технологічних перерв; темп та відповідальність виконання дій; температура зовнішнього повітря та транспортні витрати. За методикою розміщення пріоритетів за відібраними факторами та критеріями проведено оцінювання варіантів технологій, за результатами якого скорочений об'єм об'єктів дослідження до розглядання варіантів технологій зведення з фундаментами: збірна плита та збірний стакан; монолітна плита та збірний стакан; збірна плита та монолітний стакан, сформований після монтажу колони.

4) Виконані дослідження трудомісткості технологічних процесів, для проведення якого були по відібраних варіантах технологій розчленовані процеси на складові операції і комплекси дій, проведено нормування елементів процесу за відомим методом цілочислового нормування з подальшим синтезом витрат праці на виконання всієї сукупності операцій і дій та встановленням норм витрат праці для подальшого моделювання технологічних процесів. Дослідження трудомісткості процесів зведення каркасних будівель різних планувальних і конструктивних рішень дозволило виконати обґрунтування нового технологічного рішення, яке відповідає найменшій трудомісткості. Досягається зниження трудомісткості процесів до 20%...30%, в порівнянні із зазначеною технологією збірно-монолітного влаштування стовпчастих фундаментів.

5) Дослідження продуктивності процесів по варіантах виконано на моделях організації процесів зведення першого ярусу каркасних будівель за змінними параметрами планувальних і конструктивних рішень будівель, що дозволило отримати масив даних продуктивності процесів і знайти раціональні області застосування варіантів в залежності від факторів впливу, а також виконати обґрунтування технологічного рішення влаштування стовпчастих фундаментів з монтажем колон для формування монолітних стаканів, яке відповідає найбільшій продуктивності процесу, завдяки тому, що технологічні перерви при влаштуванні монолітних стаканів виведені за межі критичного шляху, на якому залишаються тільки монтажні процеси.

6) За результатами дослідження впливу зовнішньої температури на продуктивність процесів по варіантах встановлені параметри технологічних перерв, за якими зниження температури менш, ніж 15°C суттєво надає переваги варіанту з новою технологією, оскільки по варіантах з монолітними стиками значно зростають технологічні перерви. При нормальних умовах витримки бетону ($15^{\circ} - 25^{\circ}\text{C}$) продуктивність за новою технології збільшується на 15%...20%, що дозволяє пришвидшити відновлення житлового фонду України.

7) Визначено пріоритети подальшого розвитку дослідження, до яких віднесено: збільшення рівня механізації процесів влаштування стовпчастих фундаментів та монтажу конструкцій каркасних будівель; застосування результатів дослідження для одноповерхових та для багатоповерхових каркасних будівель; для плитних монолітних фундаментів з монтажем колон для формування монолітних стіканів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Велика Українська Енциклопедія. URL: <https://vue.gov.ua>
2. Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. Конструкції будівель і споруд. Книга 1: підручник / Під ред. Гетун Г. В. Київ.: Ліра-К, 2021. 816 с.
3. Гетун Г.В., Куліков П.М., Плоский В.О., Чернишев Д.О. Конструкції будівель і споруд. Книга 2. Нежитлові будівлі: підручник / Під ред. Гетун Г.В. Кам'янець-Подільський. ТОВ «Друкарня» Рута», 2023. 900 с.
4. Обсяг виконаних будівельних робіт за видами будівельної продукції URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2014/bud/ovb/ovb_u/ovb_rik_u.htm
5. Смоляк В.В. Архітектура виробничих будівель багатоповерхові каркасні будинки / Смоляк В.В., Ковальський В.П., Козинюк Н.В. та ін. Вінниця: ВНТУ, 2019. – 76 с. URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/IRVC/Smolyak_2019_76.pdf
6. Twentieth-century. Building materials. History and conservation / edited with a new preface by Thomas C. Jester. – Los Angeles, California : Published by the Getty Conservation Institute, 2014. – 320 p.
7. A Brief History of Reinforced Concrete Buildings. Reinforcing concrete made highly complex large-scale structures possible. The Historic England Blog URL: <https://heritagecalling.com/2022/09/22/a-brief-history-of-reinforced-concrete-buildings-in-england/>
8. Salmon Ryan, Elliott Meghan. The Kahn System of Reinforced Concrete. Historic Structures. Structure magazine. URL: <https://www.structuremag.org/?p=401>
9. Old Ford Motors factory in Kentucky. Historic Structures. URL: https://www.historic-structures.com/ky/louisville/ford_motor_company_louisville_plant/
10. Hurst. M.K. Prestressed Concrete Design / M.K.Hurst. – 2nd Edition, - London : Taylor & Francis e-Library, 2003. – 257 p.

11. Elliott Kim S. Precast concrete structures. Oxford : an imprint of Elsevier Science, 2002. 389 p. URL: https://students.aiu.edu/submissions/profiles/resources/onlineBook/w3s7W6_Precast%20Concrete%20Structures.pdf
12. Технологія монтажу будівельних конструкцій: навчальний посібник / В.К. Черненко, О.Ф. Осипов, Г.М. Тонкачєєв та інші; За ред.. В.К. Черненка. К.: Горобець Г.С., 2010. 372 с.
13. Почапський М.Д., Бутнік С.В., Помазан М.Д. Перспективи збірно-монолітного будівництва для відновлення об'єктів в Україні. Будівельне Виробництво. 2022. №74. с. 35-41
14. О. М. Пшінько, А. В. Радкевич, М. І. Нетеса, А. М. Нетеса. Технологія спеціальних робіт: навчальний посібник. Дніпро: Журфонд, 2020. 432 с.
15. Тонкачєєв Г.М., Лепська Л.А., Шарапа С.П. Методологія вивчення будівельних технологій: навч. посібник. Київ : КНУБА. 2019. 214с.
16. Варіантне проєктування інноваційних технологій каркасного будівництва: методичні вказівки до виконання практичних занять та розробки курсової роботи з освітньої компоненти «Дисципліни спеціальної підготовки» / Г.М. Тонкачєєв, К.В. Черненко, Л.А. Лепська, О.Г. Шандра. Київ : КНУБА.2023.78 с.
17. Інноваційні технології каркасного будівництва. / Г.М. Тонкачєєв, О.С. Молодід, В.Г.Тонкачєєв, О.Г. Шандра. За ред. проф. Г.М. Тонкачєєва. Київ : Ліра-К, 2024. 316 с.
18. Жван В.Д. Зведення і монтаж будівель і споруд: навч. посібник / В.Д. Жван, М.Д. Помазан, О.В. Жван. Харків : ХНАМГ, 2011. 395 с.
19. Пащенко Т.М., Сліпич О.О., Дремова І.Б. Будівельні конструкції: навчальний посібник / під ред. Т.М. Пащенко. Київ : ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2015. 310 с.
20. В.І. Торкатюк, І.Л. Железнякова, О.Ю. Прижкова, Д.В. Соколов, Н.В. Дріль, О.О. Архипенко. Проблеми та шляхи формування перспективних напрямків функціонування будівельного комплексу на основі логістичних систем. Харківський

національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова. 2014. URL: https://economy.kname.edu.ua/images/files/konferenc/dec2014/4_6.Pdf

21. Радкевич А.В., Арутюнян І.А., Сайков Д.В. Моделі оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва підрядних підприємств України. Управління розвитком складних систем. 2018. №33. С. 124-130.

22. Варіантне проектування інноваційних технологій каркасного будівництва: методичні вказівки до виконання практичних занять та розробки курсової роботи з освітньої компоненти «Дисципліни спеціальної підготовки»/ Укладачі: Г.М. Тонкачєєв, К.В. Черненко, Л.А. Лєпська, О.Г. Шандра. Київ: Видавництво Ліра-К. 2023. 78 с.

23. Тонкачєєв Г. М. Перспективи та ефективність зведення будівель за збірно-монолітною технологією. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2013. вип. 30. с. 226-233.

24. Тонкачєєв Г.М., Шарапа С.П., Клис М. В. Технологія зведення монолітних багатоповерхових будівель і перспективи її розвитку. Містобудування та територіальне планування. 2013. Вип. 47. с. 633-637.

25. Тонкачєєв Г.М. Інноваційні технології каркасного будівництва: конспект лекцій. Київ. 2020. 124 с.

26. Проектування технології улаштування фундаментів каркасних будівель: методичні вказівки / Г.М. Тонкачєєв, Л.А. Лєпська, О.Г. Шандра. Київ: Видавництво Ліра-К, 2023. 62 с.

27. Тонкачєєв Г. М. Лєпська Л.А., Шарапа С.П. Система обґрунтування технологічних параметрів монтажної оснастки для обмеження та фіксації конструкцій, що монтуються. Містобудування та територіальне планування. 2014. Київ. КНУБА Вип. 52. С. 418 - 426. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/items/447690f0-df0f-4104-87cd-ce90ad68c985>

28. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування - [Чинний від 2007-01-01]. – Київ : МінБуд України, 2006 – 75 с.

29. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. [Чинний від 2019-01-01]. – Київ : Мінрегіон України, 2018 – 36 с.

30. ДБН А.2.1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва. [Чинний від 2008-07-01]. – Київ : Мінрегіон України, 2008 – 72 с.

31. Білик А.С. Екологічний та економічний аналіз життєвого циклу каркасів будівель: монографія. Київ : УЦСБ, КНУБА, 7БЦ, 2022. 263 с.

32. Д. Ф. Гончаренко, Д. В. Чибаров. Реконструкція здания Харьковской областной филармонии. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. 2016. Вип. 33. С. 227-236. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rmkbs_2016_33_32

33. Д. Ф. Гончаренко, І. О. Менеїлюк, О. Л. Нікіфоров. Наукові основи оптимізації організаційно-технологічних рішень цивільного будівництва у прибережній зоні. Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура. 2019. Т. 6. С. 124-129. DOI 10.33042/2522-1809-2019-6-152-124-129

34. О. І. Менеїлюк, О. Л. Нікіфоров, І. О. Менеїлюк. Оптимізація організаційних, технологічних і фінансових рішень при реконструкції висотних інженерних споруд. Комунальне господарство міст. Серія Технічні науки та архітектура. 2016. Вип. 126. С. 67-72. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2016_126_14

35. Лівінський О.М. Дослідження і розробка ефективних методів організації опорядження фасадів монолітних будинків. Техніка будівництва. 2005. №17. С.54-57. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/0771b6a4-4dfd-4e9b-ae34-69b120c47df1/content>

36. Шумаков І.В., Мікаутадзе Р.І., Салія М.Г., Ляхов І.І. Вплив факторів міського середовища на тривалість зведення підземних частин цивільних будівель. Серія «Технічні науки». 2018. Випуск 1 (81). С.172-182. <https://doi.org/10.31713/vt1201819>

37. Шумаков І.В., Червяков Ю.М., Мікаутадзе Р.І., Ляхов І.І. Основні фактори впливу при улаштуванні котловану та заходи щодо запобігання впливу будівництва

підземної частини будівлі на оточуюче середовище. Будівельне виробництво. 2020. №70. С. 56-61. <https://doi.org/10.36750/252462555.70.56661>

38. Осипов О.Ф., Казимір Д.В. Досвід будівництва в існуючій забудові крупних і середніх міст Євросоюзу. Містобудування та територіальне планування. 2011. Вип. 42. С. 249-257.

39. Лавринович М.В. Порівняльний аналіз та перспективи розвитку технології будівництва збірно-монолітних фундаментів стаканного типу. Будівельне виробництво. 2022. №73. С. 58-63.

40. Butnik S.V., Viatkin V.A., Dzhlalov M.N., Hovorukha I.V., Bielka V.V. Peculiarities of erecting walls for houses and buildings by technology of monolithic construction using permanent formwork unit. Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD). 2020. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 907. doi:10.1088/1757-899X/907/1/012026

41. Тонкачєєв Г.М. Дослідження фіксаторів для монтажу збірних будівельних конструкцій / Г. М. Тонкачєєв, Л. А. Лєпська // Містобудування та територіальне планування: наук. техн. збірник. К.: КНУБА, 2013. Вип. 48 С. 457-463.

42. В. О. Поколенко, Г. В. Лагутін, О. А. Тугай, П. М. Куліков, Н. О. Борисова, Д. О. Приходько, Ю. А. Чуприна, В. А. Скакун. (2015). Новітні інформаційно-аналітичні моделі управління підготовкою будівництва на засадах девелопменту. Управління розвитком складних систем, (1). DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2010.1.%25p>

43. О.А. Тугай, В.О. Поколенко, Г.М. Рижаківа, Д.О. Приходько, З.В. Лагутіна, С.П. Стеценко. (2012). Розробка сучасних аналітичних інструментів та організаційних структур забезпечення економічно надійного інвестування будівництва. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2012, (26), 87–99. <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2012.26.87-99>

44. О.М. Махія, А.М. Шабалтун. Сучасний стан технології влаштування ін'єкційної відсічної гідроізоляції. Теоретична екологія, 2018, №5, 67-72. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2018-4-23-15>

45. Sunita Bansal, Srijit Biswas, S.K. Singh. Fuzzy decision approach for selection of most suitable construction method of Green Buildings. *International journal of sustainable built environment*, vol. 6, issue 1, june 2017, pages 122-132. <https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2017.02.005>
46. Zhengdao Li, Geoffrey Qiping Shen, Xiaolong Xue. Critical review of the research on the management of prefabricated construction. *Habitat International*, volume 43, July 2014, p. 240-249. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.04.001>
47. Satheekumar Navarathan, Tuan Ngo, Tharaka Gunawardena, David Henderson. Performance Review of Prefabricated Building Systems and Future Research in Australia. *Buildings* 2019, 9(2), 38. <https://doi.org/10.3390/buildings9020038>
48. Bachmann, H.; Tillmann, M.; Urban, S. *Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau* (BetonKalendar 2021); Ernst & Sohn (Wiley): Berlin, Germany, 2021; URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9783433610206.ch2>
49. Marayam Shahpari, Fatemeh Mehdizadeh Saradj, Mir Saman Pishvaei, Saeid Piri. Assessing the productivity of prefabricated and in-situ construction systems using hybrid multi-criteria decision making method. *Journal of Building Engineering*, volume 27, January 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100979>
50. Serdar Durduev, Jasper Mbachu. On-site Labour Productivity of New Zealand Construction Industry: Key Constraints and Improvement Measures. September 2011 *Australasian Journal of Construction Economics and Building* 11(3):18-33. DOI:10.5130/ajceb.v11i3.2120
51. Murat Gunduz, Abdulrahman Abu-Hijlen. Assessment of Human Productivity Drivers for Construction Labor through Importance Rating and Risk Mapping. *Sustainability* 2020, 12(20), 8614; <https://doi.org/10.3390/su12208614>
52. Mohammad Kamali, Kasun Hewage. Development of performance criteria for sustainability evaluation of modular versus conventional construction methods. *Journal of cleaner production*, Volume 142, Part 4, 2017, p. 3592-3606 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.108>

53. Ying Chen, Gül E. Okudan, David R. Riley. Sustainable performance criteria for construction method selection in concrete buildings. *Automation in Construction*, volume 19, issue 2, March 2010, p. 235-244. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.10.004>
54. Huang Allison L., Chapman Robert E., Butry David T. *Metrics and Tools for Measuring Construction Productivity: Technical and Empirical Considerations*. U.S. Department of Commerce National Institute of Standards and Technology - 2009. 179 p.
55. Tsu Yian Lee, Faridahanim Ahmad, Mohd Adib Sarijari. Current Status and Future Research Trends of Construction Labor Productivity Monitoring: A Bibliometric Review. - *Buildings* 2023, 13(6), 1479 <https://doi.org/10.3390/buildings13061479>
56. Nascimbene R., Bianco L., Cyclic response of column to foundation connections of reinforced concrete precast structures: Numerical and experimental comparisons. *Engineering Structures*. 2021. Vol 274. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113214>
57. Horia Constantinescu, Traian-Nicu Toader. Structural Design and Technology of Pocket Foundations for Long Precast Concrete Columns in Seismic Areas. *Buildings* 2024. 14(11).<https://doi.org/10.3390/buildings14113466>
58. Fabio Minghini, Nerio Tullini. Seismic Retrofitting Solutions for Precast RC Industrial Buildings Struck by the 2012 Earthquakes in Northern Italy. February 2021, *Frontiers in Built Environment*. DOI:10.3389/fbuil.2021.631315
59. Mustafa Tolga Cogyrucu, Mehmet Uzun. Experimental investigation of a new precast column-foundation connection under cyclic loading. *Journal of Building Engineering*. Volume 50, June 2022.
60. Selim Paul, Mehmet Senturk, Alper Ilki, Iman Hajirasouliha. Experimental and numerical investigation of a proposed monolithic-like precast concrete column-foundation connection. *Engineering structures*. 2021. Volume 246. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113090>
61. Cast-in-Place Concrete's Rise in US Commercial Construction. HamiltonMayer International. URL: <https://www.hamiltonmayer.com/cast-in-place-concretes-rise-in-us-commercial-construction/>

62. PERI. Formwork Component Catalogue. 2009. 648 с. URL: http://www.peri.lt/files/pdf3/Component_Catalogue_Formwork_2009_en.pdf/.
63. ДБН В.1.2-12-2008 "Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки". – Київ, Мінрегіонбуд України, 2008 – 36 с.
64. Корнієнко М.В. Основи та фундаменти. Навчальний посібник. / Корнієнко М.В. – К.: КНУБА. 2009. – 150 с.
65. А. С. №969865 СССР, МКИ Е 04 G 21/26 №3008838/29 Спосіб монтажу колон – 33; Заявлено 26.11.80; Оpubліковано 30.10.82, Бюл. № 40 3 с.
66. Пат. 88730 Україна, МПК Е04 G21/24 Кондуктор для монтажу колон Тонкачєєв Г. М., Рашківський В. П.; заявник і власник ТОВ «Буді опубна. компанія ТАУР». - а 2008 04145; заявл. 02.04.08; чинний з 10.11.09; опубл. 10.11.09 Бюл. №21.
67. Production and warehouse halls. Pecabex. URL: <https://pekabex.com/en/offer/prefabrication/production-and-warehouse-halls/>
68. Prefabricated Reinforced Concrete Building Elements. Prefabric beton. URL: <https://prefabrikbeton.com/en/prefabricated-reinforced-concrete-building-elements/>
69. Prefabricated foundation sockets, stairs and shear walls. AKAT Prefabriке. URL: <https://www.akat.com.tr/product-groups/en-prefabriке-soketmerdiven-ve-deprem-perdeleri>
70. Precast foundation blocks. Vroom funderingtechnieken. URL: <https://vroom.nl/en/product/precast-foundation-blocks/> 11
71. Prefabricated socket foundations allow for quick and precise installation of columns without the monolithic works at the construction site. Pecabex. URL: <https://pekabex.com/en/offer/products/foundations/socket-foundations/>
72. Логістичний склад. Build Ukraine. URL: <https://build-ukraine.com.ua/project/logistichnij-sklad/>
73. BKI. Kostenplanung. URL: <https://bki.de/produkte/kostenplanung#handbuecher-und-arbeitshilfen>

74. Залізобетонні вироби (ЗБВ) від компанії "Бетон від Ковальської". Бетон від Ковальської. URL: <https://beton.kovalska.com/zbv/>
75. З'єднання колон з фундаментом. URL: <https://oberbeton.ua/uk/колони>
76. Фундаментні стакани. URL: <https://oberbeton.ua/uk/фундаментні-стакани/>
77. Foundations & Footings. Sabri Farah International. Precast concrete producer. URL: <https://sfi-precast.com/products/foundations/>
78. Grzeorg Ludwik Golewski. The Specificity of Shaping and Execution of Monolithic Pocket Foundations (PF) in Hall Buildings. Buildings - 2022, 12(2). <https://doi.org/10.3390/buildings12020192>
79. ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016 Настанова з виробництва бетонних і залізобетонних виробів. Київ, ДП УкрНДЦ, 2017. – 21 с.
80. КНУ РЕКНБ. Збірник 5 «Пальові роботи. Опускні колодязі. Закріплення ґрунтів». - Міністерство розвитку громад та територій України, 2023. – 299 с.
81. КНУ РЕКНБ. Збірник 6 «Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні». - Міністерство розвитку громад та територій України, 2023. – 117 с.
82. КНУ РЕКНБ. Збірник 7 «Бетонні та залізобетонні конструкції збірні». - Міністерство розвитку громад та територій України, 2023. – 214 с.
83. КНУ РЕКНБ. Збірник 11 «Підлоги». - Міністерство розвитку громад та територій України, 2023. – 57 с.
84. КНУ РЕКНБ. Збірник 6. «Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні». ДБН Д.2.2-6-99. – Держбуд України, 2000 – 75 с.
85. КНУ РЕКНБ. Збірник 7. «Бетонні та залізобетонні конструкції збірні». ДБН Д.2.2-7-99. – Держбуд України, 2000 – 97 с.
86. КНУ РЕКНБ. Збірник 6. «Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні». Збирання і розбирання опалубки. ДСТУ Б Д.2.2-1:2008. – Мінрегіонбуд України, 2008 – 124 с.
87. КНУ РЕКНБ. Збірник 6. «Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні». Бетонні роботи. ДСТУ Б Д.2.2-3:2008. – Мінрегіонбуд України, 2008 – 15 с.

88. КНУ РЕКНБ. Збірник 6. «Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні». Арматурні роботи. ДСТУ Б Д.2.2-2:2008. – Мінрегіонбуд України, 2008 – 38 с.

89. ЕНиР Сборник 4 «Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций». Выпуск 1. Здания и промышленные сооружения. - Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт труда в строительстве Госстроя СССР, 1986 – 72 с.

90. Тонкачєєв Г.М., Носач К.В., Визначення витрат часу за допомогою цілочисельного нормування на прикладі влаштування опалубки для монолітної плити перекриття / Г.М.Тонкачєєв // Будівельні конструкції. Теорія і практика. – 2021 - №8

91. Тонкачєєв Г.М, Молодід О.С., Тонкачєєв В.Г., Шандра О.Г. Метод цілочислового нормування процесу підсилення залізобетонних рам каркасних будівель. Нові технології в будівництві. 2023. №43. с. 60-66. DOI: <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2023.43.8>

92. Тонкачєєв Г.М., Тонкачєєв В.Г., Носач К.В. Відбір опалубних систем для влаштування монолітних колон за методикою цілочислового нормування трудомісткості та тривалості процесів. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах ринкових відносин. 2021. Вип. 47. Ч.1. с. 96-107 DOI:10.32347/2707-501x.2021.47(1).96-107.

93. Тонкачєєв Г.М. Нова система нормування витрат часу для прийняття технологічних рішень / Г.М. Тонкачєєв // Містобудування та територіальне планування. – 2013. – Вип. 50. С. 700-704.

94. Система аналітичного визначення норм витрат праці на виконання будівельних процесів / Г.М. Тонкачєєв, В.Г. Тонкачєєв, В.П. Рашківський, О.Г. Шандра // Будівельне виробництво. К.: НДІБВ, 2022. № 74. С. 3-9.

95. Молодід О.С., Шандра О.Г. Методи нормування процесів зведення монолітних будівельних конструкцій // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: Зб. наук. праць. К.: КНУБА, 2023. Вип. 52. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52\(1\).55-61](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(1).55-61).

96. Тонкачєєв Г.М., Носач К.В. Вплив властивостей бетонної суміші на технологію влаштування стовпчастих фундаментів. / Г.М.Тонкачєєв // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020 - випуск 45, технічний

97. Тонкачєєв Г.М., Носач К.В., Аналіз властивостей бетонної суміші для влаштування стовпчастих фундаментів / Г.М.Тонкачєєв // V Міжнародна науково-технічна конференція “Ефективні технології в будівництві” – 2020

98. Тонкачєєв Г.М., Носач К.В., Використання незнімної залізобетонної опалубки для влаштування монолітних та збірно-монолітних стовпчастих фундаментів / Г.М.Тонкачєєв // Інноваційні технології в архітектурі і дизайні (ХНУБА) – 2021

99. Тонкачєєв Г.М., Носач К.В., Використання муфтових з'єднань збірно-монолітних стовпчастих фундаментів / Г.М.Тонкачєєв // Будівлі та споруди спеціального призначення: сучасні матеріали та конструкції. – 2021

100. "Shallow Foundations: Bearing Capacity and Settlement" by Braja M. Das (2020)

101. ДСТУ Б В.2.6-2:2009 Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови. Київ, Мінрегіонбуд України, 2010. – 34 с.

102. Шутенко Л.М. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник / Л.М. Шутенко, О.Г. Рудь, О.В. Кічаєва та ін. ; за ред. Л.М. Шутенка ; пер. з рос. ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 563 с.

103. Інженерна геологія / Суярко В. Г., [та ін.]; Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна. - Харків : 2019. - 296 с.

104. ДСТУ-н Б В.2.6-203:2015 Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажі будівельних конструкцій. Київ: Мінрегіонбуд, 2015. 62 с.

105. ДСТУ Б В.2.7-176:2008 (EN206-1:2000, NEQ) Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови. Київ: Мінрегіонбуд, 2010. 108 с.

106. Турчин В. М. Математична статистика : навчальний посібник. Київ: Видавничий центр «Академія», 1999. – 240 с.

107. Основи наукових досліджень: навч. посіб. / за заг. ред. Т. В. Гончарук. — Тернопіль, 2014. — 272 с.

108. ДСТУ Б В.2.6-145:2010. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги. - [На заміну ГОСТ 31384:2008, NEQ; чинний від 2010-10-26]. – Київ : ДП «НДІБК», 2010 – 51 с.

109. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія - [Чинний від 2010-12-16]. – Київ : ДП «НДІБК», 2010 – 123 с.

110. Гембарський Л.В. Технологія, механізація та організація геотехнічного будівництва. Технологія та організація геотехнічного будівництва [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Геоінженерія» / Л.В. Гембарський, С.М. Стовпник; В.В. Вапнічна; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 160 с.

111. Шайдецька Л.В. . Підвалини та фундаменти : навч. посіб. [для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Геоінженерія» спеціальності 184 Гірництво] / Л.В. Шайдецька, О.В. Ган, О.О. Вовк; [Електронний ресурс] // КПІ ім. Ігоря Сікорського — Київ : КПІ, 2022. — 160 с. — Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/86f1f2bc-ef2e-458c-8c48-d4482a79c878/content>

112. Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules

113. Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings

114. Robert W. Day, Foundation Engineering Handbook Design and Construction with the 2009 International Building Code : book / Robert W. Day – 2nd edition – The McGraw-Hill Companies, Inc., 2010 – 1005 p.

115. Coduto Donald P. Foundation Design: Principles and Practices" (4th edition, 2019)

116. Kosmatka Steven H., Wilson Michelle L. Design and control of concrete mixtures / / by Steven H. Kosmatka, Michelle L. Wilson. 15th edition. Printed in the United States of America : Portland Cement Association, 2011. 444 p.
117. ДБН А.2.2-1:2021 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС)». – Київ, Міністерство розвитку громад та територій України, 2022 – 26 с.
118. ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення". – Київ, Мінрегіонбуд України, 2012 – 117 с.
120. ДСТУ Б В.2.7-96-2000 Суміші Бетонні. Технічні Умови. – Київ, Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000. – 20 с.
121. RSMeans Data from Gordian. URL: <https://www.gordian.com/products/rsmeans-data-services/>
122. Возведение столбчатых сборно-монолитных фундаментов 2. Dmitry Solovey. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=lWb8qd7yWMk&t=66s>
123. Економіка будівельного підприємства : підручник / авт. кол.: Т.О. Окландер, І.А. Педько, О.Л. Камбур [та ін.]. – Київ : Центр учбової літератури, 2018. – 363 с.
124. Larisa Gusarova, Liubov Lepska, Oksana Rubtsova. Construction economics as an indicator of macroeconomic trends // AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research. – №13/2023, Issue 1, Special XXXIV., pp. 194-200. <https://doi.org/10.33543/j.130134.194200>
125. Тянь Р.Б., Холод Б.І., Ткаченко В.А. Управління проектами: навч. посібник Дніпропетровськ: Дніпропетровська академія управління, бізнесу і права, 2000. 224 с
126. Про архітектурну діяльність: Закон України Відомості (Верховної Ради України (ВВР), 1999, № 31, ст.246), Редакція від 31.03.2023 [Електронний ресурс] // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/687-14#Text>

127. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, № 34, ст.343), Редакція від 30.06.2024 [Електронний ресурс] // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text>

128. Теорія прийняття рішень: підручник / А. В. Катренко, В. В. Пасічник, В.П. Пасько. – К.: BHV, 2009. – 447 с. "

129. Mangesh Jadhav, Samadhan Mungase, Prof. A. A. Karad. Productivity Improvement through Maynard Operation Sequence Technique. International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology. 2017. Volume 3, Issue 1. P. 565-568. URL: <https://ijsrset.com/paper/2284.pdf>

130. Zsolt J. Viharos, Bernadett Bán. Comprehensive Comparison of MTM and BasicMOST, as the Most Widely Applied PMTS Analysis Methods. 17th IMEKO TC 10 and EUROLAB Virtual Conference “Global Trends in Testing, Diagnostics & Inspection for 2030”. 2020. P. 393-401. URL: <https://www.imeko.org/publications/tc10-2020/IMEKO-TC10-2020-058.pdf>

131. Raj Kumar, Parveen Kalra, Suman Kant. Productivity enhancement of assembly line by using Maynard operation sequence technique after identification of lean wastages. International journal of Productivity and Quality Management 29(4):463. January 2020. DOI:10.1504/IJPQM.2020.106400

132. The MOST® technique. Scott-Grant for improved productivity. URL: <https://scott-grant.co.uk/terms-and-techniques/most-technique/>

133. Tonkacheiev G., Ignatenko O., Nosach K. Latest technology for erection of large-span coatings using lifting modules. 2024. Journal of XI'AN university of architecture. Volume XVI, Issue 9. P. 99-109. ISSN 1006-7930. <https://doi.org/10.37896/JXAT16.9/34809> URL: <https://drive.google.com/file/d/1u1iNyeWQowKoZNIJeU2Aupr59J7BKRwpc/view>

134. ЄНiР. Збірник 1. Внутрішньобудівельні транспортні роботи. URL: <https://studfile.net/preview/5945386/>

135. ЄНiР. Збірник Є2. Земляні роботи. URL: https://msmeta.com.ua/file/dbn_norma/3_enir/ENiR_Sbornik_2a1.pdf

134. ЄНіР. Збірник 1. Внутрішньобудівельні транспортні роботи. URL: <https://studfile.net/preview/5945386/>
135. ЄНіР. Збірник Є2. Земляні роботи. URL: https://msmeta.com.ua/file/dbn_norma/3_enir/ENiR_Sbornik_2a1.pdf
136. Труба профільна 120 мм. КТ-Сталь. URL: <https://kt-stal.com.ua/catalog/truba-kruglaya-vgp-2/pryamoygolnue-profilnue-trubu/truba-profilnaya-120120>
137. Швелер №12. КТ-Сталь. URL: <https://kt-stal.com.ua/catalog/shveller-polosa-kvadrat-list-gk/shveller-12>
138. Сталь листова 4 мм. Метінвест. URL: https://metinvest-smc.com/ua/catalog/listovoy-prokat/thickness-4/?srsltid=AfmBOorFLg6LeRF2tp6tPJk5Iqs73iFylVJ-bc0MuNJa_3Gevm0oHZ0e&
139. ДСТУ Б Д. 1.1-1:2013. Правила визначення вартості будівництва. Мінрегіон України, 2013. 93 с.
140. Оренда опалубки. Будпрокат. URL: <https://budprokat.kiev.ua/ua/catalog/opalubka>
141. Оренда опалубки. URL: <https://www.peri.com.ua/arenda-opalubky-kyev>
142. Опалубка в оренду – Київ. Rent Now. URL: <https://rentnow.com.ua/ru/kyiv/c-opalubka>
143. Оренда опалубки в Києві. iBud. URL: <https://ibud.ua/ua/c2797-arenda-opalubki>
144. Щебінь фракції 20-40. Express Tehbud. URL: <https://express-tehbud.com/shchebin/shhebin-fr-20-40>
145. Вартість доставки блоків ФБС та цементу в мішках платформою. Грандбетон. URL: <https://grandbeton.com.ua/service/platform-delivery/>
146. Фундаментний стакан Ф-2. ЗБВ-Дніпро. URL: <https://zbv-dnipro.com.ua/ua/p1126199447-fundamentnyj-stakan-f1275.html>
147. Бетонна суміш В-15. Бетон від Ковальської. URL: <https://shop.kovalska.com/ready-mix-concrete/litnij-beton-bsg-v15-r3-f50/>

148. Виготовлення арматурних каркасів. Prom UA. URL:
<https://prom.ua/ua/p562261823-armaturnyj-karkas.html>

149. Автокрани з вантажопідйомністю до 25 тонн. DP Trans. URL:
<https://dptrans.com.ua/uk/arenda-avtokrana/do-25-tonn/>

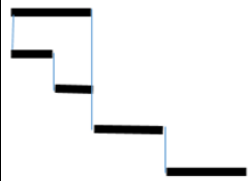
150. Мінімальна зарплата в Україні. Мінфін. URL:
<https://index.minfin.com.ua/ua/labour/salary/min/>

ДОДАТОК А

Матриці розрахунку норм витрат праці на виконання процесів

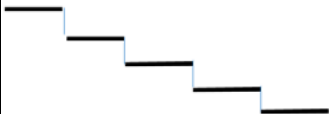
Таблиця А1

Матриця розрахунку норм витрат праці НВП 1 на влаштування щебеневої підготовки:

Операції	Кількість дій N_i за нормою часу N_h хв.								T_{wi} , хв	N_{wi} , люди	Q_{wi} , люди-хв
	1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{1.1}$							1		7	2	14
$O_{1.2}$			1						3	2	6
$O_{1.3}$				1					4	2	8
$O_{1.4}$							1		5	2	10
$O_{1.5}$							1		7	2	14
Норма витрат праці – $H_{hw} = 0,0167 \cdot 52 \cdot 1,15/1 = 1,0$ люди-год. Коефіцієнт відповідності $K_{hw} = 2,73$ (на 1 м ²)											52
<u>Структура процесу $O_{1.1}$ – влаштування щебеневої підготовки:</u> $O_{1.1}$ - ущільнення ґрунту котловану віброплитою; $O_{1.2}$ - заповнення бадді гравійною сумішшю; $O_{1.3}$ - подача щебенево-гравійної суміші до котловану; $O_{1.4}$ - розрівнювання суміші лопатами; $O_{1.5}$ - трамбування щебеню віброплитою з ручним керуванням.											

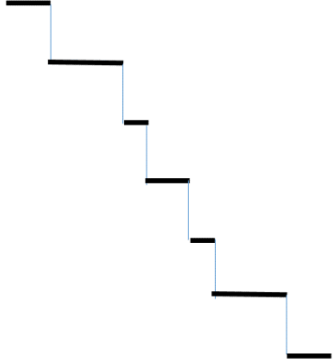
Таблиця А2

Матриця розрахунку норм витрат праці НВП 2 на влаштування бетонувальної підготовки:

Операції	Кількість дій N_i за нормою часу N_h хв.								T_{wi} , хв	N_{wi} , люди	Q_{wi} , люди-хв
	1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{3.1}$					1				5	1	5
$O_{3.2}$		1							2	2	4
$O_{3.3}$					1				5	2	10
$O_{3.4}$					1				5	2	10
$O_{3.5}$			1						3	2	6
$O_{3.6}$					1				5	2	14
Норма витрат праці – $H_{hw} = 0,0167 \cdot 49 \cdot 1,15/1 = 0,94$ люд-год. Коефіцієнт відповідності $K_{hw} = 1,85$											49
Структура процесу O_3 – бетонування підготовки: $O_{3.1}$ – заповнення бадді бетонною сумішшю; $O_{3.2}$ – подача бетонної суміші; $O_{3.3}$ – заповнення опалубки бетонною сумішшю; $O_{3.4}$ – розрівнювання бетонної суміші; $O_{3.5}$ – вібрування бетонної суміші; $O_{3.6}$ – влаштування поліетиленової плівки поверх бетонної суміші (за потреби);											

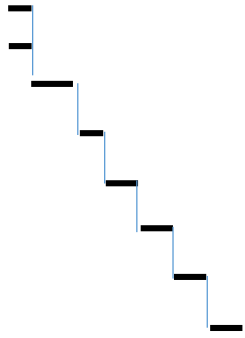
Таблиця А3

Матриця розрахунку норм витрат праці НВП 3 на монтаж фундаментної плити:

Операції	Кількість дій N_i за нормою часу N_h хв.								T_{wi} , хв	N_{wi} , люди	Q_{wi} , люди-хв
	1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{5.1}$					1				5	4	20
$O_{5.2}$			4						12	4	48
$O_{5.3}$			1						3	4	12
$O_{5.4}$				1					4	4	16
$O_{5.5}$		1							2	4	8
$O_{5.6}$							1		7	4	28
$O_{5.7}$	4								4	4	16
$O_{5.8}$			1						3	4	12
Норма витрат праці – $H_{hw} = 0,0167 \cdot 160 \cdot 1,15 / 1 = 3,07$ люд-год. Коефіцієнт відповідності $K_{hw} = 4,0$											160
<u>Структура процесу O_5 – монтаж фундаментної плити:</u> $O_{5.1}$ транспортування фундаментної плити до місця стропування, підхід працівників; $O_{5.2}$ стропування фундаментної плити; $O_{5.3}$ контрольне підняття + візуальна перевірка надійності вузлів стропування; $O_{5.4}$ остаточне підняття і переміщення; $O_{5.5}$ опускання плити; $O_{5.6}$ установка плити з вивірнням по вісях; $O_{5.7}$ знімання стропувальних засобів; $O_{5.8}$ переміщення гаку крана у вихідне положення, відхід працівників;											

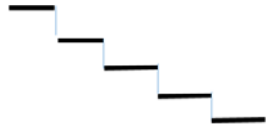
Таблиця А4

Матриця розрахунку норм витрат праці НВП 4 на монтаж збірного стакану фундаменту:

Операції	Кількість дій N_i за нормою часу N_h хв.								T_{wi} , хв	N_{wi} , люди	Q_{wi} , люди-хв
	1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{10.1}$				1					4	4	16
$O_{10.2}$			4						4	4	16
$O_{10.3}$			2						6	4	24
$O_{10.4}$		1		1		1			2	4	8
$O_{10.5}$				1					4	4	16
$O_{10.6}$					1				5	4	20
$O_{10.7}$		2							4	4	16
$O_{10.8}$		2							4	4	16
Норма витрат праці – $H_{hw} = 0,0167 \cdot 132 \cdot 1,15 / 1 = 2,54$ люд-год. Коефіцієнт відповідності $K_{hw} = 4,55$											132
<u>Структура процесу O_{10} – монтаж збірного стакану фундаменту:</u> $O_{10.1}$ розмітка вісей установки $O_{10.2}$ подача гака крану до місця стропування $O_{10.3}$ стропування стакану $O_{10.4}$ контрольне підймання+візуальний огляд $O_{10.5}$ переміщення краном $O_{10.6}$ установлення стакану в проєктне положення $O_{10.7}$ зняття стропувань $O_{10.8}$ повернення гаку крану у вихідне положення											

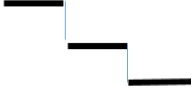
Таблиця А5

Матриця розрахунку норм витрат праці НВП 5 на монтаж збірної колони:

Операції	Кількість дій N_i за нормою часу N_h хв.								T_{wi} , хв	N_{wi} , люди	Q_{wi} , люди-хв
	1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{14.1}$				2					8	4	32
$O_{14.2}$		1							2	4	8
$O_{14.3}$					1				5	4	20
$O_{14.4}$				1					4	4	16
$O_{14.5}$		4							8	4	32
Норма витрат праці – $H_{hw} = 0,0167 \cdot 108 \cdot 1,15/1 = 2,07$ люд-год. Коефіцієнт відповідності $K_{hw} = 4,32$											108
<u>Структура процесу O_{14} – монтаж збірної колони:</u> $O_{14.1}$ установка поворотних строп $O_{14.2}$ контрольне підняття+візуальний огляд $O_{14.3}$ переміщення колони $O_{14.4}$ установка колони в проєкне положення $O_{14.5}$ фіксація колони											

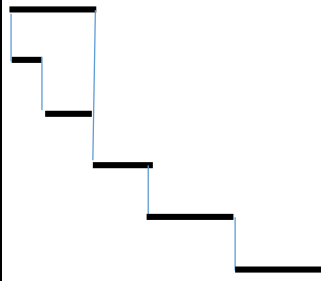
Таблиця А8

Матриця розрахунку норм витрат праці НВП 8 на бетонування стику колони:

Операції ї	Кількість дій N_i за нормою часу N_h хв.								T_{wi} , хв	N_{wi} , люди	Q_{wi} , люди-хв
	1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{17.1}$								1	8	4	32
$O_{17.2}$		1							2	4	2
$O_{17.3}$								1	8	4	32
Норма витрат праці – $H_{hw} = 0,0167 \cdot 66 \cdot 1,15/1 = 1,27$ люди-год. Коефіцієнт відповідності $K_{hw} = 3,66$											66
<u>Структура процесу O_{16} – демонтаж кондуктора-опалубки:</u> $O_{17.1}$ приготування розчину $O_{17.2}$ подача до місця бетонування $O_{17.3}$ бетонування та вібрування											

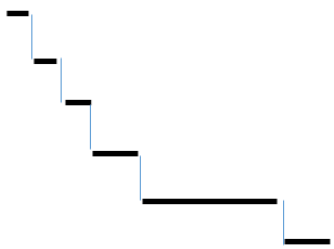
Таблиця А9

Матриця розрахунку норм витрат праці НВП 11 на влаштування арматурного каркасу фундаментної плити:

Операції	Кількість дій N_i за нормою часу N_h хв.								T_{wi} , хв	N_{wi} , люди	Q_{wi} , люди-хв
	1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{8.1}$		2							4	2	8
$O_{8.2}$		1							2	1	2
$O_{8.3}$		1							2	2	4
$O_{8.4}$		1							2	2	4
$O_{8.5}$		1							2	2	4
$O_{8.6}$				2					8	2	16
Норма витрат праці – $H_{hw} = 0,0167 \cdot 38 \cdot 1,15/1 = 0,73$ люд-год. Коефіцієнт відповідності $K_{hw} = 2,39$											38
<u>Структура процесу O_8 – влаштування арматурного каркасу фундаментної плити:</u> $O_{8.1}$ установка фіксаторів $O_{8.2}$ подача гака до місця складування арматурного каркасу $O_{8.3}$ стропування каркасу $O_{8.4}$ підняття та переміщення каркасу $O_{8.5}$ подача каркасу та зняття стропування $O_{8.6}$ установка та фіксація каркасу											

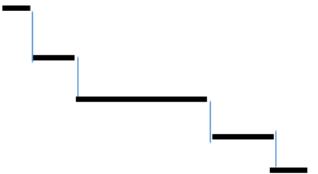
Таблиця А10

Матриця розрахунку норм витрат праці НВП 12 на влаштування опалубки фундаментної плити:

Операції	Кількість дій N_i за нормою часу N_h хв.								T_{wi} , хв	N_{wi} , люди	Q_{wi} , люди-хв
	1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{6.1}$		2							1	2	2
$O_{6.2}$			1						1	2	2
$O_{6.3}$			1						1	2	2
$O_{6.4}$		2							4	2	8
$O_{6.5}$								4	32	2	64
$O_{6.6}$			1						3	2	6
Норма витрат праці – $H_{hw} = 0,0167 \cdot 84 \cdot 1,15/1 = 1,61$ люд-год. Коефіцієнт відповідності $K_{hw} = 2,0$											84
<u>Структура процесу O_1 – влаштування опалубки плити :</u> $O_{1.1}$ – стропування опалубних щитів; $O_{1.2}$ – візуальний огляд стропування; $O_{1.3}$ – переміщення опалубних щитів; $O_{1.4}$ – зняття стропування з опалубних щитів та складування; $O_{1.5}$ – установка і влаштування з'єднань опалубки; $O_{1.6}$ – візуальний огляд;											

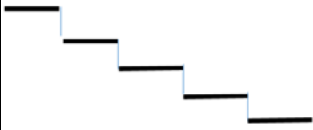
Таблиця А11

Матриця розрахунку норм витрат праці НВП 13 на демонтаж опалубки фундаментної плити:

Операції	Кількість дій N_i за нормою часу N_h хв.								T_{wi} , хв	N_{wi} , люди	Q_{wi} , люди-хв
	1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{7.1}$		2							2	2	4
$O_{7.2}$	4								4	2	8
$O_{7.3}$			4						12	2	24
$O_{6.1}$		2							4	2	8
$O_{6.3}$			1						3	2	6
Норма витрат праці – $H_{hw} = 0,0167 \cdot 50 \cdot 1,15 / 1 = 0,96$ люди-год. Коефіцієнт відповідності $K_{hw} = 1,85$											50
<u>Структура процесу O_1 – демонтаж опалубки фундаментної плити:</u> $O_{7.1}$ зняття з'єднувальних елементів $O_{7.2}$ зняття щитів опалубки $O_{7.3}$ очистка щитів опалубки $O_{6.1}$ стропування щитів опалубки $O_{6.3}$ переміщення щитів											

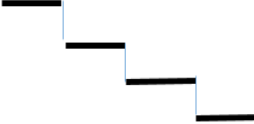
Таблиця А12

Матриця розрахунку норм витрат праці НВП 14 на бетонування фундаментної плити об'ємом від 1 до 3 м³:

Операції	Кількість дій N _i за нормою часу Н _h хв.								T _{wi} , хв	N _{wi} , люди	Q _{wi} , люди-хв
	1	2	3	4	5	6	7	8			
O _{3.1}					1				5	2	10
O _{3.2}									5	1	5
O _{3.3}			1						3	2	6
O _{3.4}								1	8	2	16
O _{3.5}								1	8	2	16
O _{3.6}								1	8	2	16
Норма витрат праці – $H_{hw} = 0,0167 \cdot 69 \cdot 1,15 / 1 = 1,32$ люд-год. Коефіцієнт відповідності $K_{hw} = 1,0$											69
<u>Структура процесу O₉ – бетонування фундаментної плити об'ємом від 1 до 3 м³:</u> O _{3.1} заповнення бадді бетонною сумішшю; O _{3.2} подача бетонної суміші; O _{3.3} заповнення опалубки бетонною сумішшю; O _{3.4} розрівнювання бетонної суміші; O _{3.5} вібрування бетонної суміші; O _{3.6} влаштування поліетиленової плівки поверх бетонної суміші (за потреби);											

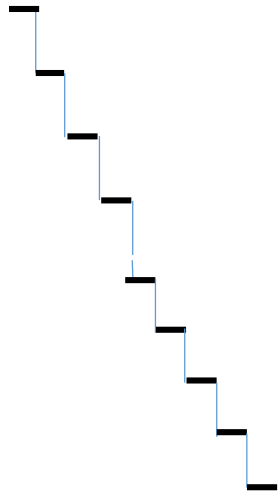
Таблиця А13

Матриця розрахунку норм витрат праці НВП 15 на бетонування стакану фундаменту:

Операції	Кількість дій N_i за нормою часу N_h хв.								T_{wi} , хв	N_{wi} , люди	Q_{wi} , люди-хв
	1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{3.1}$					1				5	2	10
$O_{3.2}$									5	1	5
$O_{3.3}$					1				5	2	10
$O_{3.5}$								1	8	2	16
Норма витрат праці – $H_{hw} = 0,0167 \cdot 41 \cdot 1,15/1 = 0,79$ люди-год. Коефіцієнт відповідності $K_{hw} = 1,78$											41
<u>Структура процесу O_{11} – установка арматурного каркасу стакану фундаменту:</u> $O_{3.1}$ заповнення бадді бетонною сумішшю; $O_{3.2}$ подача бетонної суміші; $O_{3.3}$ заповнення опалубки бетонною сумішшю; $O_{3.5}$ вібрування бетонної суміші;											

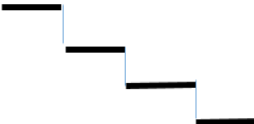
Таблиця А14

Матриця розрахунку норм витрат праці НВП 16 на установку кондуктора-опалубки:

Операції	Кількість дій N_i за нормою часу N_h хв.								T_{wi} , хв	N_{wi} , люд	Q_{wi} , люд-хв
	1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{11.1}$		1							2	1	2
$O_{11.2}$				2					8	2	16
$O_{11.3}$		1							2	2	4
$O_{11.4}$		5							10	1	10
$O_{11.5}$		4							8	2	16
$O_{11.6}$		4							8	2	16
$O_{11.7}$		1							2	2	4
$O_{11.8}$				4					16	2	32
$O_{11.9}$	4								4	2	8
$O_{11.10}$	1								1	2	2
Норма витрат праці – $H_{hw} = 0,0167 \cdot 110 \cdot 1,15/1 = 2,11$ люд-год. Коефіцієнт відповідності $K_{hw} = 2,0$											110
<u>Структура процесу O_{11} – установка арматурного каркасу стакану фундаменту:</u> $O_{11.1}$ подача елементів кондуктора $O_{11.2}$ з'єднання елементів рами болтами $O_{11.3}$ орієнтування розташування рами за муфтами $O_{11.4}$ очищення муфт від пилу $O_{11.5}$ кріплення рами до муфт $O_{11.6}$ установка стійок до рами та закріплення гайкам $O_{11.7}$ вкручування центруючого стержня $O_{11.8}$ влаштування щитів опалубки та їх закріплення $O_{11.9}$ змащення поверхні $O_{11.10}$ перевірка роботи гвинтових домкратів											

Таблиця А15

Матриця розрахунку норм витрат праці НВП 17 на демонтаж кондуктора-опалубки:

Операції	Кількість дій N_i за нормою часу N_h хв.								T_{wi} , хв	N_{wi} , люди	Q_{wi} , люди-хв
	1	2	3	4	5	6	7	8			
$O_{16.1}$		2							4	2	8
$O_{16.2}$			2						6	2	12
$O_{16.3}$					1				5	1	5
$O_{16.4}$					4				20	1	20
Норма витрат праці – $H_{hw} = 0,0167 \cdot 45 \cdot 1,15/1 = 0,86$ люди-год. Коефіцієнт відповідності $K_{hw} = 1,45$											45
<u>Структура процесу O_{16} – демонтаж кондуктора-опалубки:</u> $O_{16.1}$ роз'єднання рами кондуктора $O_{16.2}$ стропування $O_{16.3}$ переміщення на іншу позицію $O_{16.4}$ очищення поверхні щитів від бетону											

ДОДАТОК Б

Графіки виконання робіт по зведенню каркасної двохповерхової будівлі із застосуванням КТР для влаштування стопчастих фундаментів.

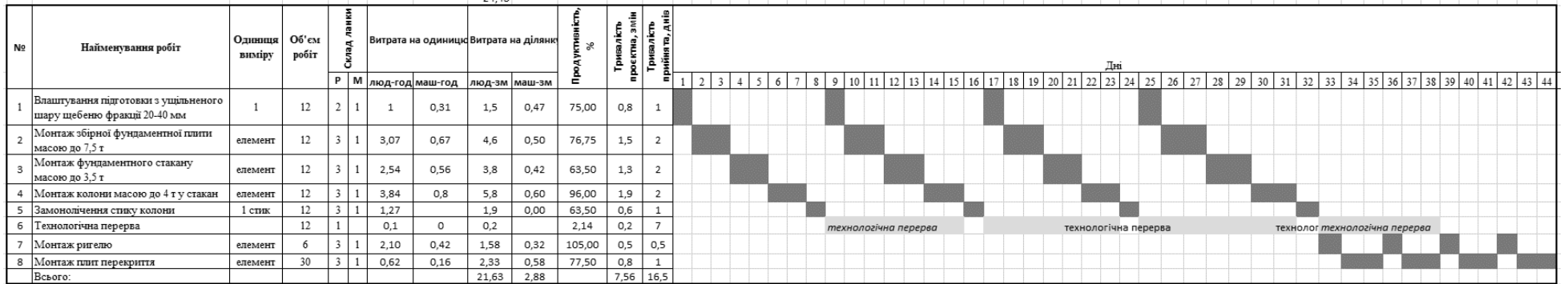
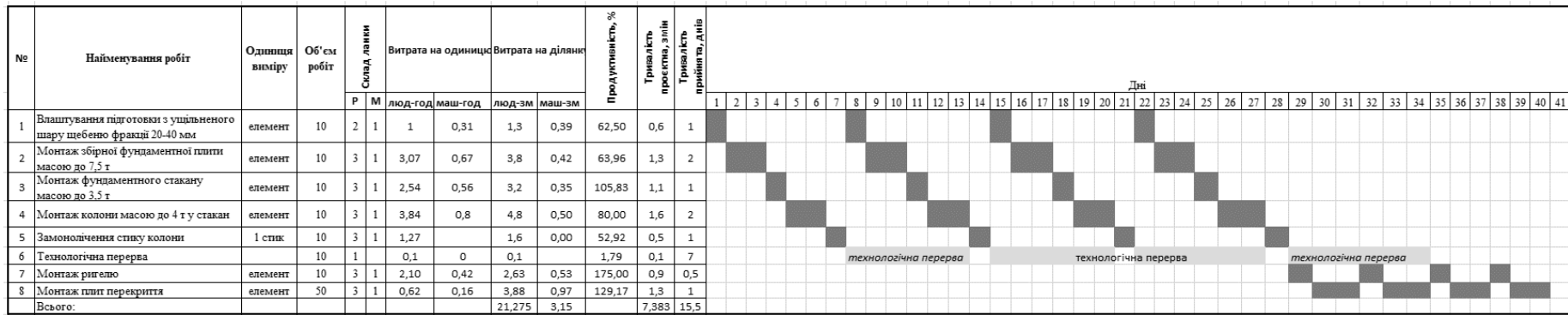


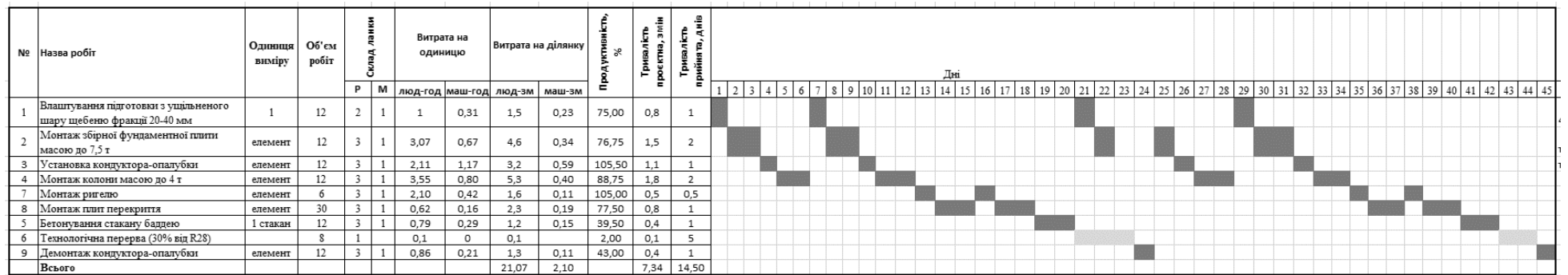
Рис. Д.Б.2. Графіки виконання робіт зведення каркасу будівлі із застосуванням КТР F_2 для влаштування фундаментів за температури $t = 20^\circ\text{C}$ для ділянок, що містять фундаментів: а) – 8; б) – 10; в) – 12 елементів.

[illegible][illegible][illegible]

Рис. Д.Б.3. Графіки виконання робіт зведення каркасу будівлі із застосуванням КТР F_2 для влаштування фундаментів за температури $t = 15^\circ\text{C}$ для ділянок, що містять фундаментів: а) – 8; б) – 10; в) – 12 елементів.

[illegible][illegible]

Рис. Д.Б.9. Графіки виконання робіт зведення каркасу будівлі із застосуванням КТР F_4 для влаштування фундаментів за температури $t = 25^\circ\text{C}$ для ділянок, що містять фундаментів: а) – 8; б) – 10; в) – 12 елементів.



ДОДАТОК В

Довідка про використання результатів дослідження в навчальному процесі



МОН
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

просп. Повітряних Сил, 31,
м. Київ, 03037
тел.: +38 (044) 241-55-80,
e-mail: knuba@knuba.edu.ua,
web: knuba.edu.ua
ЄДРПОУ 02070909

АКТ

про впровадження у навчальний процес наукових результатів
дисертаційного дослідження аспірантки кафедри будівельних технологій
Носач Катерини Валеріївни

Акт складено відповідно до подання завідувача кафедри будівельних технологій, д. т. н, проф., Тонкачєсєва Г.М про те, що окремі наукові висновки, результати та рекомендації дисертації **Носач Катерини Валеріївни** на тему **«Технологія улаштування стовпчастих фундаментів каркасних будівель з монтажем колон для формування монолітних стаканів»** було впроваджено в освітній процес, зокрема:

- у викладанні лекцій в рамках лекційного курсу вибіркової дисципліни «Інноваційні технології каркасного будівництва» для магістрів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» ОПП «Промислове та цивільне будівництво, 2024 і 2025 рр.;
- у керівництві курсовими роботами студентів вибіркової дисципліни «Інноваційні технології каркасного будівництва» для магістрів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» ОПП «Промислове та цивільне будівництво, 2024 і 2025 рр. ».

Впроваджені результати дисертаційного дослідження сприяли набуттю теоретичних знань і практичних проєктних навичок студентів під час підготовки фахівців за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Проректор
з навчально-методичної роботи



Андрій ШПАКОВ