

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет будівництва і архітектури

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет будівництва і архітектури

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ІГНАТЕНКО ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 69.057.4

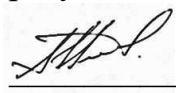
ДИСЕРТАЦІЯ

**СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ
МОДЕЛЕЙ ЗВЕДЕННЯ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ БУДІВЕЛЬ
ПІДЙОМНИМИ МОДУЛЯМИ**

Спеціальність 05.23.08 – Технологія та організація промислового
та цивільного будівництва

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

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



О. О. Ігнатенко

Науковий консультант: д-р техн. наук, професор О. Ф. Осипов

Київ 2026

АНОТАЦІЯ

Ігнатенко О. О. **«Система формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями».** - *Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.*

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.08 – Технологія та організація промислового та цивільного будівництва. – Київський національний університет будівництва і архітектури, Міністерство освіти і науки України, Київ, 2026 р.

Дисертаційне дослідження присвячено вирішенню актуальної теоретико-методичної та прикладної проблеми створення системи формування конструктивно-технологічних моделей (КТМ) зведення великопрогонових будівель (ВБ) підйомними модулями. Повномасштабна війна спричинила значні руйнування вітчизняних промислових та цивільних будівель, об'єктів логістичної та соціальної інфраструктури. Використання класичних кранових технологій при реконструкції пошкоджених та зведенні нових ВБ в умовах щільної забудови для більшості будівельних проектів неможливе. У цьому контексті створення системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями (ПМ) стає особливо актуальним, оскільки практичне використання її теоретичних принципів дозволяє при мінімальних показниках трудомісткості монтажних робіт за умови повної автоматизації та роботизації процесів підйому великопрогонових покриттів ПМ та залучення монтажників, виключно, в технологічний процес закріплення ригелів великопрогонових покриттів (РВП) в проектному положенні при дистанційному керуванні всіма підйомними процесами на ділянках, розміри яких не перевищують габаритні розміри конструкцій великопрогонових будівель (КВБ), що зводяться, оперативно і в стислі строки відновлювати пошкодження та зводити нові великопрогонові медико-реабілітаційні та оздоровчі центри, всесезонні «Центри незламності», логістичні та складські термінали, транспортні хаби, цехи авіаційної і пароплаводобудівельної індустрії, багаточисельні підприємства військово-промислового комплексу та важкого машинобудування.

Зміст і новизна результатів дисертаційного дослідження відповідають напрямку, визначеному державними програмами відновлення України. Зокрема, це Закон «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо засад державної регіональної політики та політики відновлення регіонів і територій» (№2389 – IX), розпорядження КМУ №244 від 18.03.2024 «План «Відновлення України», постанова КМУ №940 від 13.08.2024 «Про внесення змін до Державної стратегії регіонального розвитку на 2021-2027 роки».

Результати дисертаційного дослідження підтверджують наукову гіпотезу про те, що функціонально-цільовий обрис (ФЦО) КТМ зведення ВБ підйомними модулями доцільно розглядати не в конструктивно-технічній формі, а як сукупність функцій багатоваріантної взаємодії основних складових КТМ з елементами соціотехнічної системи перетворень .

Створена система формування КТМ зведення конструкцій ВБ є цілісним теоретичним комплексом, що охоплює ієрархічну дворівневу функціональну взаємодію (ДФВ) між основними складовими КТМ, критеріальну оптимізацію та роботизацію ключових фаз процесу зведення КВБ з використанням ПМ. Система базується на обґрунтуванні та виборі функціонально-цільового обрису КТМ, враховуючого технологічні та морфологічні особливості, які визначаються умовами, цілями і задачами відновлення пошкоджених та зведення нових великопрогонових об'єктів промислового та цивільного призначення, існуючою специфікою та різноманіттям факторів впливу, їхньою динамікою, а також складними критеріальними вимогами до технологічної послідовності монтажних процесів з акцептуванням умови сталої багатоваріантної функціональної взаємодії компонентів блоків компоновок ПМ з колонами каркасів при переміщенні РВП на проектні відмітки.

Зміст, структура та оформлення дисертації повністю відповідають встановленим вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Робота логічно структурована та підпорядкована вирішенню поставлених в роботі теоретико - методичних, науково - аналітичних та прикладних завдань.

У вступі автором наведений стислий опис дисертаційного дослідження, висвітлена актуальність роботи, зв'язок досліджень з актуальними науковими програмами та темами, сформульовані наукова новизна та практична цінність роботи, виділені складові особистого внеску автора, наведено інформацію про обсяг публікацій та рівень апробації результатів досліджень на науково-практичних конференціях.

В першому розділі роботи був виконаний аналіз конструктивних рішень великопрогонових покриттів (ВП) та сучасного стану кранових і безкранових технології зведення ВБ. Встановлено, що при зведенні ВБ, прогони яких сьогодні перевищують 400 м, найбільша трудомісткість (до 75 % від загальної трудомісткості по зведенню всіх конструктивних складових ВБ) припадає на технологічні процеси по передпідйомному укрупненню та переміщенню на проектні висотні відмітки блоків ВП. Підтверджено, що в умовах адаптивного будівництва на щільно забудованих територіях самохідні крани можуть використовуватись виключно на етапі передпідйомного укрупнення. В процеси вертикального переміщення блоків ВП доцільно залучати ПМ, які взаємодіють з суцільними колонами каркаса ВБ, використовуючи останні в якості опор та напрямних. На закладі аналізу недоліків та переваг відомих технологічних рішень по зведенню КВБ були сформовані цілі і задачі дисертаційних досліджень.

В другому розділі роботи визначені основні складові КТМ зведення ВБ, це технічні силові агрегати – пересувні чи стаціонарні ПМ та несучі конструкції ВБ, що зводяться, - збірні підрощувані або суцільні колони каркаса і ригелі ВП. Сформульована методика та методи досліджень функціональної взаємодії ПМ зі складовими КТМ на всіх етапах зведення ВП. Запропоновано у соціотехнічній системі перетворень (ССП) функціонально-цільовий обрис КТМ розглядати не в конструктивно-технічній формі, а як сукупність функцій багатоваріантної взаємодії F_i основних складових КТМ з елементами ССП. Застосування принципів декомпозиції дозволило сформувати дворівневу ієрархічну структуру зовнішніх ($F_1 \div F_4$) і внутрішніх ($F_5 ; F_6$) функцій взаємодії, а також

систематизувати фактори ($S_1 \div S_6$), що безпосередньо впливають на функціональні властивості та конструктивно-технічні рішення ПМ.

В третьому розділі роботи були сформовані та детально дослідженні основні групи КТМ зведення ВП підйомними модулями. За умови декомпозиції складної технологічної системи S_A «Зведення КВБ» на підсистеми $a_1 \div a_3$, при акцептуванні розгорнутої структури функції F_5 були визначені одинадцять основних груп ($A1 \div A11$) КТМ зведення ВП. Загальна кількість нових методів зведення ВП підйомними модулями, відображених в групах КТМ – сім. Загальна кількість нових способів зведення ВП, технологічні принципи яких відображені в варіантах груп $A1 \div A11$ КТМ - тридцять сім.

В четвертому розділі роботи були дослідженні компоновки ПМ та закономірності їх формування. Функціонально-цільовий обрис компоновок підйомних модулів (КПМ), був представлений не в конструктивно-технічному форматі, а як ієрархічна дворівнева система функціональної взаємодії (ФВ) між елементами КПМ. При цьому, верхній рівень ієрархії відображає ФВ між блоками «Механізми підйому та фіксації» та «Конструктивні елементи» КПМ. На нижньому рівні ієрархії функціонально взаємодіють компоненти блоків КПМ. Вперше визначена структурно-логічна залежність конструктивно-технологічного наповнення та функціонального призначення КПМ від особливостей методів зведення КВБ - верхнього підрошування колон каркаса (група А3 КТМ), нижнього підрошування стовпів ПМ між суцільними спареними колонами каркасу (ССКК) (група А6 КТМ) і переміщення ПМ між СССК (група А7 КТМ).

В п'ятому розділі роботи визначено та сформульовано базові критерії оптимізації КТМ. Це критерії адаптивності до умов обмеженого технологічного простору, складності та трудомісткості процесу зведення КВБ, тривалості фаз циклу підйому ригелів ВП та підвищення рівня безпеки висотних робіт. Вперше створені і досліджені КТМ, використання яких дозволяє повністю роботизувати завершальну фазу зведення ВП, згідно з якою РВП розміщуються на пересувних монтажних платформах (ПМП), які в свою чергу спираються на верхні платформи крокових ПМ або на підрошуванні стовпи ПМ. Функціональна взаємодія

пересувних монтажних платформ (ПМП) та верхніх опорних рам підйомних модулів забезпечує просторове переміщення опорних рам та ригелів ВП у трьох лінійних площинах, що дозволяє виконувати точне автоматизоване наведення РВП між оголовками спарених колон каркаса без безпосередньої участі монтажників.

В шостому розділі роботи виконаний аналіз створеної системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями. На основі сегментації за масою піднімаємого ВП, з усього переліку сформованих варіантів КТМ зведення ВБ підйомними модулями відібрані пріоритетні варіанти – це варіант 6g₃ Групи А6 (для зведення ВП масою 1200–6000 т) та варіант 7b₂ Групи А7 (для зведення ВП масою до 1200 т). Визначені перспективні напрямки використання теоретичних основ створеної системи формування КТМ зведення ВБ та концепція її подальшого вдосконалення з урахуванням оперативної адаптивності до постійно змінюваних технічних та технологічних умов будівництва.

Теоретична цінність дисертаційного дослідження полягає в тому, що на основі системного функціонально-цільового підходу створено нову систему формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями. Ця система базується на представленні КТМ як динамічної сукупності функцій багатоваріантної взаємодії основних складових з елементами соціотехнічної системи перетворень.

У результаті проведеного дослідження:

- розроблено теоретичні основи системи формування КТМ, що ґрунтується на дворівневій ієрархічній структурі функціональної взаємодії;
- сформовано 7 принципово нових методів безкранового зведення великопрогонових будівель (групи А1–А7 КТМ);
- обґрунтовано 37 нових способів зведення ВП, технологічні принципи яких відображені у відповідних групах КТМ.

Запропонований підхід дозволяє переходити від емпіричних рішень до науково обґрунтованого формування адаптивних технологічних моделей, що враховують конкретні умови будівельного майданчика, масу блоків покриття,

висотні параметри та вимоги безпеки. Це створює методологічний фундамент для подальшого розвитку теорії безкранових монтажних технологій та їх інтеграції з роботизованими системами.

Практичне значення дисертаційного дослідження полягає в створенні дієвої системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, яка дозволяє вирішувати актуальні проблеми сучасного будівництва в умовах щільної забудови та повоєнного відновлення. Запропонована система забезпечує:

- можливість безкранового зведення та реконструкції великопрогонових об'єктів на територіях, де використання традиційних кранів неможливе або економічно недоцільне;
- суттєве зниження трудомісткості та тривалості монтажних робіт завдяки автоматизації вертикального переміщення блоків ВП і роботизації завершальної фази їхнього наведення та закріплення;
- підвищення безпеки висотних робіт за рахунок мінімальної присутності персоналу в зоні ризику (24–34 м) - монтажники залучаються лише на етапі остаточного болтового з'єднання конструкцій;
- адаптивність технології до обмеженого монтажного простору, коли розміри будівельного майданчика не перевищують габаритів споруджуваного об'єкта.
- постійний моніторинг за всіма процесами зведення ВП з використанням камер спостереження, розташованими на крокових ПМ або на секціях підрощених стовпів ПМ.

Розроблені варіанти КТМ (6g₃ - для важких блоків 1200–7000 т та 7b₂ - для блоків до 1200 т) створюють практичний інструментарій для оперативного відновлення пошкоджених промислових, логістичних та соціальних ВБ, а також для зведення нових будівель у стиснених умовах міської забудови.

Результати дослідження можуть бути безпосередньо використані при розробці технологічних карт, проектів виконання робіт та рекомендацій для будівельних і проектних організацій. Практична ефективність підтверджена впровадженням технологічних принципів системи в проектно-розрахункову

діяльність ТОВ «Будівельна компанія «Інжбуд» та ТОВ «Європейські технології в будівництві».

Перспективні напрямки практичного використання системи формування КТМ пов'язані з можливістю безкранового зведення ВБ в умовах адаптивного будівництва без висотних обмежень при поярусному утворенні вертикального несучого каркаса, а також масштабуванням технологічних принципів при освоєнні космічного простору. Створена система забезпечує високу точність позиціонування конструкцій ($\pm 0,1-0,5$ мм), мінімальну похибку при з'єднанні просторових елементів, а також можливість виконання всіх монтажних операцій без участі людини за умови дистанційного моніторингу та керування процесами укрупнення конструкцій з наземних центрів, відстань від яких може вимірюватися сотнями світлових років.

Ключові слова: методи вільного та примусового підйому покрівельних конструкцій, безкранові методи зведення великопрогонових покриттів, крокові підйомні модулі, пересувні опорні платформи, стаціонарні та пересувні підйомні модулі. функціональна взаємодія між підйомними модулями та колонами каркасів, верхнє підрощування колон каркаса, нижнє підрощування стовпів підйомників, автоматизація та роботизація процесів вертикального переміщення покриттів.

ABSTRACT

Ignatenko O. O. "System of Formation of Structural and Technological Models for the Erection of Large-Span Buildings Using Lifting Modules ". - Qualification scientific work based on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.23.08 - Technology and organization of industrial and civil construction. - Kyiv National University of Construction and Architecture, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2026.

The dissertation research is devoted to the solution of the actual theoretical-methodical and applied problem of creating a system for the formation of structural and

technological models (STM) for the erection of large-span buildings (LSB) using lifting modules (LM). The full-scale war caused extensive destruction of domestic industrial and civil buildings, logistics and social infrastructure facilities. The use of classic crane technologies in the reconstruction of damaged and construction of new LSB in conditions of dense construction is impossible for most construction projects. In this context, the creation of a STM formation system for the construction of LSB using LM becomes especially relevant, since the practical use of its theoretical principles allows, with minimal indicators of the labor intensity of installation work, provided that the processes of lifting constructions of large-span coatings using LM are fully automated and robotic, and installers are involved, exclusively, in the technological process of fixing the crossbars of large-span coatings (CLSC) in the design position with remote control of all lifting processes on the sites the dimensions of which do not exceed the overall dimensions of the structures of LSB under construction, promptly and in a short period of time restore damage and build new large-span medical rehabilitation and health centers, all-season «Centers of indomitability», logistics and warehouse terminals, transport hubs, workshops of the aviation and steamship construction industry, enterprises of the military-industrial complex and heavy engineering.

The content and novelty of the results of the dissertation research correspond to the direction determined by the state programs for the restoration of Ukraine. In particular, this is the Law «On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Regarding the Basics of State Regional Policy and the Policy of Restoration of Regions and Territories» (№2389 – IX), Order of the CMU №244 dated 18.03.2024 «The Plan is Restoration of Ukraine», Resolution of the CMU №940 dated 13.08.2024 «On Amendments to the State Strategy of Regional Development for 2021-2027».

The results of the dissertation research confirm the scientific hypothesis that the functional-target outline of STM for the construction of LSB by LM should not be considered in a structural and technical form, but as a set of functions of multivariate interaction of the main components of STM with elements of the sociotechnical system of transformations.

The created system of formation of STM construction of structures of LSB is a complete theoretical complex covering hierarchical two-level functional interaction between the main components of STM, criterion optimization and robotization of key phases of the LSB construction process using LM. The system is based on the justification and selection of the functional-target outline of STM, taking into account technological and morphological features, which are determined by the conditions, goals and objectives of the restoration of damaged and construction of new large-run industrial and civil facilities, the existing specifics and variety of influencing factors, their dynamics as well as complex criterion requirements for the technological sequence of installation processes with the acceptance of the condition of constant multivariate functional interaction of the components of LM layout blocks with frame columns when moving CLSC to the design marks.

The content, structure and design of the dissertation fully meet the established requirements for dissertations for obtaining the scientific degree of Doctor of Technical Sciences. The work is logically structured and subordinated to the solution of theoretical-methodical, scientific-analytical and applied tasks set in the work.

In the introduction, the author provides a brief description of the dissertation research, highlights the relevance of the work, the connection of research with current scientific programs and topics, formulates the scientific novelty and practical value of the work, highlights the components of the author's personal contribution, provides information on the volume of publications and the level of approbation of research results at scientific and practical conferences.

In the first chapter of the work, an analysis of the structural solutions of large-span coating (LSC) and the current state of crane and crane-free technologies for the construction of LSB was performed. It was established that during the construction of LSB, the spans of which today exceed 400 m, the greatest labor intensity (up to 75 % of the total labor intensity for the construction of all structural components of LSB) falls on the technological processes of pre-elevation consolidation and movement to the design height marks of blocks of LSC. It has been confirmed that in the conditions of adaptive construction in densely built-up areas, self-propelled cranes can be used

exclusively at the stage of pre-elevation consolidation. In the processes of vertical movement of blocks of LSC, it is advisable to involve lifting modules that interact with solid columns of the LSB frame, using the latter as supports and guides. At the institution for the analysis of the shortcomings and advantages of known technological solutions for the construction of structures of LSB, the goals and objectives of dissertation research were formed.

In the second chapter of the work, the main components of STM for the construction of LSB are defined, these are technical power units – mobile or stationary LM and supporting structures of LSB under construction - prefabricated undergrowth or solid columns of the frame and crossbars of LSC. The methodology and methods of researching the functional interaction of lifting modules with STM components at all stages of the construction of LSC are formulated. It is proposed in the sociotechnical system of transformations (SST) to consider the functional-target outline of STM not in a constructive-technical form, but as a set of functions of multivariate interaction of F_i of the main components of STM with elements of SST. The application of decomposition principles made it possible to form a two-level hierarchical structure of external ($F_1 \div F_4$) and internal ($F_5; F_6$) interaction functions, as well as to systematize factors ($S_1 \div S_6$) that directly affect the functional properties and structural and technical solutions of LM.

In the third chapter of the work, the main groups of KTM for the construction of large-span coatings with lifting modules were formed and studied in detail. Under the condition of decomposition of the complex technological system S_A «Construction of structures of LSB» into subsystems $a_1 \div a_3$, when accepting the expanded structure of the function F_5 , eleven main groups ($A_1 \div A_{11}$) of STM construction of LSC were determined. The total number of new methods of erecting LSC with LM, reflected in the STM groups – seven. The total number of new methods of erecting LSC, the technological principles of which are reflected in the variants of groups $A_1 \div A_{11}$ STM - thirty-seven.

In the fourth chapter of the work, the layout of lifting modules (LLM) and the regularities of their formation were studied. The functional-target outline of the LLM

was presented not in a structural and technical format, but as a hierarchical two-level system of functional interaction (FI) between the elements of the LLM. At the same time, the upper level of the hierarchy displays FI between blocks «Lifting and fixing mechanisms» and «Structural elements» LLM. At the lower level of the hierarchy, the components of the LLM blocks interact functionally. For the first time, the structural and logical dependence of the structural and technological filling and functional purpose of the LLM on the peculiarities of the construction methods of large-span buildings (LSB) was determined - the upper undergrowth of the frame columns (group A3 STM), the lower undergrowth of the LM pillars between the solid paired frame columns (SPFC) (group A6 STM) and the movement of LM between SPFC (group A7 STM).

In the fifth chapter of the work, the basic criteria for optimizing STM are defined and formulated. These are the criteria of adaptability to the conditions of a limited technological space, the complexity and labor intensity of the LSC erection process, the duration of the phases of the CLSC lifting cycle, and an increase in the level of safety of high-altitude work. For the first time, STM were created and researched, the use of which allows to fully robotize the final phase of the construction of the LSC, according to which the CLSC are placed on mobile mounting platforms (MMP), which in turn rest on the upper platforms of the stepper LMs or on the growth of LM poles. The functional MMP and the upper support frames of the LM ensures the spatial movement of the CLSC in three linear planes, which allows accurate automated guidance of the CLSC between the heads of paired frame columns without the direct participation of installers.

In the sixth chapter of the work, an analysis of the created system of forming the STM for the erection of LSB by lifting modules was performed. Based on the segmentation by mass of the raised LSC, priority variants – are selected from the entire list of formed variants of STM for the erection of LSC by lifting modules, this is the variant 6g₃ of Group A6 (for the erection of LSC weighing 1200–6000 t) and the variant 7b₂ of Group A7 (for the erection of LSC weighing up to 1200 t). Prospective directions for the use of the theoretical foundations of the created STM formation system for the construction of LSB and the concept of its further improvement, taking into account

operational adaptability to constantly changing technical and technological conditions of construction, are determined.

The theoretical value of the dissertation research lies in the fact that, on the basis of a systematic functional-target approach, a new system of forming structural and technological models of the construction of large-span buildings with lifting modules has been created. This system is based on the presentation of STM as a dynamic set of functions of multivariate interaction of the main components with elements of the sociotechnical system of transformations.

As a result of the conducted research:

- the theoretical foundations of the STM formation system based on the two-level hierarchical structure of functional interaction have been developed;
- 7 fundamentally new methods of crane-less construction of large-span buildings (groups A1–A7 STM) were formed;
- 37 new methods of building LSB are substantiated, the technological principles of which are reflected in the relevant groups of STM.

The proposed approach makes it possible to move from empirical solutions to scientifically based formation of adaptive technological models that take into account the specific conditions of the construction site, the mass of the coating blocks, height parameters and safety requirements. This creates a methodological foundation for the further development of the theory of craneless assembly technologies and their integration with robotic systems.

The practical significance of the dissertation research lies in the creation of an effective system for the formation of STM for the construction of LSB by lifting modules, which allows solving the current problems of modern construction in the conditions of dense construction and post-war recovery. The proposed system provides:

- the possibility of crane-free construction and reconstruction of large-span facilities in areas where the use of traditional cranes is impossible or economically impractical;
- a significant reduction in the labor intensity and duration of installation work due to the automation of the vertical movement of LSC blocks and the robotization of the final phase of their guidance and fastening;

- improving the safety of high-altitude work by having a minimum presence of personnel at risk (24–34 m) - installers are only involved at the stage of final bolting of structures;
- adaptability of the technology to the limited installation space when the dimensions of the construction site do not exceed the dimensions of the object under construction.
- constant monitoring of all LSC construction processes using surveillance cameras located on stepper PMs or on sections of raised PM pillars.

The developed variants of STM (6g₃ - for heavy blocks of 1200–7000 t and 7b₂ - for blocks up to 1200 t) create a practical toolkit for prompt restoration of damaged industrial, logistics and social LSB, as well as for the construction of new buildings in compressed conditions of urban development.

The results of the research can be directly used in the development of technological maps, work execution projects and recommendations for construction and design organizations. The practical effectiveness is confirmed by the implementation of the technological principles of the system in the design and calculation activities of LLC «Construction company «Inzhbud» and LLC «European technologies in construction».

Promising directions for the practical use of the STM formation system are related to the possibility of crane-free construction of large-span buildings in the conditions of adaptive construction without height restrictions during the belt formation of a vertical supporting frame, as well as the scaling of technological principles during the development of outer space. The created system ensures high positioning accuracy of structures (± 0.1 – 0.5 mm), minimal error when connecting spatial elements, as well as the possibility of performing all installation operations without human participation, provided that the processes of consolidation of structures from ground centers, the distance from which can be measured in hundreds of light years, are remotely monitored and controlled.

Key words: methods of free and forced lifting of roof structures, crane-free methods of erecting large-span coatings, step lifting modules, mobile support platforms, stationary and mobile lifting modules. functional interaction between lifting modules and frame columns, upper undergrowth of frame columns, lower undergrowth of lift posts, automation robotization of vertical movement of coatings processes.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових періодичних виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus та Web of Science Core Collection

1. Tonkacheev, H., Ignatenko, O., Rashkivskyi, V., Dubovyk, I., Tryhub, A., Sobko, Yu. (2024). Development of the Technology of Crane-Less Lifting of Long-Span Reinforced Concrete and Metal Coating. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research* (14/01-XL), 271-275. <https://doi.org/10.33543/j.140140.271275> (Web of Science Core Collection). *Особистий внесок: автору належить висвітлення функціонально-цільового обрису КТМ зведення ВП підйомними модулями та технологічних принципів безкранового методу вертикального переміщення ВП зі спиранням на збірні стовпи ПМ, підрозування яких виконують домкрати, розміщені на фундаментах.*

2. Osipov, O., & Ignatenko, O. (2024). Innovation Technologies for Constructing Large-Span Coverings Using Lifting Modules. *Science and Innovation*, 20(5), 83–94. <https://doi.org/10.15407/scine20.05.083> (SCOPUS). *Особистий внесок: автору належить висвітлення процесу створення складної технологічної системи безкранового вертикального переміщення блоків ВП підйомними модулями, визначення та класифікація основних складових КТМ зведення конструкцій ВБ*

3. Hennadii Tonkacheiev, Oleksandr Ignatenko, Volodymyr Rashkivskyi, Natalia Zozulia, Kateryna Nosach, Yuri Zaiets (2024). Latest technology for erection of large-span coatings using lifting modules. *Journal of Xi'an University of Architecture & Technology*. Volume XVI, Issue 9, 99 – 109. <https://xajzkjdx.cn/volume-xvi-issue-ix-september-2024/> (SCOPUS). *Особистий внесок: автору належить висвітлення технологічних принципів почергової передачі навантаження від піднімаємих блоків покриттів через опорні диски, витворені нижніми і верхніми пересувними рамами та групами вертикальних і горизонтальних гідроциліндрів крокових ПМ на напрямні профілі, які закріплені на спарених колонах каркасу ВБ, що зводиться.*

4. Hennadii Tonkacheiev; Oleksandr Ignatenko; Volodymyr Rashkivskyi; Natalia Zozulia; Kateryna Nosach; Yuri Zaiets (2024). Development of structural and

technological solutions for the construction of large-span coatings by craneless methods. Edelweiss Applied Science and Technology. Vol.8, No. 6, 582-590. <https://doi.org/10.55214/25768484.v8i6.2130> (SCOPUS). *Особистий внесок* : автору належить розширений аналіз існуючих технологій безкранового зведення ВП, визначення пріоритетних напрямків вдосконалення процесів вертикального переміщення блоків покриттів зі спиранням на крокові ПМ, які використовують спарені колони каркасів ВБ в якості опор.

5. Tonkacheiev, H. ., Ignatenko, O. ., Rashkivskyi, V. ., Dubovyk, I. ., & Zaiets, Y. . (2024). Innovation in technology solutions for erecting large-span coatings through module lifting. Cadernos De Educação Tecnologia E Sociedade, 17(se4), 246–256. <https://doi.org/10.14571/brajets.v17.nse4.246-256> (Web of Science Core Collection). *Особистий внесок*: автору належить висвітлення принципів функціональної взаємодії між ПМ, колонами каркаса та ригелями ВП при безкрановому вертикальному переміщенні блоку ВП методом примусового виштовхування зі спиранням на оголовки підろщуваних стовпів ПМ.

6. Volodymyr Rashkivskyi, Oleksandr Ignatenko, Roman Demianenko, Andrii Kozak, Iryna Dubovyk, Yurii Zaiets. (2024). Research of the interconnections of the "structure - technology - mechanized equipment" system in the construction of frame buildings. Strength of Materials and Theory of Structures, 113, 337 – 344. <http://omtc.knuba.edu.ua/issue/view/18619> (Web of Science Core Collection). *Особистий внесок*: автору належить висвітлення досліджень процесів розподілу навантажень, які виникають в конструкціях ВП при їхньому вертикальному переміщенні в просторі між спареними колонами каркасів зі спиранням на верхні платформи крокових ПМ.

Статті у наукових фахових виданнях України категорії Б, що входять до наукометричних баз даних:

7. Ігнатенко О. О. (2024). Оптимізація технологічних процесів зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. *Нові технології в будівництві*. №44, С. 29 – 36. <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2024.44.5>

8. Ігнатенко, О. (2024). Вдосконалення технологічних рішень зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(53), 111–121. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53\(1\).111-121](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(1).111-121)

9. ІГНАТЕНКО, О. (2024). Використання переваг методу підтягування при зведенні великопрогонових покриттів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(54), 82–90. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54\(1\).82-90](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(1).82-90)

10. РАШКІВСЬКИЙ, В. , ІГНАТЕНКО, О. (2024). Особливості визначення напрямів розвитку будівельного технологічного оснащення. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(54), 189–198. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54\(1\).189-198](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(1).189-198) *Особистий внесок: автору належить визначення актуальності напрямку подальшого розвитку та оптимізації безкранових технологій зведення ВП з використанням ПМ в умовах адаптивного будівництва на щільно забудованих територіях.*

11. Oleksandr Ignatenko, Volodymyr Rashkivskyi, Natalia Zozulia (2024). Improvement of structural and technological solutions for erection of large-span coatings using lifting modules. *Theory and Buildings Practice*. Vol. 6, No. 2, 1-6. <https://doi.org/10.23939/jtbp2024.02> *Особистий внесок: автору належить висвітлення основного принципу функціональної взаємодії між компонентами блоків компоновок ПМ з напрямними профілями спарених колон каркаса при таригелями ВП при зведенні повнозбірних просторових блоків покриттів.*

12. Rashkivskyi, V., Demianenko, R., Ignatenko, O., & Zaiets, Y. (2024). The system of filling the information model of construction structural elements. *Transfer of Innovative Technologies*, 7(1), 60–68. <https://doi.org/10.32347/tit.2024.71.02.08> *Особистий внесок: автору належить висвітлення основних складових технологічного процесу зведення великопрогонових просторових покриттів, які переміщуються на проектну висоту зі спиранням на крокові ПМ.*

13. Rashkivskyi, V., Demianenko, R., Ignatenko, O., & Zaiets, Y. (2024). Formation of a system for monitoring construction processes during the construction of buildings. *Transfer of Innovative Technologies*, 7(2), 68–75.

<http://tit.knuba.edu.ua/issue/view/18867> *Особистий внесок: автору належить створення моделі технологічного процесу підйому блоків ВП зі спиранням на крокові ПМ, взаємодіючі з суцільними спареними колонами каркасів для формування комплексної системи моніторингу та наповнення інформаційної моделі безкранового переміщення просторових великопрогонових покриттів в вертикальній площині з рівня фундаментів до рівня проектного закріплення.*

14. ІГНАТЕНКО, О. (2025). Дослідження технологічних особливостей процесів зведення великопрогонових покриттів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(55), 13–23. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55\(1\).13-23](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(1).13-23)

15. РАШКІВСЬКИЙ, В., ІГНАТЕНКО, О. (2025). Аналіз технологічних особливостей використання монтажних машин і механізмів при зведенні великопрогонових будівель. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2(55), 55–66. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55\(2\).55-66](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(2).55-66)

Особистий внесок: автору належить визначення та формулювання переваг використання ПМ в технологічних процесах зведення нових та відновленні пошкоджених внаслідок бойових дій конструктивно-технологічних блоків ВП об'єктів промислового та цивільного призначення в умовах щільної забудови, коли використання класичних кранових технологій неможливе.

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію:

16. Ignatenko O. (2024). The development of technology for crane-less lifting of large-size roof structures. *Slovak International Scientific Journal*, 79, 15–20. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10480860>

17. Ignatenko O. (2024). The improvement of the technology of lifting large-size roof the method of column growing. *Slovak International Scientific Journal*, 80, 20 - 25. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10480860>

18. Ignatenko O. (2024). Use of stepper lifting modules for construction of large-span coatings. *Slovak International Scientific Journal*, 81, 9–14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10810621>

19. Ignatenko O. (2024). Taking advantage of pulling and pushing methods in the development of technologies for lifting large-span coatings. *Slovak Intern. Scientific Journal*, 82, 9 - 14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10952884>
20. Ignatenko O. (2024). Improvement of technological solutions for erection of large-span coatings with lifting modules. *Slovak International Scientific Journal*, 84, 28 - 34. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11624363>
21. Ignatenko, O. (2024).Improvement of structural and technological solutions for the erection of large-span coatings using the pushing method. *Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft*, 83, 40–45. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12656956>
22. Ignatenko O. (2024). Taking advantage of the pull-up method for erection of taking large-span coatings with lifting modules. *Sciences of Europe*, 144, 62–66. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12739964>
23. Ignatenko O. (2024). Use of step lifting modules for erection of large-size coatings. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, 136, 67 – 72. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12746293>
24. Ignatenko O. (2024). Improvement of the method of growing column for erection of large-span coatings. *The Scientific Heritage*, 140, 24–28. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12720650>
25. Ignatenko O. (2024). Spatial coatings as the most complex structural elements in the construction of large-span buildings. *Znanstvena Misel Journal*, 93, 35–42. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13583180>
26. Ignatenko O. (2024). Dialectics of the formulation of organizational and technological structures and classification of methods for Installation of building structures. *Slovak International Scientific Journal*, 88, 14–22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13926488>
27. Rashkivskyi V., Ignatenko O., Dubovyk I., & Zaiets Yu. (2024). Directions of the development of the construction technological equipment. *Danish Scientific Journal*, 91, 47 – 55. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14578109> *Особистий внесок: автору належить розробка концепції майбутнього використання технологічного*

обладнання, до складу якого входять підйомні модулі, оснащенні гідравлічними домкратами або гідроциліндрами двосторонньої дії, при зведенні великопрогонових блоків покриттів в умовах адаптивного будівництва.

28. Rashkivskyi Volodymyr, Ignatenko Oleksandr, Zaiets Yuri. (2025). The composition of technological modules for orienting of building structures during the process of their installation in the design position. *Deutsche Internat. Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft*, 95, 54–60. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14609665> *Особистий внесок: автору належить визначення основних складових крокових підйомних модулів та етапів ітераційних циклів підйому опорних рам та ригелів ВП в просторі між спареними колонами каркасів зі спиранням на верхні пересувні опони платформи підйомних модулів.*

29. Ignatenko O., & Storozhev S. (2025). Researching of the labor intensity of the main installations during the construction of large-span coatings. *Slovak International Scientific Journal*, 91, 3–8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14636705> *Особистий внесок: автору належить формування інформаційної бази для виконання порівняльного аналізу за показниками трудомісткості складових технологічного процесу утворення несучого каркасу ВБ, визначення найбільш складних та трудомістких операцій, пов'язаних з укрупненням покриттів на монтажних стендах та подальшим підйомом блоків ВП на проектні відмітки з використанням кранових технологій в процесі передпідйомного укрупнення покриттів та кранових або безкранових технологій при вертикальному переміщенні блоків покриттів на проектні відмітки.*

30. Rashkivskyi V., Ignatenko O., Dubovyk I., & Zaiets Yu. (2025). Concept of filing the levels of detail of mechanization of building erection technologies. *International Independent Scientific Journal*, 69, 19 - 28. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14626484> *Особистий внесок: автору належить формування базової конструктивно-технологічної моделі зведення повнозбірних блоків ВП зі спиранням на крокові підйомні модулі, нижні та верхні пересувні платформи яких використовують напрямні профілі суцільних спарених колон*

каркаса в якості тимчасових опор при сприйнятті навантаження від ригелів піднімаємих блоків покриттів.

31. Ignatenko, O., Storozhev, S. (2025). Analysis of technological features of installation machines and mechanisms used in the construction of large-span coatings. *The Scientific Heritage. International Scientific Journal*, 153, 78 – 85. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14729661> *Особистий внесок: автору належить інформаційний пошук технічних характеристик сучасних мобільних та обмежено-мобільних кранів, немобільних механізмів, які можуть бути використанні при передпідйомному укрупненні та наступному підйомі конструктивно-технологічних блоків ВП, визначенні граничних умов використання підйомних механізмів в умовах щільної забудови.*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

32. Ігнатенко О.О. Розвиток технології безкранового підйому великопрольотних покриттів з застосуванням методу підрощування колон. *Проблеми та перспективи розвитку науки, освіти, технологій і суспільства: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (Кропивницький, 29 листопада 2023 р.) у 3 ч. Кропивницький: ЦФЕНД, 2023. Ч. 3, С. 39 – 42. <https://www.economics.in.ua/2023/12/11-29-3.html>

33. Ігнатенко О.О. Використання методу комбінованого підрощування колон для підйому великопрольотних покрівельних конструкцій. *Перспективи розвитку науки, освіти і технологій в Україні та світі: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (Житомир, 11 грудня 2023 р.). Житомир: ЦФЕНД, 2023. С. 55 - 59. <https://www.economics.in.ua/2023/12/11-2023.html>

34. Ігнатенко О.О. Використання гідропідйомних установок для зведення великопрольотних покриттів промислових будівель. *Стратегічні орієнтири розвитку науки, освіти, технологій та суспільства: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (Полтава, 12 грудня 2023 р.). Полтава: ЦФЕНД, 2023, С.39-42. <https://www.economics.in.ua/2023/12/12-2023.html>

35. Ігнатенко О.О. Удосконалення технології підрощування колон при безкрановому підйомі великопрольотних покриттів. *Наука, освіта та суспільство: світові тенденції та регіональний аспект*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Кременчук, 18 грудня 2023 р.). Кременчук: ЦФЕНД, 2023. С. 58 - 63. <https://www.economics.in.ua/2023/12/18-2023.html>

36. Ігнатенко О.О. Використання підйомних модулів при зведенні великопрольотних покриттів промислових об'єктів. International scientific-practical conference "*Vectors of science, education and technology development in the context of globalization*": conference proceedings (Tampere, Finland, December 20, 2023). Tampere, Finland: Scholarly Publisher ICSSH, 2023. 46 - 51. <https://www.economics.in.ua/2023/12/20-2023.html>

37. Ігнатенко О.О. Розвиток технології підйому великопрольотних покриттів зі спиранням на підрощувальні колони. *Перспективні напрямки розвитку науки, освіти та технологій: теорія і практика*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Ізмаїл, 22 грудня 2023 р.). Ізмаїл: ЦФЕНД, 2023. С. 39 - 45. <https://www.economics.in.ua/2023/12/22-2023.html>

38. Ігнатенко О.О. Розвиток безкранових технологій підйому великопрольотних покриттів. 1st International Scientific and Practical Internet Conference "*Impact of Artificial Intelligence and Other Technologies on Sustainable Development*": conference proceedings (Dnipro, Ukraine, December 28-29, 2023). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 66 - 69. <http://www.wayscience.com/en/1st-conference-december-28-29-2023/>

39. Ігнатенко О.О. Розвиток технології підйому покрівельних конструкцій. International scientific-practical conf. "*Current issues of science, education and technology in Ukraine and the world*": conference proceedings (Tampere, Finland, December 29, 2023). Tampere, Finland: Scholarly Publisher ICSSH, 2023. 59 - 64. <https://www.economics.in.ua/2023/12/20-2023.html>

40. Ігнатенко О.О. Використання крокових підйомників при зведенні великопрогонових покриттів промислових і цивільних об'єктів. *Сучасний стан*

та пріоритети модернізації науки, освіти та технологій: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Біла Церква, 10 січня 2024 р.) у 3 ч. Біла Церква: ЦФЕНД, 2024. Ч.3, С. 16 - 21. <https://www.economics.in.ua/2024/01/10-3.html>

41. Ігнатенко О.О. Використання підйомних модулів для зведення великопрольотних покриттів. International scientific-practical conference “*Science, education and technology: global trends and the regional aspect*”: collection of materials (Tampere, Finland, 3.02.2024). Tampere, Finland: Scholarly Publisher ICSSH, 2024. 39 - 43. <https://www.economics.in.ua/2024/02/3.html>

42. Ігнатенко О.О. Розвиток технології зведення великопрольотних покриттів з використанням підйомних модулів. 5th International Scientific and Practical Internet Conference “*Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Winter Debates*”: conference proceedings (Dnipro, Ukraine, February 8 - 9, 2024). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 82 - 87. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-5-8-9-lyutogo-2024/>

43. Ігнатенко О.О. Удосконалення технології зведення великопрольотних покриттів підйомними модулями. International scientific-practical conference “*Current issues of science, education and technology in modern conditions*”: conf. proceed. (Aarhus, Denmark, 12.03.2024). Aarhus, Denmark: Scholarly Publisher ICSSH, 2024. 63 – 66 <https://www.economics.in.ua/2024/03/12-03-2024.html>

44. Ігнатенко О.О. Використання методу виштовхування для зведення великопрольотних покриттів підйомними модулями. 1st International Scientific and Practical Internet Conference “*Interdisciplinary Approaches to Tackle Global Challenges and Promotion of Innovative Solutions*”: conference proceedings (Dnipro, Ukraine, March 14 - 15, 2024). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 117 - 122. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-1-14-15-bereznaya-2024/>

45. Ігнатенко О.О. Вдосконалення технологічних рішень методу підрощування колон при зведенні великопрольотних покриттів підйомними модулями. 3rd Internet Conference “*Scientific Research and Innovation*”: conf. Proc.

(Dnipro, Ukraine, 04. 18 – 19, 2024). Dnipro, Ukraine: Marenichenko, 114 - 118.
<http://www.wayscience.com/konferentsiya-3-18-19-kvitnya-2024/>

46. Ігнатенко О.О. Використання переваг методу виштовхування при зведенні великопрогонових покриттів підйомними модулями. International scientific-practical conference “*Current state and modernization priorities of science, education and society*”: conference proceedings (Aarhus, Denmark, May 24, 2024): in 2 parts. Aarhus, Denmark: Scholarly Publisher ICSSH, 2024. Part 1, 51 - 55.
<https://www.economics.in.ua/2024/05/24-1.html>

47. Ігнатенко О.О. Вдосконалення технологічних рішень зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: Збірник тез доповідей XIV Міжнародної науково-практичної конференції (м.Чернігів, 23–24 травня 2024 р.)* : у 2 т. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2024. Т. 2, С.163 – 164.
<https://conference-chernihiv-polytechnik.com/materiali-konferentsiyi/kzyatps-2024/>

48. Ігнатенко О.О. Використання переваг методу підтягування для зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. 5th International Scientific and Practical Internet Conference “*Ways of Science Development in Modern Crisis Conditions*”: conference proceedings (Dnipro, Ukraine, June 13 – 14, 2024). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 82 - 86. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-5-13-14-chervnya-2024/>

49. Ignatenko O. Improvement of structural and technological solutions for erection of large-span coatings by crane-free methods. X International Scientific and Practical Conference «*Theoretical and practical perspectives of modern science*»: conference proceedings (Stockholm, Sweden, Jul 13 – 14, 2024). 61 – 67.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.12745671>

50. Ignatenko O. (2024). Improvement of technological solutions for erection of large-span coatings by lifting modules. *Science – Technology - Innovation*. Abstracts of the 69th International scientific and practical conference. Pegas Publishing, Canada. 38 - 44. <http://el-conf.com.ua/>

51. Ignatenko O. Selection of the most complex segment of structural for erection of large-span coatings. XV international scientific conference «*The modern vector of the development of science*»: conference proceedings (Philadelphia, USA, August 15 – 16, 2024). 139 – 146. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13356785>

52. Ignatenko O. The determination of organizational and technological structures and classification of methods for installation of building structure. XI International Scientific and Practical Conference «*Science in modern society*»: conference proceedings Beijing, China, September 30, 2024). 27 – 36. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13861164>

53. Ігнатенко О.О. Вдосконалення конструктивно-технологічних рішень зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. Міжнародний науково-технічний форум Київ: Ліра-К, 10 листопада 2024. С. 116 https://drive.google.com/file/d/1TpA1Hh7c71ChP79W55YV0wPz_pUvVnWz/view

54. Ігнатенко О.О. Використання підйомних модулів при зведенні великопрогонових покриттів в умовах щільної забудови. International Scientific and Practical Conference “Modern Challenges in Science, Education, and Society: A Global Context”: Conference Proceedings (Stanford, USA, September 6, 2025). Stanford, USA: Golden Quill Publishing, 2025. 212 - 215. <https://www.economics.in.ua/2025/09/06.html>

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації:

55. Ignatenko O. (2023). The development of methods for crane-less lifting of long-span roofs. Scientific and Practical Journal «*WayScience*», Vol. 6 (№ 2). Ukraine, Dnipro: 6 (2), 48 – 57. <http://www.wayscience.com/en/vol-6-2-2023-2/>

56. Ignatenko O. (2024). Innovative structural and technological solutions for crane-free erection of large-span coatings. *Scientific and Practical Journal «WayScience»*, Ukraine, Dnipro: 7(1), 16–26. <http://www.wayscience.com/vol-7-1-2024/>

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень	31
Вступ	33
Розділ 1. Аналіз сучасного рівня технології зведення конструкцій великопрогонових будівель	44
1.1 Дослідження розвитку конструктивних рішень великопрогонових будівель та особливостей технологічних процесів їхнього зведення....	44
1.2 Аналіз організаційно-технологічних структур та класифікацій методів монтажу конструкцій великопрогонових будівель.....	51
1.3 Критеріальний аналіз сучасних конструктивно-технологічних рішень зведення великопрогонових будівель.....	64
1.3.1 Дослідження трудомісткості основних монтажних операцій при зведенні покриттів великопрогонових будівель.....	65
1.3.2 Дослідження технологічних особливостей процесів укрупнення та підйому великопрогонових покриттів на місця проектного закріплення.....	72
1.3.3 Аналіз технологічних особливостей використання монтажних машин і механізмів при зведенні великопрогонових будівель.....	84
1.4 Проблеми, мета та задачі досліджень.....	92
Висновки по першому розділу.....	96
Розділ 2. Визначення складу та систематизація функцій конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель.....	98
2.1 Методика та методи досліджень.....	98
2.2 Дослідження структури технологічних процесів зведення конструкцій великопрогонових будівель.....	114
2.3 Дослідження зв'язків складових конструктивно-технологічних моделей ведення з елементами системи «технологія зведення».....	126
2.4 Систематизація функцій конструктивно-технологічних моделей	

зведення великопрогонових будівель підйомними модулями.....	135
2.5 Систематизація факторів, впливаючих на вибір конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель	143
2.6 Відбір функцій взаємодії та факторів впливу для розробки варіантів конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями	142
Висновки по другому розділу.....	156
Розділ 3. Формування та дослідження складових конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель	167
3.1 Структурно-функціональна класифікація груп конструктивно - технологічних моделей зведення великопрогонових будівель.....	169
3.2 Функціонально-фізичний аналіз груп конструктивно-технологічних моделей зведення покриттів великопрогонових будівель.....	195
3.2.1 Конструктивно-функціональна структура конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями, які спираються на підрощуванні колони будівлі.....	197
3.2.2 Конструктивно-функціональна структура конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель зі спиранням на стволи підйомних модулів, які підрощуються між спареними колонами каркаса	209
3.2.3 Конструктивно-функціональна структура конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель зі спиранням на підйомні модулі, які переміщуються між спареними колонами каркаса.....	220
Висновки по третьому розділу.....	227
Розділ 4 Дослідження компоновок підйомних модулів та Закономірностей їх формування	229

4.1 Визначення системи функціональної взаємодії між елементами компоновок підйомних модулів	229
4.2 Дослідження структурно-логічної залежності формування компоновок підйомних модулів.....	233
4.2.1 Компоновки підйомних модулів при зведенні конструкцій великопрогонових будівель методом верхнього підрощування колон каркаса.....	234
4.2.2 Компоновки підйомних модулів при зведенні конструкцій великопрогонових будівель методом підрощування стовпів підйомних модулів між спареними колонами каркаса.....	236
4.2.3 Компоновки підйомних модулів при зведенні конструкцій великопрогонових будівель методом переміщення підйомних модулів між спареними колонами каркаса.....	241
4.3 Моделювання процесів зведення конструкцій великопрогонових будівель з використанням багатоваріантних компоновок підйомних модулів.....	248
Висновки по четвертому розділу.....	254
Розділ 5. Дослідження процесу оптимізації системно сформованих конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель.....	256
5.1 Визначення та формулювання критеріїв оптимізації конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями	257
5.2 Удосконалення відібраних варіантів конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель на основі сформульованих критеріїв оптимізації.....	262
5.3 Роботизація завершальної фази зведення великопрогонових будівель з використанням оптимізованих варіантів конструктивно- технологічних моделей.....	269

Висновки по п'ятому розділу.....	282
Розділ 6. Аналіз створеної системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями.....	284
6.1 Структурно-логічна концепція системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями.....	286
6.1.1 Функціонально-цільовий обрис конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями.....	287
6.1.2 Теоретичні основи системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями.....	290
6.1.3 Методологічна послідовність створення системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями.....	292
6.1.4 Оптимізація варіантів конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями та роботизація завершальної фази зведення	294
6.1.5 Морфологія процесу оптимізації системно сформованих варіантів конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями.....	296
6.2 Сегментація та визначення пріоритетних сфер застосування системно сформованих конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями.....	298
6.3 Оцінка ефективності виконаних досліджень.....	300
6.4 Напрями та перспективи масштабування системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями.....	303

Висновки по шостому розділу.....	306
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	308
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	314
ДОДАТКИ	
Додаток А . Таблиця А.1 « Процентні складові основних монтажних процесів при використанні технологій безкранового зведення великопрогонових покриттів.....	340
Додаток Б .	
Таблиця Б.1 « Монтажно-технологічні показники досліджуємих варіантів зведення великопрогонових покриттів з використання кранових та безкранових монтажних технологій. Методи монтажу ММ1 та ММ3 ».....	341
Таблиця Б.2 « Монтажно-технологічні показники досліджуємих варіантів зведення великопрогонових покриттів з використання кранових та безкранових монтажних технологій. Методи монтажу ММ5 та ММ4 ».....	342
Додаток В . Таблиця В.1 « Конструктивно-технологічні характеристики варіантів зведення покриттів великопрогонових будівель з використанням безкранових методів монтажу».....	343
Додаток Г . Таблиця Г.1 « Порівняльна характеристика механізмів з гідравлічним, пневматичним і пневмогідравлічним приводом ».....	344
Додаток Д . Довідки про впровадження	
Довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження в ТОВ «Європейські технології в будівництві».....	345
Довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження в ТОВ «Будівельна компанія « Інжтехбуд».....	346
Додаток Е . Список публікацій здобувача за темою дисертації	347

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВБ	- великопрогонові будівлі
ВП	- великопрогонові покриття
ВРІ	- верхній рівень ієрархії
ВПКБ	- верхнє підрощування колон будівлі
ВПКС	- верхнє підрощування колон будівлі та монтажних стовпів
ВРФС	- внутрішній рівень функціональної структури
ГП	- гідравлічні підйомники
ГДД	- гідроциліндри двосторонньої дії
ГВФВ	- група внутрішніх функцій взаємодії
ГЗФВ	- група зовнішніх функцій взаємодії
ГОД	- гідроциліндри односторонньої дії
ГПМ	- гідравлічні підйомні модулі
ГПУ	- гідравлічні підйомні установки
ДДД	- домкрати двосторонньої дії
ДОД	- домкрати односторонньої дії
ДФВ	- дворівнева функціональна взаємодія
ЗБ	- залізобетон
КБМ	- компоненти блоку компоновок ПМ «Механізми підйому і фіксації»
КВБ	- конструкції великопрогонових будівель
КБК	- компоненти блоку компоновок ПМ «Конструктивні елементи»
КВП	- конструкції великопрогонових покриттів
КПМ	- компоновки підйомних модулів
КТБ	- конструктивно-технологічні блоки
КТМ	- конструктивно-технологічні моделі
КТР	- конструктивно-технологічні рішення
КТХ	- конструктивно-технологічні характеристики

КФС	- конструктивно-функціональна структура
ММ	- методи монтажу
ММА	- метод морфологічного аналізу
МРП	- метод розстановки пріоритетів
МСОР	- метод синтезування оптимальних рішень
МССА	- метод системно-структурного аналізу
МППМ	- міжколонне переміщення підйомних модулів
МПСП	- міжколонне підрощування стовпів підйомних модулів
МФФА	- метод функціонально-фізичного аналізу
НПКБ	- нижнє підрощування колон будівлі
НПКС	- нижнє підрощування колон будівлі та монтажних стовпів
ОТС	- організаційно-технологічна структура
ПМ	- підйомні модулі
ПКБ	- підрощуванні колони будівлі
ПКК	- підрощуванні колони каркасу
ППМ	- пересувні підйомні модулі
ПМС	- підрощуванні монтажні стовпи
ПМП	- пересувні монтажні платформи
ПСПМ	- підрощуванні стовпи підйомних модулів
СКБ	- суцільна колона будівлі
СКФ	- структурно-функціональна класифікація
СПМ	- стаціонарний підйомний модуль
ССП	- соціотехнічна система перетворень
СТС	- складна технологічна система
СПКБ	- стендове підрощування колон будівлі
ССКК	- суцільні спарені колони буд
РВП	- ригель великопрогонового покриття
ФВ	- функції взаємодії
ФЦО	- функціонально-цільовий обрис
ФФА	- функціонально-фізичний аналіз

ВСТУП

Вторгнення рф в Україну з 2014 року призвело до значних жертв серед населення нашої держави, економіці завданні значні збитки. Зруйновано або пошкоджено багато об'єктів критичної інфраструктури. За оцінками *Світового банку*, потреба у фінансуванні реконструкції протягом наступного десятиліття складає близько \$588 млрд.

Відповідно до пріоритетів державних програм повоєнного відновлення України, зокрема «Відновлення», Плану відновлення України, Національної програми відновлення та Державної стратегії регіонального розвитку на 2021–2027 роки [1-3], одним із центральних напрямків програми відновлення є реконструкція пошкоджених та зведення нових ВБ, в першу чергу медично-реабілітаційних закладів, підприємств військово-оборонного комплексу, важкого машинобудування, авіазаводів, логістичних терміналів та складських хабів.

Для більшості проектів по реконструкції або новому будівництву великопрогонових об'єктів цивільного чи промислового призначення умови виконання всього комплексу будівельно-монтажних робіт досить складні. При випрацюванні «Проектів виконання робіт» та «Технологічних карт монтажних процесів» проектувальники стикаються з декількома проблемними умовами. Це повністю зруйновані або вельми пошкоджені дороги з багатотонними завалами, які ускладнюють логістику, необхідність виконання робіт по реконструкції окремих великопрогонових цехів, розташованих в щільній внутрізаводській забудові, неможливість влаштування повноцінних доріг для переміщення кранів по зовнішньому контуру великопрогонових об'єктів реконструкції чи нового будівництва. За таких умов використання класичних кранових технологій в монтажних процесах є вкрай складним і для більшості проектів будівництва технічно неможливе.

Актуальність теми. Актуальність дослідження обумовлена загальною потребою швидкого відновлення промислової та соціальної інфраструктури України, зруйнованої внаслідок бойових дій. В умовах щільної міської забудови та часто неможливої або ускладненої логістики застосування традиційних

кранових технологій при реконструкції пошкоджених та зведенні нових ВБ стає неефективним. Перехід до безкранових технологій з використанням ПМ дозволяє вирішити цю проблему з мінімальними затратами та ризиками. Тому створення системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями є актуальною науково-прикладною проблемою.

Ключовими аргументами, які підсилюють необхідність випрацювання теоретичних основ та інструментарію безкранових технологій зведення ВБ з використанням КТМ, є :

- *технологічна незалежність від логістики.* В умовах пошкоджених доріг та зруйнованих мостів переміщення важких самохідних кранів (вантажопідйомність до 100 т) в зону будівництва для більшості об'єктів відновлення неможлива. Натомість ПМ на базі гідравлічних домкратів можуть бути доставлені на будівельний майданчик малотоннажним компактним транспортом;
- *відновлення пошкоджених та зведення нових ВБ в умовах обмеженого технологічного простору.* В умовах існуючої забудови промислових територій при відновлюванні ВБ , де відстань між цехами мінімальна, передпідйомне розкріплення самохідних кранів ускладнене. Радіус повороту стріли кранів максимально обмежений. Натомість безкранові технології з використанням ПМ дозволяють виконувати вертикальне зведення ВП зі спиранням на підрозумовані або суцільні колони каркаса ВБ, що зводяться;
- *економічна ефективність і енергонезалежність .* В умовах сьогодення вартість оренди потужних кранів дуже висока (наприклад, вартість однієї машино-зміни крана Liebherr LTM 1300 становить від 60 000 до 80 000 грн.). Системи ПМ , до складу яких входять гідравлічні чи пневматичні домкрати, гідроциліндри двосторонньої дії при менших вартостях можуть працювати від мобільних генераторів, що критично важливо для відновлення пошкоджених чи зведення нових ВБ на територіях з нестабільним енергопостачанням.

Аналіз праць видатних вітчизняних і закордонних вчених - Черненка В. К., Тонкачєєва Г. М., Осипова О. Ф., Назаренка В. Ф., Ситника Н. П., Ровінського Л. Флігієра К., у яких розглянуто організаційно-технологічні складові монтажних

процесів і наведено класифікацію методів монтажу ВБ, підтверджує сталу тенденцію зміщення акцентів від класичних кранових технологій до комбінованих технологій зведення ВБ, при застосуванні яких ВП укрупнюються на монтажних стендах кранами і переміщуються на проектну висоту за допомогою кранів або різноманітних підйомників.

З урахуванням першочергових завдань, що стоять перед вітчизняною будівельною індустрією щодо відновлення пошкоджених внаслідок війни та зведення нових ВБ промислового та цивільного призначення в умовах адаптивного будівництва при обмеженій можливості застосування в будівельних процесах класичних кранових технологій, актуальність теми дисертаційного дослідження є очевидною. Вона спрямована на науково обґрунтоване вирішення проблеми створення системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, які вертикально переміщують передпідйомно укрупнення блоки ВП на проектні відмітки за умови функціональної взаємодії компоновок підйомних модулів з підрощуваними або суцільними колонами каркаса ВБ, що зводиться.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Зміст і новизна результатів дисертації відповідають напряму розвитку, визначеному законодавчими актами України, такими як Національна програма відновлення регіонів і територій України (Закон № 2389-IX від 09.07.2022), План «Відновлення України (Розпорядження КМУ від 18.03.2024 №244), Державна стратегія регіонального розвитку на 2021–2027 роки (Постанова КМУ від 13.08.2024 №940). Також, тематика дисертаційного дослідження відповідає науковому напрямку кафедри будівельних технологій Київського національного університету будівництва та архітектури «Вдосконалення теоретичних основ варіантного проектування технологій будівництва та реконструкції об'єктів промислового та цивільного призначення» (НДР 0125U002046).

Наукова проблема полягає у відсутності цілісної системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, яка забезпечувала б оперативну реконструкцію пошкоджених внаслідок війни великопрогонових об'єктів критичної інфраструктури та зведення нових ВБ в умовах існуючої забудови

населених місць, де застосування класичних кранових технологій є технічно неможливим. Впровадження в будівельну практику створюваної системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями має забезпечити суттєве зниження трудомісткості монтажних процесів, скорочення загальних строків будівельно-монтажних робіт та мінімізувати ризики для персоналу, задіяному в висотних монтажних процесах

Наукова гіпотеза дослідження: функціонально-цільовий обрис КТМ зведення великопрогонових будівель ПМ доцільно розглядати не в конструктивно-технічній формі, а як сукупність функцій багатоваріантної взаємодії основних складових КТМ з елементами соціотехнічної системи перетворень, що дозволяє декомпонувати ці функції на дворівневу ієрархію та створювати адаптовані КТМ, які відповідають заданим параметрам технологічного призначення.

Мета роботи - розробити теоретичні основи та методологічні принципи системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, яка забезпечує адаптивність до умов обмеженого технологічного простору, мінімальні показники складності, трудомісткості та тривалості процесів зведення ВБ, повну автоматизацію операцій по вертикальному переміщенню ВП та роботизацію завершальної фази встановлення опорних конструкцій ВП у проектне положення при досягненні максимального рівня безпеки висотних монтажних робіт.

Для досягнення поставленої в роботі мети визначено наступний **перелік завдань дослідження:**

- проаналізувати сучасний рівень технологій зведення великопрогонових будівель, виявити основні тенденції, обмеження традиційних кранових методів та обґрунтувати актуальність переходу до безкранових адаптивних технологій у контексті існуючої забудови населених місць та повоєнного відновлення об'єктів критичної інфраструктури України;
- визначити та систематизувати основні складові КТМ зведення великопрогонових будівель, а також ключові групи функцій взаємодії та факторів впливу в соціотехнічній системі перетворень;

- сформувати функціонально-цільовий обрис КТМ як сукупність функцій багатоваріантної взаємодії основних складових з елементами соціотехнічної системи перетворень та встановити дворівневу ієрархічну структуру цієї взаємодії (зовнішні та внутрішні функції);
- дослідити закономірності формування компоновок ПМ та структурно-логічну залежність їх функціональної взаємодії від технологічних особливостей безкранових методів зведення великопрогонових будівель;
- визначити та обґрунтувати пріоритетні критерії оптимізації КТМ зведення великопрогонових будівель підйомними модулями в умовах обмеженого технологічного простору та високих вимог безпеки;
- виконати порівняльний модельний аналіз альтернативних варіантів КТМ, провести їх оптимізацію та визначити пріоритетні варіанти з сегментацією за масою піднімаємого покриття та розмежуванням областей раціонального використання;
- розробити технологічні рішення з роботизації та повної автоматизації завершальної фази закріплення ригелів великопрогонових покриттів у проектному положенні за умови переміщення конструкцій у трьох площинах без присутності монтажників у зоні підвищеного ризику;
- узагальнити структурно-логічну послідовність створення системи формування КТМ, сформувати рекомендації щодо її практичного застосування в умовах адаптивного та повоєнного будівництва, а також обґрунтувати перспективи масштабування використання системи для освоєння космічного простору в умовах вакууму та мікрогравітації.

Об'єкт дослідження - технологічні процеси безкранового зведення великопрогонових будівель в обмеженому технологічному просторі в умовах існуючої забудови населених місць, ускладненої логістики за підвищених вимог до безпеки виконання висотних монтажних робіт.

Предмет дослідження - функціонально-цільова взаємодія між основними складових КТМ зведення ВБ підйомними модулями, закономірності її дворівневої ієрархічної структуризації та методологічні принципи формування адаптивних,

оптимізованих та роботизованих КТМ на закладі багатоваріантної функціональної взаємодії між компонентами блоків компоновок ПМ та конструктивними складовими КТМ зведення ВБ.

Наукова новизна отриманих результатів дисертаційної роботи полягає у створенні теоретичних основ системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями яка ґрунтується на представленні КТМ як сукупності функцій багатоваріантної взаємодії основних складових ПМ з елементами соціотехнічної системи перетворень, з декомпозицією цих функцій на дворівневу ієрархію та цілеспрямованим конструюванням ПМ, призначених для їх виконання, за умови відповідності ієрархії результатів. Це дає змогу різноманітними комбінаційними варіантами компоновок ПМ створювати адаптовані моделі зведення, що відповідають попередньо визначеним параметрам технологічного призначення. Уперше розроблено цілісну науково-прикладну систему безкранового зведення ВБ, в якій функціональна взаємодія крокових ПМ або підрощуваних стовпів ПМ зі спареними колонами каркасів дозволяє переміщувати блоки великопрогонових інтегрованих покриттів з рівня передпідйомного укрупнення до рівня проектного закріплення в автоматичному режимі на будівельних майданчиках, розміри яких в плані не перевищують габаритні розміри покриттів, що зводяться. При цьому, монтажники залучаються виключно в процеси остаточного закріплення ригелів ВП між оголовками колон каркаса. За умови мінімізації ризиків при знаходженні персоналу поза зоною зведення ВП, весь процес роботизованого автоматичного підйому ВП дистанційно контролюється з центрів управління, розташованих поза зоною монтажних робіт.

Таким чином, результати дисертаційної роботи сприяють створенню ефективного, адаптивного, оперативного та безпечного технологічного середовища для зведення великопрогонових об'єктів. Це є критично важливим для відновлення промислової та цивільної інфраструктури України в умовах сучасних викликів, коли використання класичних кранових технологій є обмеженим, а для більшості проєктів будівництва — технічно неможливим.

Наукову новизну складають наступні результати.

В даній дисертаційній роботі подано **вперше:**

- сформовано та досліджено основні складові КТМ зведення великопрогонових будівель, якими є силові технічні агрегати (стаціонарні та пересувні підйомні модулі) та несучі конструкції (збірні підрошувані або суцільні колони каркаса, ригелі ВП, що зводяться), що дозволяє визначати умови їхнього об'єднання у єдину цільову систему, забезпечує можливість моделювання варіантів її компоновки, залежно від умов зведення ВП, та що вперше покладено в основу методології створення та застосування технологічних систем зведення ВП крокуючими ПМ;
- обґрунтовано методичний підхід щодо дослідження функціонально-цільового обрису КТМ, не у відомій конструктивно-технічній формі, а як сукупності функцій багатоваріантної взаємодії складових КТМ з елементами системи перетворень та який покладено у теоретичне підґрунтя процесу моделювання власної структури та функції зазначених технологічних систем;
- створено теоретичні основи цілісної науково-прикладної системи безкранового зведення ВП, в якій завдяки функціональній взаємодії основних складових КТМ забезпечується автоматичне вертикальне переміщення блоків ВП в просторі між спареними колонами каркаса зі спиранням на крокові ПМ або підрошувані стовпи ПМ з одночасним забезпеченням просторової стійкості та геометричної незмінності ВП, як в процесі підйому, так й під час технологічних пауз в підйомному процесі;
- розроблено теоретичні принципи роботизації завершальної фази зведення ВП, що дозволяє виконувати автоматичне наведення та встановлення ригелів ВП у проектне положення між оголовками спарених колон каркаса в трьохвимірному просторі за умови відсутності персоналу в зоні зведення;
- обґрунтовано концептуальні принципи та система конструктивно-технологічних моделей використання спарених колон каркаса як багатофункціональних складових КТМ, які одночасно виконують роль вертикальних напрямних, опорних вузлів і обмежувачів горизонтальних відхилень під час переміщення блоків ВП;

➤ обґрунтований новий підхід до вирішення комплексної проблеми зведення ВБ в умовах існуючої забудови населених місць, ускладненої логістики та неможливості використання традиційних кранових технологій, при якому у відповідності до створеної системи формування КТМ вертикальне переміщення блоків ВП з рівня передпідйомного укрупнення на рівень проектних відміток виконується підйомними модулями в автоматичному режимі на ділянках, розміри яких не перевищують габаритні розміри ВП, що зводиться, при відсутності персоналу в зоні підйому та дистанційному керуванні всіма етапами процесу вертикального переміщення ВП.

Удосконалено:

➤ методологічні принципи декомпозиції складних технологічних систем на дворівневу ієрархічну структуру функціональної взаємодії (зовнішні F1–F4 та внутрішні F5–F6 функції), що дозволяє системно формувати адаптивні КТМ залежно від конкретних умов будівництва;

➤ підходи до оптимізації КТМ на основі комплексної системи критеріїв (адаптивність до обмеженого простору, мінімізація трудомісткості, тривалості процесів та максимізація безпеки висотних робіт), що забезпечило перехід від евристичних рішень до науково обґрунтованого вибору раціональних варіантів;

➤ структурно-логічну залежність конструктивно-технологічного наповнення компоновок ПМ від технологічних особливостей безкранових методів зведення з застосуванням ПМ;

➤ модель порівняльного аналізу варіантів КТМ, яка враховує одночасно технічні, економічні параметри та умови безпеки виконання монтажних робіт.

Набуло подальшого розвитку:

➤ теорія безкранових методів монтажу будівельних конструкцій на основі створення багатофункціональних адаптивних технологічних систем, основною складовою яких є стаціонарні або пересувні підйомні модулі, функціонально взаємодіючи зі спареними суцільними колонами каркасів великопрогонових будівель, що зводяться;

- методологія роботизованого безкранового зведення нових та відновлення пошкоджених ВБ, придатна для застосування в умовах постійно змінюваного адаптивного будівництва;
- теорія функціонально-цільового моделювання складних будівельних систем з урахуванням динаміки факторів впливу зовнішнього та внутрішнього середовища;
- наукові засади інтеграції систем дистанційного керування та моніторингу у процес безкранового роботизованого монтажу великопрогонових об'єктів промислового та цивільного призначення з використанням запропонованої системи формування КТМ зведення ВП підйомних модулів.

Практичне цінність результатів дисертації полягає в створенні дієвої системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, яка дозволяє вирішувати актуальні проблеми сучасного будівництва в умовах щільної забудови та повоєнного відновлення. Запропонована система забезпечує:

- можливість безкранового зведення та реконструкції великопрогонових об'єктів на територіях, де використання традиційних кранових технологій технічно неможливе або економічно недоцільне;
- суттєве зниження трудомісткості та тривалості монтажних робіт завдяки автоматизації вертикального переміщення блоків ВП і роботизації завершальної фази наведення та закріплення ригелів ВП в проектному положенні;
- підвищення безпеки висотних робіт за рахунок мінімальної присутності персоналу в зоні ризику (24–34 м) - монтажники залучаються лише на етапі остаточного проектного закріплення опорних покрівельних конструкцій;
- адаптивність технології до обмеженого монтажного простору, коли розміри будівельного майданчика не перевищують габарити об'єкта зведення.
- постійний моніторинг за всіма процесами зведення ВП з використанням камер спостереження, розташованими на крокових ПМ або на секціях підрощених стовпів ПМ.

Розроблені варіанти КТМ (6g₃ - для зведення ВП масою 1200–6000 т та 7b₂ - для зведення ВП масою до 1200 т) створюють практичний інструментарій

для оперативного відновлення об'єктів критичної інфраструктури, а також для зведення нових будівель в умовах існуючої забудови населених місць.

Особистий внесок здобувача полягає в самостійному отриманні всіх наукових і практичних результатів, викладених у дисертації. У співавторських публікаціях використані лише ті ідеї та результати, які є підсумком власних досліджень автора. Внесок здобувача в колективних роботах чітко визначено у переліку публікацій. Матеріали та висновки кандидатської дисертації в даній роботі не використовувалися.

Автору належать такі основні наукові результати:

1. Розроблено теоретичні основи системи формування КТМ зведення великопрогонових будівель підйомними модулями, які базуються на функціонально-цільовому підході та дворівневій ієрархії взаємодії складових КТМ з елементами соціотехнічної системи перетворень.

2. Сформовано структурно-логічну послідовність створення системи формування КТМ, що включає визначення основних складових, дворівневу ієрархію функцій взаємодії, морфологічний аналіз, критеріальну оптимізацію та рекомендації щодо роботизації ключових технологічних процесів.

3. Розроблено цілісну науково-прикладну систему безкранового зведення великопрогонових покриттів, в якій підйомні модулі забезпечують примусове вертикальне переміщення конструктивно-технологічних блоків покриттів зі спиранням на крокові підйомні модулі або підрощувані стовпи ПМ.

4. Запропоновано та обґрунтовано дворівневу ієрархічну структуру функціональної взаємодії компоновок підйомних модулів (верхній рівень — блоки «Механізми підйому та фіксації» і «Конструктивні елементи»; нижній рівень — взаємодія компонентів блоків компоновок ПМ), що дозволяє системно формувати адаптивні КТМ залежно від технологічних умов зведення.

5. Розроблено теоретичну концепцію повної роботизації завершальної фази зведення, яке забезпечує автоматизоване просторове переміщення опорних рам та ригелів ВП при їхньому точному наведенні та встановленні в проектне положення між оголовками спарених колон каркаса без залучення монтажників.

6. Визначено та обґрунтовано систему пріоритетних критеріїв оптимізації КТМ (адаптивність до обмеженого технологічного простору, мінімізація складності, трудомісткості та тривалості процесів, максимізація безпеки висотних робіт). На їхній основі виконано критеріальну оптимізацію та ранжування варіантів КТМ.

7. Обґрунтовано перспективи практичного застосування створеної системи для повоєнного відновлення України в умовах адаптивного будівництва, а також для безкранового зведення великопрогонових будівель з висотними відмітками закріплення покриттів понад 34 м.

Апробація змісту результатів та інноваційних досліджень здійснена на 23 міжнародних науково-практичних конференціях в Україні, США, Канаді, Китаї Швеції, Фінляндії, Данії, зазначених у списку праць здобувача.

Публікації. Основні науково-теоретичні, методичні та практичні результати дисертації опубліковано в 56 друкованих працях, серед яких – 6 статей у виданнях, що входять до міжнародних науко-метричних баз Scopus та Web of Science Core Collection, 9 статей у спеціалізованих наукових виданнях, включених до категорії «Б» переліку фахових видань України, 16 статей у наукових періодичних виданнях інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію, 23 публікації апробаційного характеру у вигляді тез доповідей на міжнародних та вітчизняних науково-практичних конференціях, 2 статті у періодичних виданнях, які додатково відображають результати дисертації.

Структура та обсяг дисертації відповідає встановленим вимогам та змісту вирішуваних в дисертації завдань. Дисертація містить анотацію українською та англійською мовами, список праць здобувача, перелік умовних позначень, вступ, шість розділів, загальні висновки, список використаних джерел із 252 найменувань, додатки на 16 сторінках. Повний обсяг дисертації становить 355 сторінок, з них 280 сторінок основного тексту, включаючи 81 рисунок та 18 таблиць.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО РІВНЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВЕДЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ БУДІВЕЛЬ

1.1 Дослідження розвитку конструктивних рішень великопрогонових будівель та особливостей технологічних процесів їхнього зведення

Вимоги одночасного знаходження великої кількості людей (до 30000 осіб) в одному приміщенні з давніх часів ставили перед архітекторами та зодчими задачі проектування і зведення громадських будівель з зальними приміщеннями великих розмірів, які мали різноманітні функціональні призначення та конструктивні рішення. Просторові форми перших купольних покриттів ВБ суттєво впливали на архітектурну виразність будівель, а тому питання вибору матеріалів, конструкцій та технологій зведення покриттів було надзвичайно актуальним. До найбільш виразних перших культових громадських бетонних та кам'яних ВБ можна віднести Пантеон в Римі, Мечеть Айя-Софія в Стамбулі, Собор Санта-Марія-дель-Фьоре у Флоренції, Собор Святого Петра в Римі та Собор Святого Павла в Лондоні. Матеріалами для будівництва згаданих шедеврів архітектурного мистецтва служили вапняк, травертин, граніт, мармур, та бетон з наповнювачами з гранітної крихти та пензи. Культові об'єкти минулості можна характеризувати, як надважкі (маса до 65000 тонн) [4]. До арсеналу підйомних механізмів входили лише початкові нескладні системи поліспастів. Переміщення кам'яних блоків для утворення купольних конструкцій (КК) на проектній висоті (до 140 м) було надзвичайно складним та небезпечним. Багатоярусні ліса та перші шаблони для утворення купольних конструкцій з дерева були громіздкими та важкими. Роботи по встановленню лісів та опорних конструкцій для майбутніх куполів на висоті до 150 м були дуже складними та небезпечними. Виключно мануальний характер процесів зведення ВП при відсутності потужних підйомних механізмів суттєво впливав на строки будівельних робіт. Період зведення великопрогонових КК займав до 140 років. Конструктивні характеристики найвідоміших ВБ з купольними покриттями (118–1708 р.) наведено в табл.1.1.

Таблиця 1.1

Культові споруди з купольними покриттями, зведені в II – XVIII століттях

Назва культової споруди	Період будівництва (роки)	Площа приміщень (м ²)	Діаметр купола (м)	Висота купола (м)	Матеріали, використані при будівництві
Пантеон в Римі	118 - 128	2 400	43,5	43,3	камінь і бетон
Мечеть Айя-Софія в Стамбулі	532-537	7 500	34,0	41,0	камінь і мармур
Собор Санта-Марія-дель Фьоре у Флоренції	1296 - 1436	8 300	42,5	114,5	камінь і мармур
Собор Святого Петра в Римі	1506 - 1626	15 000	41,4	136,6	камінь і мармур
Собор Святого Павла в Лондоні	1675 - 1708	15 200	32,6	111,0	портлендський вапняк

В XVIII - XIX століттях з розвитком металургійної промисловості для зведення ВБ починають використовувати сталь та чавун. Кінець XVIII століття вважається початком впровадження в технології будівництва промислових та цивільних об'єктів конструкцій з залізобетону. Починаючи з 1800 року в напрацюваннях архітекторів та конструкторів для зведення ВБ розглядаються, окрім дерева, каміння та бетону, конструкції зі сталі, чавуна та залізобетону. З подальшим розвитком будівельної індустрії стають актуальними комбінаційні варіанти для ВБ – це метал-дерево, метал-збірний залізобетон (ЗБ), метал – полімери. Широке використання в конструкціях ВБ металу та ЗБ стало можливим завдяки надбанню архітекторів та інженерів минулих століть та сьогодення. Значна більшість розробок присвячена використанню для ВП різноманітних металевих та ЗБ конструкцій – від стійково-балкових систем до криволінійних надскладних просторових несучих форм. Багатоваріантні конструктивні рішення просторових ВП представлені в роботах видатних вчених та конструкторів, таких як Річард Т. [5], Енгель Х. [6], Ругла Х. [7], Мардер А. [8], Фрідман Д. [9], Жербін М. М. [10].

Згідно Енгеля Х. [6] та Гетуна Г. В. [11] загальна класифікація конструкцій великопрогонових покриттів (КВП) з урахуванням геометричних ознак та конструктивно-статичних умов роботи наведена в табл.1. 2.

Таблиця 1.2

Загальна класифікація конструкцій великопрогонових покриттів

Наявність розпору	Площині конструкції	Просторові конструкції
Безрозпірні	Плити зі спіранням на дві сторони Балки Ферми	Плити зі спіранням на чотири сторони Перехресно-ребристі Перехресно-стрижньові структури Структурні плити з пластинчастими пірамідами
Розпірні	Рами Арки Склепіння	Склепіння Жорсткі оболонки Висячі покриття М'які оболонки

Розвиток галузей промисловості та наземного транспорту починаючи з 30-х років минулого століття ставили перед архітекторами та конструкторами задачі розробки великорозмірних одно- та багатоповерхових металевих машино- та пароплазобудівельних заводів, залізнодорожних вокзалів. В період після 50-х років з'являються великорозмірні ангари для авіазаводів, термінали аеропортів, криті стадіони, концертні зали, торгівельно-розважальні та рекреаційні центри. В роботах відомих авторів Ругла Х. [7], Тедеско А. [12], Хаса А. [13], Брадшава Р. [14], Стенкера Х. [15], Веста Ф. [16], Черненко К. В. [17] відображена тенденція сталого збільшення прогонів конструкцій покриттів ВБ, побудованих у 1924 - 2000 роках, з 24 до 175 м. Серед ВБ, зведених в ХХІ столітті, слід виділити авіаційні ангари, побудовані в Німеччині та Китаї. Так, в 2008 році у Франкфурті був побудований ангар площею 25000 м², прогін покриття 180 м [18]. Світовим лідером серед КВП є термінал Beijing Daxing International Airport в Пекіні (прогін ВП 404,5 м, блок покриття 404,5 × 98,5 м), побудований в 2018 році [19].

Серед вітчизняних ВБ промислового призначення слід виділити зведення покриттів двох виробничих корпусів авіаційного заводу в Гостомелі в 1979 році. Загальна площа покриттів 40000 м², прогін ВП 96м [20-22]. Попередньо

укрупненні на фундаментах, блоки покриттів переміщувались з фундаментів на проектну висоту з використанням примусового *підтягування* [23]. Конструкція покриття – комбінована система, до складу якої входили дві арки з жорсткими затяжками. Арки були з'єднані між собою на рівні ригелів нерозрізними фермами (висота 3,3 м, прогін 24 м, крок 12 м). Блок покриття в процесі вертикального переміщення наведено на рис.1.1 .

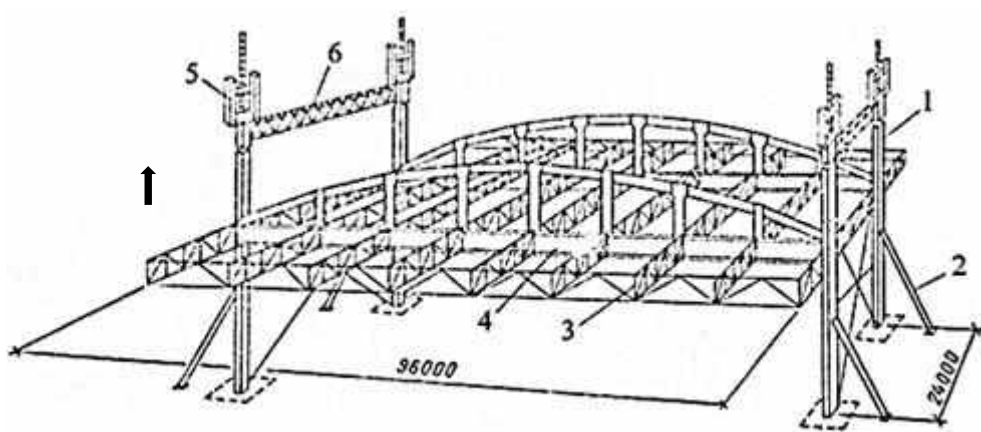


Рис. 1.1 Принципова схема підйому ВП розмірами 96×48 м масою 1200 тонн: 1 – колони каркасу, 2- підкоси, 3 – кроквяні ферми, 4 – ригель, 5 – гідропідйомник ПШ-330, 6 – вітрова ферма (за: [20, с.19])

Другим яскравим прикладом зведення КВП в Україні є монтаж покриття цеху авіабудівельного заводу у Києві в 1983 році (розміри в плані 144×275 м, площа 39600 м^2) [24 - 26]. Підйом покриття виконувався методом *примусового виштовхування* [27]. ВП покриття в процесі підйому наведено на рис. 1.2

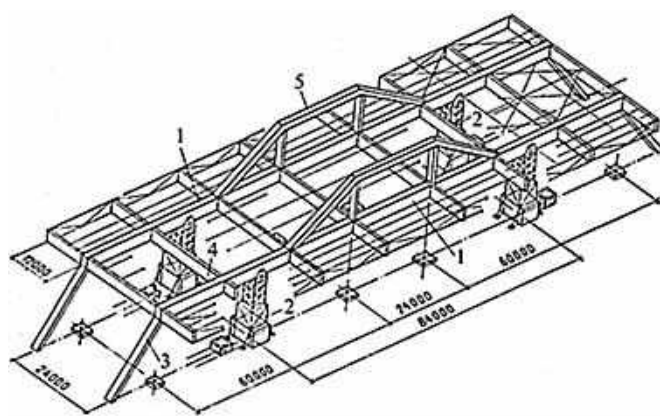


Рис.1.2 Принципова схема підйому ВП розмірами 144×48 м, масою 1100 тонн: 1 – ригель, 2 – підйомник ПГ-300, 3 – колона, 4 – кроквяна ферма, 5 – підтримуюча система ригеля (за: [20, с.20])

На окрему увагу заслуговує ангар аеропорту Франкфурта [18], збудований в 2008 році (розміри $180 \times 140 \times 35$ м, площа $25\,000\text{ м}^2$). Цікавим є конструктивне рішення покриття, при якому повздовжні несучі ферми (прогін 180 м) знаходяться зовні, над покрівельним покриттям. До повздовжніх ферм примикають 10 поперечних ферм трикутного перерізу (рис.1.3)



Рис. 1.3 Авіаційний ангар аеропорту Франкфурта з прогоном 180 м

Також, цікавим є конструктивне рішення покриття ангару авіаційного терміналу в Пекіні (розміри $404,5 \times 97,5 \times 35,0$ м, площа 39000 м^2 , маса 7200 тонн) КВП була зведена в 2018 році [19] (рис.1.4). На несучі колони та міжколонні балки двох зовнішніх стін спираються п'ять просторових ферм W-образної форми (прогін 404,5 м, крок 21,5 м).



Рис. 1.4 Пекінський авіаційний ангар з прогоном 404 м

Динаміка збільшення ВП великорозмірних промислових та цивільних об'єктів, зведених у світі протягом 1932–2024 років, наведена на рис.1.5.



* - в 1983 році найбільше покриття в світі з прогоном 144м було зведено в Україні (м. Київ)

Рис. 1.5 Динаміка збільшення прогонів великорозмірних об'єктів, зведених у світі протягом 1932-2024 років (*опрацювання автора*)

Найбільш характерною ознакою для конструкцій ВБ є трудомісткість, пов'язана з роботами по їхньому переміщенню між зонами складування і укрупнення, комплексу операцій по встановленню конструктивних елементів в проектне положення. У роботах Черненка В. К. [28; 29], Собка Ю. Т. [30; 31], Черненка К. В. [32] подані дані щодо трудомісткості монтажу конструктивних складових ВБ. Основні ЗБ та металеві конструктивні складові побудованих великорозмірних об'єктів були розділені на дві групи :

перша - фундаменти, колони, міжколонні балки та зв'язки, зовнішні стіни;
друга – великопрогонові покрівельні конструкції.

За період з 1937 по 2008 рік при зведенні ВБ, трудомісткість по утворенню ВП складала 35 – 55 % від загальної трудомісткості монтажних процесів. В 2018 році при зведенні авіаційного ангара в Китаї (прогін 404,5м) [17] трудомісткість монтажних робіт по зведенню ВП складала вже 75 % від загальної трудомісткості монтажних процесів. Розподіл трудомісткості щодо утворення двох основних конструктивних груп ВБ наведено на рис. 1.6.

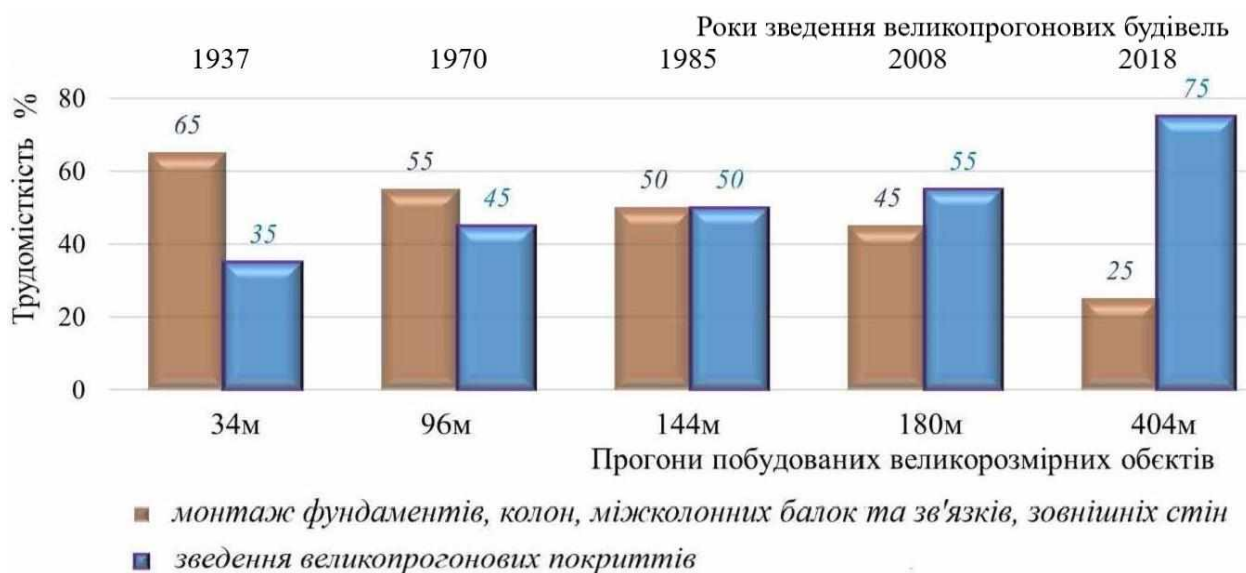


Рис. 1.6 Розподіл трудомісткості під час формування основних конструктивних груп КВБ, зведених за період з 1937 по 2018 рік

При утворенні фундаментів, складових вертикального несучого каркасу та стінових конструкцій, зазвичай, використовуються монтажні зони з шириною захватки від 20 до 40 м [17, 20]. Для утворення КВП ширина захватки монтажної зони становить від 120 до 440 м [19]. В технологічній послідовності зведення ВБ найменш складним є монтаж фундаментів. Конструкції вертикального несучого каркасу та стінові блоки масою до 10 тонн з висотою закріплення до 40 м при наявності потужних самохідних стрілових кранів LIEBHERR LTM 11200-9.1 [33] оперативно закріплюються в проектному положенні. Конструкції ВП сьогодні переміщують на проектну висоту у вигляді, попередньо укрупнених на фундаментах, конструктивно-технологічних блоків 100% готовності з усіма покрівельними прошарками та з вмонтованим комплектом технологічного обладнання [23]. Конструктивно-технічні характеристики ВП суттєво відрізняються від інших складових великопрогонових об'єктів. Так, найбільші геометричні розміри блоків покриттів, що зводились, складають $404,5 \times 97,5 \times 12,0$ м; маса ВП – 7200 тонн, площа покрівельного блоку – 39000 м². Для переміщення ВП з рівня фундаментів на проектну висоту (40 м) були використанні гідравлічні підйомники підвищеної вантажопідйомності, закріпленні на оголовках металоємних і габаритних монтажних колон та застосовані складні багаторівневі системи синхронізації роботи підйомників.

З урахуванням складних просторових конструктивних рішень ВП, високої трудомісткості монтажних процесів, підвищеної небезпеки для монтажників, виконуючих переміщення конструктивно-технологічних блоків ВП на проектні відмітки, наведення та остаточне закріплення зведених ВП на висоті понад 24 м, саме технологічні процеси зведення КВП заслуговують на найбільшу увагу при подальшому аналізі відомих монтажних технологій, використаних при будівництві великопрогонових промислових та цивільних об'єктів методами вільного підйому кранами [34] та методами примусового підйому (переміщення) підйомниками [35]. Недоліки та переваги реалізованих проектів зведення КВБ мають бути враховані при випрацюванні нових конструктивно-технологічних рішень по зведенню лікувально-реабілітаційних центрів, логістичних терміналів, заводів військово-промислового комплексу, планові розміри яких більші ніж 350×350 м, а проектна висота встановлення ВП перевищує 25 - 30 м [36, 37].

1.2 Аналіз організаційно-технологічних структур та класифікацій методів монтажу конструкцій великопрогонових будівель

Період із 50-х років ХХ століття до сьогодення характеризується сталим збільшенням кількості побудованих великопрогонових ЗБ та металевих об'єктів промислового та цивільного призначення. Технологічна концепція утворення ВП, як головних складових ВБ, поступово змінюється від монтажних операцій по переміщенню окремих конструкцій покриттів кранами на проектні відмітки до зведення блоків ВП індустріальними методами. Характерною ознакою індустріальних технологій в будівельній галузі стають процеси, передбачаючи попереднє укрупнення конструктивно-технологічних блоків ВП на монтажних стендах з використанням кранів та наступне переміщення інтегрованих блоків ВП на проектні відмітки підйомниками [23].

1950 – 1981 роки. В наукових роботах Буднікова М. С. [38], Фокова Р. І. [39], Хоярчікова С. [40], Тейлора Р. [41], Швіденка В. І. [42-44], Ситника Н. П. та Павловського М. П. [45], Флігієра К. та Ровінського Л. [46], Жукова А. А. [47], Таукача Г. Л. [48-49], Андрусенка А. Н. [50], Генделя Э.М., Завадскаса Є. К. [51], Зіолька Ж. та Орлика Г. [52], Персіона А. А. [53], Нижніковського Г. С. [54-55],

Канюкі Н. С. [56], детально описуються і аналізуються технологічні особливості процесів будівництва великопрогонових об'єктів. Приводяться характеристики та принципи роботи кранів, щоглів, стріл, порталів, лебідок. Визначаються та узагальнюються монтажні процеси, прийоми та операції, в яких задіяні монтажники, такелажники, кранівники. Напрацювання вчених і виробничників знаходять своє відображення у багаточисельних посібниках та підручниках.

1982–2000 роки. В роботах науковців Саакяна А. О., Саакяна Р. О., та Шахназаряна С. Х. [27], Федоренка П. П. [24, 57, 58], Колесніченка В. Г. [59], Літвінова О. О. [60], Ругла Х. та Кугна Е. [7], Кінтли В. [61], Юрічка І. [62], Тонкачєєва Г. М. [64], Назаренка Н. Ф. [20], Балицького В. С. [64, 65], Ланди С. Л. Козловського Л. К. та Аркуші В. І. [66], Колесніка Л.А., Шнайдера А. І. [67, 68], Резуніка А. В. [69], Ливінського А. М. [70], Черненка В. К. [27, 34, 71], Заплетала І. [72], Ігольнікова В. М. [73] всебічно і детально представлені наукові напрацювання по крановим та безкрановим технологіям зведення промислових та цивільних об'єктів. Окремо детально розглядаються та аналізуються методи монтажу для кожного об'єкту згідно з конструктивним рішенням складових несучого каркасу та функціональним призначенням об'єктів будівництва.

2001 – 2026 роки. Наукові розробки та публікації з хронометричним відображенням процесів зведення різних, за функціональним призначенням, ВБ і споруд стають фундаментом для формування ознак, які відповзають загальним принципам технологічного процесу зведення будівель, типовим рисам побудови організаційно-технологічних рішень у кожному окремому монтажному процесі та і у загальній структурі зведення будівель. Найбільшу увагу в питаннях наукового формулювання організаційно-технологічної структури будівельних процесів, аналізу та визначенню багаторівневих складових методів монтажу (ММ) приділяли науковці Черненко В. К. [28, 29, 35, 74], Тонкачєєв Г. М. [75-77], Осипов О. Ф. [78-80], Черненко К. В. [81-85], Рашківський В. П. [86, 87].

Діалектика поступового визначення та формулювання організаційно-технологічної структури (ОТС) та класифікації ММ будівельних конструкцій

виразно прослідковується в наукових напрацюваннях Фокова Р.І., Завадскаса Є.К., Гребінника Р.А., Ровінського Л., Черненка В.К.

Так, Фоков Р. І. метод монтажу будівельних конструкцій пов'язує з об'ємно-планувальним рішенням об'єкту, що зводиться, з вибором варіанту організації та технології виконання процесів монтажу конструкцій, які переміщуються з зони складування до місця остаточного закріплення в проектному положенні. При цьому «організація процесів» складається з послідовностей, напрямків розвитку і тривалості монтажу окремих конструкцій, а «технологія процесів» складається зі схеми виконання відповідних процесів з переліком оснастки і підйомних механізмів, задіяних в монтажі. Визначення кількості працівників в будівельних бригадах, задіяних в монтажних операціях, формується технологією процесів.

Згідно Завадскаса Є. К., оцінювання кожного технологічного процесу виконується шляхом аналізу, виявлення та формулювання багатоваріантності структурних складових, які входять до досліджуємого процесу. Так, процес (метод) виконання робіт сформульований, як «спільність технологічно взаємопов'язаних робочих операцій, виконуваних незмінною кількістю робітників, забезпечених засобами праці (інструменти, обладнання, матеріали та вироби) і які на протязі терміну виконання робіт можуть бути замінені». Комплексний процес, при цьому, характеризується, тільки йому притаманною. власною структурою. Особливістю цієї структури є її просторова організація, а саме, напрямок та послідовність виконання операцій, ступінь укрупнення та варіанти доставки матеріалів та конструкцій. Способи виконання окремих операцій можуть бути ручними, механізованими, механізовано-ручними, комплексно-механізованими та автоматизованими. Відмінність в прийомах та засобах виконання окремих операцій проявляється в підготовці фронту робіт, подачі конструкцій в зону монтажу і самому монтажі конструкцій.

Гребінник Р. А. формулює монтаж конструкцій, як комплексний процес зведення будівель і споруд з фрагментів чи цілих конструкцій. Основними складовими технологічного процесу виступають роботи, пов'язані з логістикою,

підготовкою та безпосереднім монтажем будівельних конструкцій. Блок-схема комплексного процесу зведення будівель наведена на рис. 1.7.

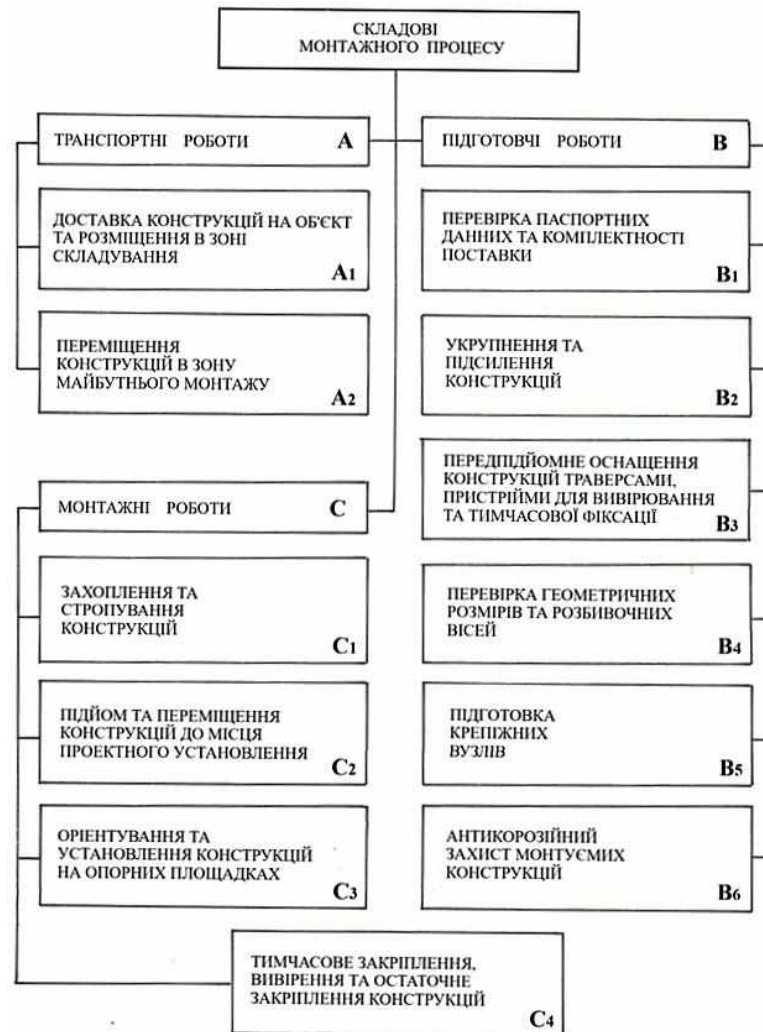


Рис. 1.7 Класифікація складових монтажних процесів, запропонована Гребінником Р.А. (опрацювання автора)

Монтажний процес (МП) згідно Гребінника Р. А. може бути представлений, як сукупність складових А , В , С

$$\text{МП} = \{ \text{А}, \text{В}, \text{С} \}, \quad (1.1)$$

де А – транспортні роботи. до переліку яких входять доставка конструкцій на будівельний майданчик (А1), складування та переміщення конструкцій в зону майбутнього монтажу (А2);

В - підготовчі роботи, це перевірка паспортних даних та комплектації конструкцій, які поступили на будівельний майданчик (В1), укрупнення

та підсилення конструктивних елементів (B2), оснащення конструкцій траверсами та пристрійми для вивірювання та тимчасової фіксації (B3), перевірка геометричних розмірів та розбивочних вісей (B4), перевірка вузлів кріплення, антикорозійний захист поверхонь конструкцій (B5);

С - монтажні роботи, захоплення та стропування конструкцій (C1), первинний підйом та переміщення конструкцій до місця проектного установлення (C2), орієнтування та установлення конструктивних елементів на опорних площадках (C3), тимчасове закріплення, вивірення та остаточне закріплення конструкцій в проектному положенні (C4).

Заслужують на увагу визначення способів підйому та переміщення будівельних конструкцій, які запропонували Флігієр К. та Ровінський Л. [46]. При розгляданні варіантів зведення інтегрованих ВП були визначені два основні способи, використовуємі при просторовому переміщенні конструкцій між зонами складування, укрупнення і проектного закріплення :

- *піднімання (переміщення) підтягуванням*, при якому монтажний елемент є піднімаємих в напрямку монтажного механізму, виконуючого підйом (рис. 1.8, а);
- *піднімання (переміщення) виштовхуванням*, при якому монтуючий елемент переміщується в напрямку від механізму, задіяного в виштовхуванні (рис. 1.8, б).

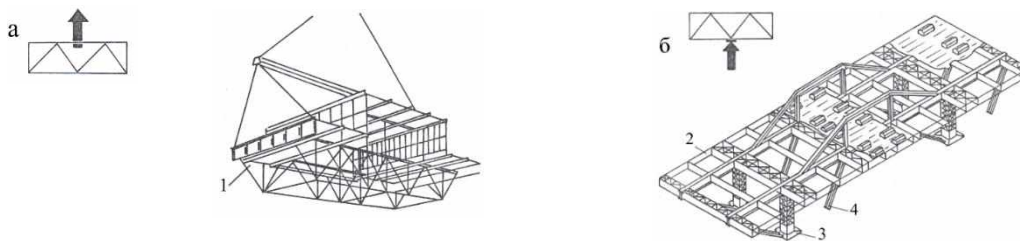


Рис. 1.8 Класифікація способів переміщення конструкцій згідно Ровінського Л.: а – піднімання підтягуванням, б – переміщення виштовхуванням, 1 – секція ВП, 2 – конструктивно-технологічний блок покриття, 3 – підрозувальний стовп підйомника, 4 – суцільна колона каркаса

Найбільш детально ОТС будівельних процесів і класифікація ММ представлена в роботах Черненко В. К. [34. 88. 90]. Для отримання уявлення про загальну ОТС виконання різноманітних будівельних процесів приводиться

визначення «технології процесу праці», яке базується на методі праці. До складу методу праці входять прийоми виконання відповідної операції, простого або комплексного процесу та виробничого потоку і демонструється порядок перетворення безлічі складових для досягнення поставленої мети [91]. Відповідні операції, при цьому, виконуються за умови взаємодії засобів праці (виробництва) та предметів праці. Нарівні з ОТС визначеного процесу будівництва виділяється структура методу її виконання, яка розкриває безпосередній процес і може бути представлена у вигляді моделі цього процесу. Завдяки структурі методу виконання визначеного процесу будівництва у відповідних наукових і проектних напрацюваннях спочатку формується багатоваріантна множина можливих рішень. На наступному етапі з множини можливих рішень, з урахуванням вхідних проектних завдань та технічних умов виділяються найбільш раціональні проектні рішення з переважними техніко-економічними показниками, які рекомендуються для впровадження в будівельні процеси. За умови відображення і розкриття відмінних особливостей ММ у відповідній ОТС монтажного процесу метод монтажу може бути представлений сукупністю складових і структурних елементів, що характеризують організацію, механізацію, прийоми виконання та керування монтажними операціями. Сам ММ, при цьому, визначається взаємодією засобів виробництва з предметами праці, і являє собою чітке відображення основних шляхів перебігу процесу монтажу. ОТС методів монтажу конструкцій може бути представлена, як принципова сукупність складових множин О, М, П, К:

$$MM = \{O, M, P, K\}, \quad (1.2)$$

де О – організація монтажу, М – механізація монтажу, П – прийоми виконання монтажних операцій, К – керування монтажними операціями. Кожна із складових методу монтажу формується з множини структурних елементів.

Класифікаційне структурування ММ було сформоване на основі глибокого аналізу вченими кафедри будівельних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА) – докторами технічних наук, професорами Черненко В. К., Тонкачєєвим Г. М., Осиповим О. Ф. [23]

характеристик множин можливих рішень складових ОТС методів монтажу та технологічних особливостей відповідних монтажних процесів, розкриваючих властивості і закономірності різноманітних варіантів зведення КВБ.

Зміна характеристик складових ОТС та технологічних особливостей ММ призвела до утворення багатоваріантних комбінацій монтажного процесу. Назва створюваного ММ, таким чином, приймалась в залежності від переважного впливу властивостей однієї або декількох складових, притаманних ОТС та особливостям ММ, що створювався.

Для класифікаційного структурованого представлення варіантів ММ, які надають більше інформації щодо характеристик, притаманних кожному відомому ММ, автором були сформульовані п'ять загальних відмінних властивостей.

Перша відмінна властивість ММ – це *вид підйому (переміщення конструкцій)*. Пропонуються два основних види підйому (переміщення) – *вільний підйом* при якому конструкції переміщуються підйомними механізмами в тривимірному просторі без обмежень, та *примусовий підйом (переміщення)*, при якому площинне переміщення конструкцій виконується без напрямних або вздовж напрямних з використанням системи нерухомих або рухомих шарнірів.

Друга властивість – *напрямок переміщення конструкцій*. Акцептуються три основні напрямки переміщення – горизонтальний, вертикальний, похилий.

Третя властивість – *спосіб переміщення конструкцій*. Можливі способи переміщення, це *вільне* підтягування, перенос, поворот, опускання та *примусове* підтягування, виштовхування, вижимання, опускання.

Четверта властивість – *спосіб формування конструкцій*. Можливі варіанти: нарощування конструктивних елементів у вертикальній площині; приєднання конструктивних елементів до раніше змонтованих будівельних конструкцій в горизонтальній площині; просторове переміщення та наступне приєднання однієї чи декількох конструкцій у вертикальній, горизонтальній чи похилій площинах; підрощування окремих конструктивних елементів чи ярусних повнозбірних просторових конструкційних блоків; поворот у вертикальній площині окремих

фрагментів будівельних конструкцій чи повністю зібраних просторових будівельних конструкцій.

П'ята властивість - *область застосування*, яка охоплює всі архітектурно-конструктивні варіанти рішень збірних, монолітних та збірно-монолітних об'єктів промислового та цивільного призначення, під час зведення яких використовують відповідні ММ. Спільні властивості та ознаки, характерні для можливих варіантів ММ будівельних конструкцій, стали підґрунтям для формування 6 основних груп ММ. Кожна з груп ММ має, тільки їй притаманні, технологічні особливості.

Так, *група ММ1* – методи монтажу з використанням вільного підйому підтягуванням з нарощуванням конструкцій у вертикальній площині.

Група ММ2 – методи монтажу з використанням вільного підйому підтягуванням з приєднанням конструкцій до раніш змонтованих конструктивних елементів у горизонтальній площині. Класифікація першої та другої груп ММ, яка характеризує *традиційні кранові технології* наведена на рис. 1.9.

ГРУПА МЕТОДІВ МОНТАЖУ	ВІДМІННІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТОДІВ МОНТАЖУ				
	Вид підйому (переміщення) конструкцій	Напрямок переміщення конструкцій	Спосіб переміщення конструкцій	Спосіб монтажу конструкцій	Область застосування в будівельній галузі
ММ 1	Вільний	Вертикальний	Підтягування, перенос, поворот, опускання	Нарощування в вертикальному напрямку за умови $H : L > 3$	Зведення хмарочосів, блоків АЕС, елеваторів, баштово - мачтових споруд
				Нарощування в вертикальному напрямку за умови $H : L < 3$	Зведення промислових та цивільних об'єктів з використанням всього арсеналу монтажних засобів
ММ 2	Вільний	Горизонтальний	Підтягування, перенос, поворот	Збирання в горизонтальному напрямку на подмостях, стелажах, перекрыттях	Укрупнення конструкцій, зведення одноповерхових та багатоповерхових об'єктів
				Збирання та приєднання в горизонтальному напрямку навісне та півнавісне	Зведення просторових покриттів (купола, склепіння), прогінних конструкцій мостів та інженерних споруд

Рис. 1.9 Структурна класифікація груп ММ1, ММ2 (опрацювання автора)

Група ММЗ – методи монтажу з використанням примусового переміщення (підйому) підтягуванням конструкцій виключно по вертикальним напрямним.

Група ММ4 - методи монтажу з використанням примусового вертикального переміщення виштовхуванням з підрощуванням колон каркаса ВБ, що зводиться.

Класифікація ММ третьої та четвертої груп наведена на рис. 1.10.

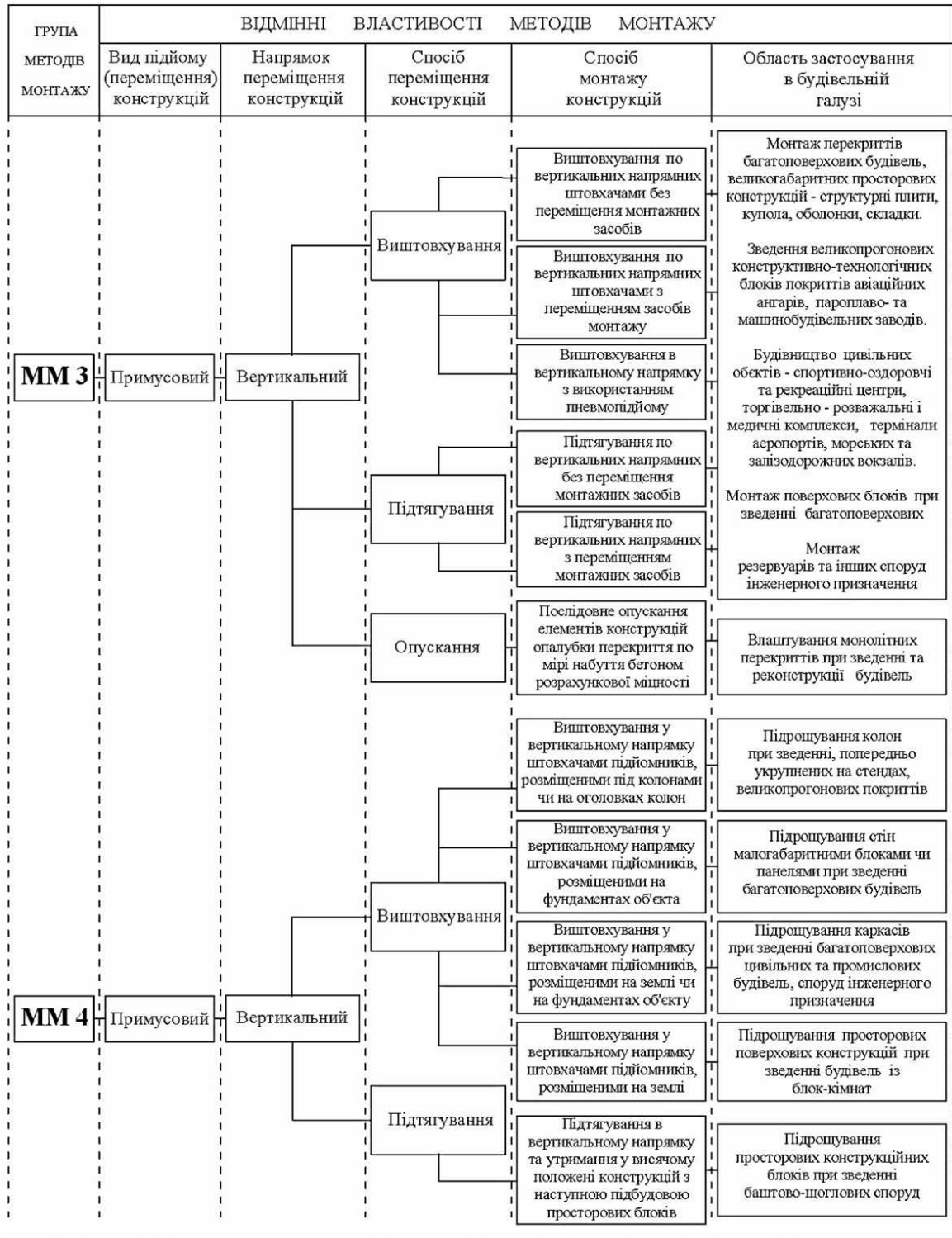


Рис. 1.10 Структурна класифікація груп ММЗ, ММ4

(опрацювання автора)

Група ММ5 - методи монтажу з використанням примусового переміщення підтягуванням конструкцій по горизонтальним або похилим напрямним.

Група ММ6 – методи монтажу з використанням примусового переміщення підтягуванням чи виштовхуванням вертикальним поворотом навколо шарнірів.

Класифікація ММ п'ятої та шостої груп наведена на рис. 1.11.

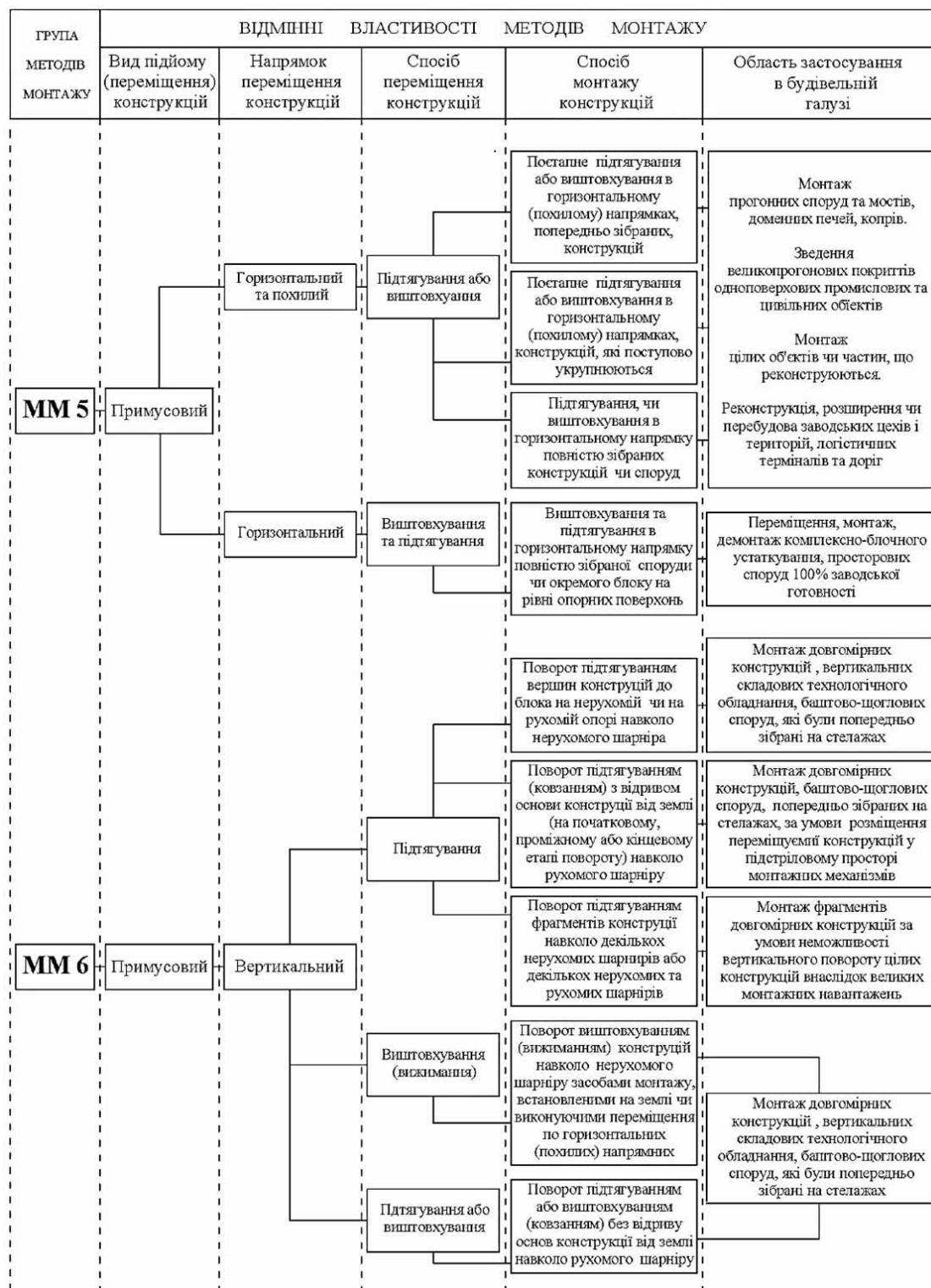


Рис. 1.11 Структурна класифікація груп ММ5, ММ6 (опрацювання автора)

Приведена вище структурна класифікація ММ є універсальною і може бути адаптована для випрацювання конструктивно-технологічних рішень зведення різноманітних за конструктивним рішенням будівель і споруд, при цьому процес дослідження існуючих та випрацювання нових технологічних систем (ТС) може бути представлений, як знаходження оптимальної ОТС у відповідності до значень граничних показників умов виконання будівельних процесів. Представлений підхід формування конфігурації ТС, який ґрунтується на декомпозиції складних систем на складові підсистеми з наступною оптимізацією та їхнім об'єднанням в систему, яка відповідає умовам системного підходу, вирішує проблему формалізації процедур проектування та може бути розглянутий, як загальнонауковий принцип в методології проектування ТС різного рівня складності.

У проведеному дослідженні, з урахуванням технологічної специфіки зведення КВБ, з усієї множини можливих методів монтажу, які було використано в реалізованих проектах, відібрано конструктивно-технологічні рішення, в яких конструктивні елементи ВП переміщуються на проектну висоту:

- у вигляді окремих елементів або передпідйомно укрупнених блоків за допомогою кранів методами вільного підйому (*ММ1*);
- передпідйомно укрупнюються на монтажних стендах методом вільного підйому за допомогою кранів та потім переміщуються методом примусового підтягування підйомниками по вертикальних напрямних (*ММ3*);
- виготовляються на фундаментах з використанням кранів (залізобетонні монолітні ВП) або передпідйомно укрупнюються на монтажних стендах (інтегровані просторові металеві ВП) та потім вертикально переміщуються на проектні відмітки методом примусового виштовхування зі спиранням на підрошувані колони (*ММ4*);
- передпідйомно укрупнюються на монтажних стендах за допомогою кранів методами вільного підйому та переміщуються на проектну висоту по похилих і горизонтальних напрямних методом примусового підтягування з використанням підйомників тягового типу (*ММ5*).

Універсальність наукового підходу при формуванні систем монтажної оснастки чітко прослідковується в докторській дисертації Тонкачєєва Г. М. (науковий консультант професор Черненко В. К.) [77]. Функціонально-модульна основа формування оснастки полягає у декомпозиції складових технологічного процесу на функції та відповідні їм операції, а також у конструюванні технічних модулів, призначених для їхнього виконання за умови відповідності ієрархії результатів, а саме можливості модулів різноманітними комбінаційними варіантами виробництва об'єднуватись в нову оснастку, яка відповідає попередньо визначеним параметрам технологічного призначення.

Детальне і усестороннє висвітлення методології проектування складних ТС, яке дозволяє сформувати загальну структурно-логічну схему їхнього створення, знайшло своє відображення в докторській дисертації Осипова О. Ф. (науковий консультант професор Черненко В. К.) [79]. Загальна структурно-логічна схема проектування новостворюваних складних ТС згідно Осипова О. Ф. має наступні процедурно-логічні компоненти:

1. Системні дослідження, направлені на визначення функціонально-цільового обрису системи з наступними етапами визначення:

- 1.1. Загальна мета та основні завдання, які повинна буде виконувати майбутня технологічна система.

- 1.2. Умови, за яких вона буде застосовуватися.

- 1.3. Очікувані системні вимоги та стратегії впровадження.

- 1.4. Можливість створення системи з необхідними характеристиками на відомому рівні техніко-технологічного розвитку.

2. Дослідження залежності інтегральних (системних) властивостей від структури системи та логіки її функціонування, спрямоване на обґрунтування морфологічного (структурно-функціонального) вигляду системи, включаючи наступні етапи:

- 2.1. Обґрунтування відповідного рівня спільності виділеної системи.

- 2.2. Визначення факторного простору з урахуванням усіх факторів впливу та параметрів.

2.3. Побудова простору цілі як множини усіх доцільних підсумків застосування системи за умови, що обраний простір цілі враховує всі фактори цільового направлення системи, а саме характер цільового контуру, структури, організації та поведінки системи

2.4. Побудова моделі, адекватної поставленій меті, завданням і визначеним споживчим властивостям системи;

2.5. Моделювання з визначенням допустимої множини керованих змінних, включаючи параметри та характеристики стратегій застосування системи та необхідні рівні споживчих властивостей - рівні ефективності цільових контурів обміну.

3. Аналіз результатів моделювання, направлено на вибір найбільш ефективного та надійного варіанта системи, до складу якого входять етапи:

3.1. Оцінка похибки моделі з обґрунтуванням граничних умов закінчення моделювання (дослідження).

3.2. Видача результатів (документування морфології та функції технологічної системи).

Структура процедур проектування згідно д.т.н., професора Осипова О.Ф. актуальна для умов випрацювання новостворюваних складних ТС, які можуть бути віднесені до функціональних систем.

Принципова різниця між проектуванням технологічних та технічних систем полягає в тому, що при проектуванні технічних систем враховуються експериментальні відпрацювання окремих елементів та всієї технічної системи, що проектується. Також, велика кількість технологічних та технічних новостворених систем розробляються за умови «від досягнутого» з урахуванням експлуатаційних результатів. Використання систем-аналогів дозволяє досягнути підвищення ефективності системи за рахунок покращення властивостей окремих елементів системи або оперативної зміни структури чи функціонально-цільових властивостей системи.

В цілому, аналіз та синтез наукових досліджень, які стосуються класифікацій відомих технологічних процесів, методів монтажу будівельних

конструкцій та методології проектування складних, в т.ч. новостворених ТС , в рамках справжнього дослідження КТМ, зведення КВБ показав, що незважаючи на широке коло виконаних досліджень та накопичений виробничо-проектувальний досвід, потребують подальшого вирішення наступні концептуальні питання:

- обґрунтування та вибір обрису КТМ, враховуючих функціонально-цільові та морфологічні особливості, які формуються умовами, цілями і задачами зведення великопрогонових промислових та цивільних об'єктів, існуючою специфікою та різноманіттям факторів впливу, їхньою динамікою, а також складних критеріальних просторів та багатоваріантних рішень;

- розробка теоретичних основ та концептуально-методологічного механізму, який дозволяє побудувати та реалізувати КТМ, адекватні поставленим цілям та задачам зведення ВБ, а також, заданим споживчим властивостям КТМ при їхньому адаптивному функціонуванні в умовах постійно змінюваних будівельних процесів та факторів впливу;

- враховуючи умови сьогодення при зведенні нових чи відновленні, пошкоджених в наслідок війни, КВБ на щільно забудованих територіях, при неможливості влаштування зон складування та укрупнення ВП, повноцінних доріг для переміщення кранів по контуру об'єктів будівництва, при подальших дослідження та розробці КТМ зведення блоків ВП 100% готовності буде доцільним приділити підвищену увагу використанню стаціонарних та пересувних ПМ, взаємодіючих з колонами будівлі, які виконують функції напрямних та опорних поверхонь для різноманітних ПМ [92-94].

1.3 Критеріальний аналіз сучасних конструктивно-технологічних рішень зведення великопрогонових будівель

Критеріальний аналіз сучасних конструктивно-технологічних рішень зведення КВБ виконувався на закладі порівняння показників монтажної технологічності ММ, використовуваних при утворенні найбільш складних конструкцій ВП. Також, для визначення пріоритетних напрямків формування нових рішень по відновленню пошкоджених та зведенню нових ВБ, в першу чергу медично-реабілітаційних закладів та підприємств військово-промислового

комплексу, виконувався порівняльний аналіз технічно-конструктивних характеристик підйомних машин і механізмів, задіяних в технологічних процесах передпідйомного укрупнення та наступного вільного вертикального підйому або примусового переміщення по похилих/вертикальних напрямних інтегрованих блоків ВП різного ступеня передпідйомного укрупнення.

1.3.1 Дослідження трудомісткості основних монтажних операцій при зведенні покриттів великопрогонових будівель

Для виконання комплексного дослідження конструктивно-технологічних особливостей зведення конструкцій ВП, відбір реалізованих проектів був виконаний за умови обов'язкового передпідйомного часткового або повного укрупнення конструкцій ВП на низьких стендах за допомогою кранів та подальшого переміщення сегментів ВП на проектну висоту методом вільного підйому підтягуванням кранами або методами примусового підйому (переміщення) підтягуванням чи виштовхуванням підйомниками.

Варіант 1 (група ММ 1) – передпідйомне укрупнення сегментів покриттів на монтажних стендах та переміщення сегментів ВП на місця проектного закріплення за допомогою стрілових кранів методом вільного підйому [66, 67].

Варіант 2 (група ММ 3) - утворення блоку покриття 100% готовності на стендах за допомогою кранів та примусовий підйом підтягуванням з використанням вертикальних напрямних і гідравлічних підйомників тягнучого типу, змонтованих на оголовках несучих колон [20, 95].

Варіант 3 (група ММ 5) - укрупнення сегментів покриття на монтажних стендах з використанням кранів, вільний крановий підйом укрупнених сегментів покриття на проектну висоту та подальше примусове переміщення покриття підтягуванням лебідками по похилих та горизонтальних напрямних [96, 97].

Варіант 4 (група ММ 5) - укрупнення сегментів покриття на монтажних стендах за допомогою кранів та примусове вертикальне переміщення фрагментів ВП підтягуванням з використанням тягових підйомників [96].

Варіант 5 (група ММ 4), – утворення монолітного ЗБ блоку ВП покриття 100% готовності на рівні фундаментів за допомогою кранів та примусове вертикальне

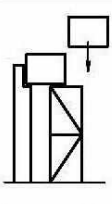
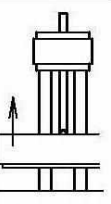
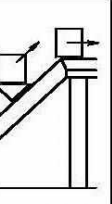
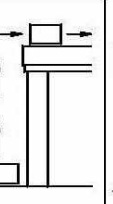
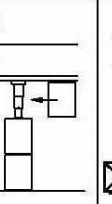
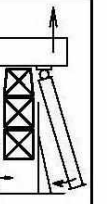
переміщення виштовхуванням блоку покриття з почерговим спиранням ригелів покриття на гідропідйомники і оголовки циклічно підрошуваних колон [34, 46].

Варіант 6 (група ММ4) - утворення конструктивно-технологічного блоку покриття 100% готовності на стендах за допомогою кранів та примусове переміщення повнозбірного блоку покриття виштовхуванням зі спиранням ригелів ВП на оголовки циклічно підрошуваних стволів ПМ [24, 90].

Згідно з конструктивно-технологічними особливостями, притаманними окремим варіантам зведення, були відібрані шість проектів зведення ВП, реалізованих в Україні та за кордоном (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Конструктивно-технологічні характеристики та принципові схеми підйому (переміщення) досліджуваних варіантів зведення великопрогонових покриттів

Конструктивно - технологічні характеристики досліджуваних варіантів зведення покриттів	Одиниця вимірювання	Принципові схеми підйому (переміщення) покриттів в процесі зведення					
							
Загальна довжина покриття	М	180,0	96,0	126,0	47,2	58,8	144,0
Загальна ширина покриття	М	96,0	54,0	84,0	37,5	101,5	48,0
Загальна висота покриття	М	8,6	3,8	1,6	3,6	4,1	6,7
Площа змонтованої конструкції покриття	м ²	17 280,0	5 184,0	10 584,0	1 770,0	5 968,2	6 912,0
Повна маса змонтованої покрівельної конструкції	Т	4 018	1 200	3 080	1 009	4 200	1 100
Висота проектного закріплення покриття	М	28,0	34,0	15,4	19,2	24,4	24,0
Загальний час всіх складових процесу зведення покриття	ГОД	5 080,9	565,8	1 527,2	1 026,0	623,2	533,0
Передпідйомне укрупнення покриття - коефіцієнт "N"	—	0,078	1,000	0,033	0,050	1,000	1,000

Порівняльний аналіз ефективності конструктивно-технологічних рішень, що використовуються при зведенні ВП, був виконаний на підставі розрахунків розподілу трудомісткості основних монтажних операцій для відібраних реалізованих проектів. Для цього, згідно класифікації Гребінника Р. А. , складові монтажних процесів були розділені до 3-х груп – транспортування «А»,

підготовчі роботи «В» та монтажні роботи «С». Розподіл трудомісткості між монтажними операціями $A_1 \div A_3$, $B_1 \div B_8$, $C_1 \div C_7$, які формують монтажні процеси А, В, С, розраховувався за формулою:

$$P_i' = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \times 100 \quad (\%) , \quad (1.3)$$

де P_i' - процентна складова трудомісткості i -ї монтажної операції (%),

P_i - трудомісткість досліджуємої i - ї монтажної операції (люд. $\times$ год.⁻¹),

$\sum_{i=1}^n P_i$ - сумарна трудомісткість всіх монтажних операцій (люд. $\times$ год.⁻¹)

Розраховані значення P_i' наведено в додатку А (таблична форма) та у вигляді гістограми на рис. 1.12. Також, в табл. 1.3 та в додатку А (табл. А.1) міститься інформація про ступінь передпідйомного укрупнення сегментів покриттів, який характеризується коефіцієнтом передпідйомного укрупнення покриття N_i :

$$N_i = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \quad (-) , \quad (1.4),$$

де N_i - коефіцієнт передпідйомного укрупнення покриття $(-)$,

F_i - площа досліджуємого i - го піднімаємого сегменту покриття (м^2) ,

$\sum_{i=1}^n F_i$ - площа всіх піднімаємих сегментів покриття (м^2) .

Для розрахунків процентної складової трудомісткості, окрім даних КТХ зведення покриттів згідно з варіантами 1-6, були використанні матеріали інституту «Укрспецмонтажпроект» [98] та ДСТУ «Металеві конструкції» [99]. Отримані результати розрахунків P_i' дозволяють виконати порівняльний аналіз варіантів зведення покриттів В1 $\div$ В6 та зробити наступні висновки. Так, для складової «Транспортування A_1 » монтажного процесу сумарні показники P_i' для Варіантів 1 $\div$ 6 знаходяться в діапазоні:

$$6,9 \leq \sum A_1 \div A_3 \leq 11,9 \quad (\%)$$

-максимальний показник P_i' , а саме, при доставці конструкцій в зону підйому $A_2 = 6,8$ (%) характерний для варіанту В5 (ММ4) – примусове переміщення покриття зі спиранням на колони, підрощуванні зверху. Висока трудомісткість операцій A_2 для В5 обумовлена поелементною доставкою 728 основних і 126 допоміжних сегментів збірних колон з рівня фундаментів на монтажні площадки, розташовані

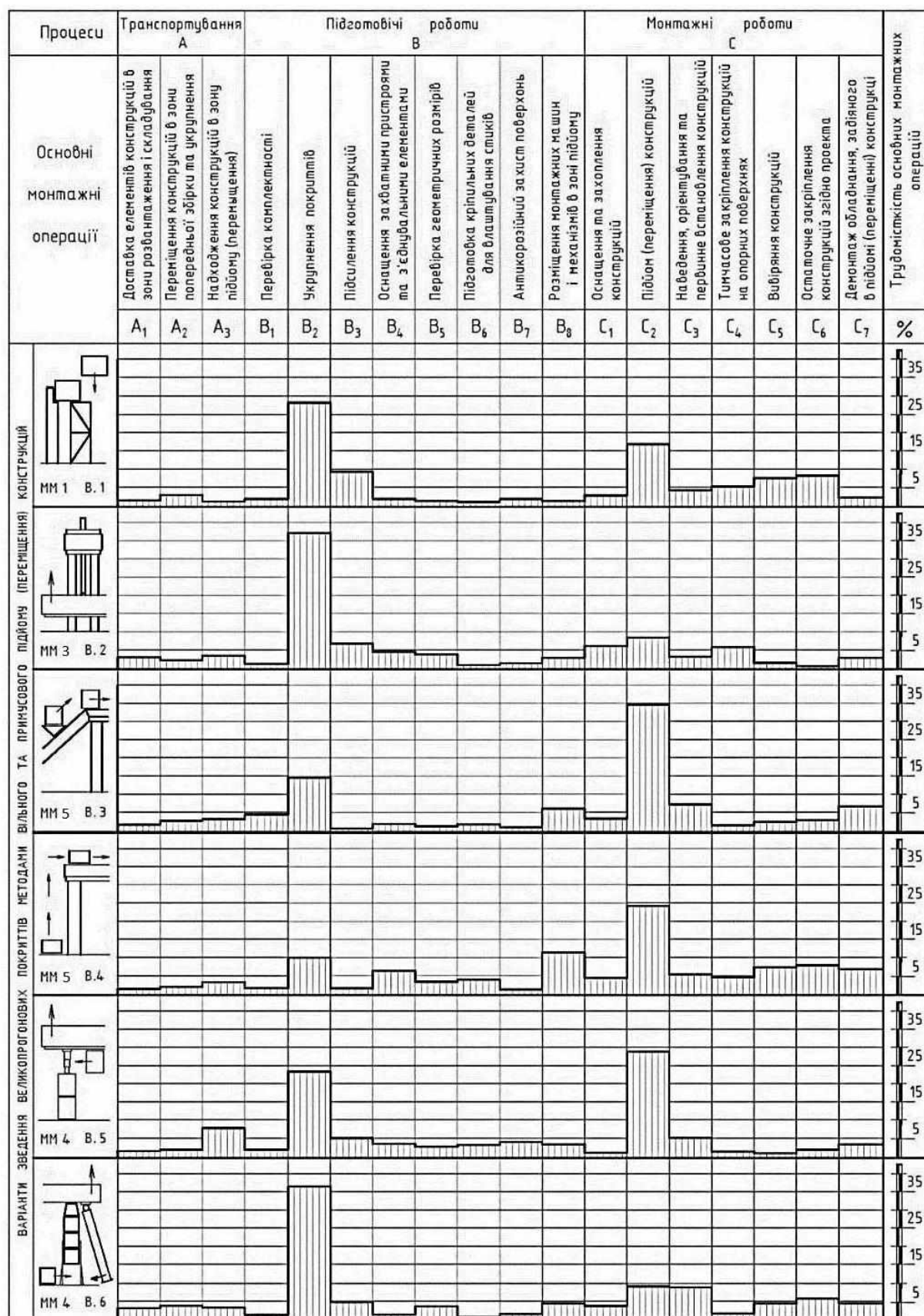


Рис. 1.12 Гістограми процентних складових трудомісткості монтажних операцій при зведенні великопрогонових покриттів згідно з варіантами В1-В6

в зоні верхнього підрощування [100-102]. Відстань між зонами складування сегментів колон на фундаментах та підрощування збільшувалась, що призводило до пропорційного збільшення часових затрат на доставку залізобетонних (ЗБ) сегментів в монтажну зону (висота подачі 2,0 – 24,0 м) [103, 104]. Послідовність подачі конструктивних елементів в зону підрощування наведено на рис. 1.13.

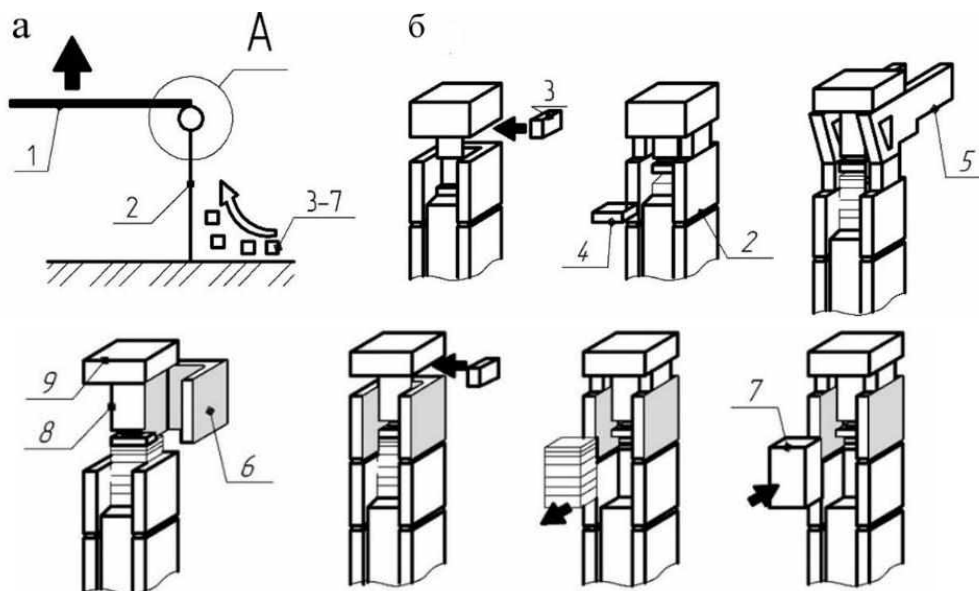


Рис. 1.13 Підйом покриття методом верхнього підрощування колон: а - загальна схема верхнього підрощування колон, б - послідовність процесу підрощування колон, «А» - зона підрощування, 1 - покриття, 2 - підрощена колона, 3 - допоміжний боковий сегмент, 4 - допоміжний сегмент під підйомник, 5 - допоміжна балка, 6 - зовнішній сегмент колони, 7 - внутрішній сегмент колони, 8 - гідравлічний підйомник, 9 - опорний блок покриття (опрацювання автора)

Для складової « Підготовчі роботи B_i » монтажного процесу сумарні показники P_i' для Варіантів 1÷6 знаходяться в діапазоні:

$$33,8 \leq \sum B_1 \div B_8 \leq 61,6 \quad (\%)$$

- найбільші показники P_i' на етапі підготовчих робіт мають операції по передпідйомному укрупненню конструкцій покриттів B_2 . Процентна складова трудомісткості операцій по утворенню частково укрупнених сегментів покриттів або повнозбірних конструктивно-технологічних блоків покриттів на низьких стендах з використанням кранових технологій знаходиться в діапазоні:

$$10,0 \leq B_2 \leq 37,4 \quad (\%)$$

- з усіх досліджуваних варіантів найбільший показник P_i' операцій по передпідйомному укрупненню покриттів мають варіанти В2 (ММ3) = 37,4 (%) та В6 (ММ4) = 36,2 (%). Для варіанту В2 процес укрупнення КТБ покриття розмірами 96×48 м, площею $5\,184\text{ м}^2$ і масою $1\,200$ т тривав 58 змін [98, 105].

Для варіанту В6 укрупнення КТБ покриття розмірами 144×48 м, площею $6\,912\text{ м}^2$ і масою $1\,100$ т тривало 53 зміни [20, 106].

- найменший показник P_i' операцій передпідйомного укрупнення покриттів характерний для варіантів В3 (ММ5) = 14,4 (%) та В4 (ММ3) = 10,0 (%). Для варіанту В3 кожен сегмент покриття мав геометричні розміри - довжина $84,0$ м, ширина $4,7$ м, висота $1,2$ м. Маса сегменту – 110 т. Укрупнення 28 сегментів покриття тривало 163 зміни [20, 42]. При підйомі покриття згідно варіанту В4 конструктивні характеристики ВП - довжина $47,2$ м, ширина $7,5$ м, висота $3,6$ м, маса $201,8$ тонн. Передпідйомне укрупнення 5 сегментів тривало 107 змін [96, 97].

Для складової «Монтажні роботи C_1 » процесу зведення покриттів сумарні показники P_i' для Варіантів 1÷6 знаходяться в діапазоні:

$$27,9 \leq \sum C_1 \div C_7 \leq 57,2 \quad (\%)$$

- найбільші показники P_i' на етапі монтажних робіт мають операції по підйому (переміщенню) укрупнених сегментів покриттів або повнозбірних конструктивно-технологічних покрівельних блоків в проектне положення C_2 .

Процентна складова трудомісткості C_2 з використанням кранових та безкранових технологій підйому (переміщення) знаходиться в діапазоні:

$$8,7 \leq C_2 \leq 34,2 \quad (\%)$$

- з усіх досліджуваних варіантів найбільші показники P_i' для операцій C_2 мають варіанти В3 (ММ3) = 34,2 (%) та В5 (ММ4) = 27,1 (%). Для варіанту В3 причиною високої трудомісткості операцій C_2 були складнощі по утриманню в стабільному горизонтальному положенні сегментів покриттів шириною $4,7$ м під час переміщенні по похилім напрямним (в пересувних просторових опорах виникав великий обертовий момент) та наступному подоланню кута, який утворював стик торців похилих та горизонтальних напрямних. Операції по примусовому переміщенню 28 укрупнених сегментів покриттів з рівня фундаментів до місця

остаточного проектного закріплення на висоті 15,4 м виконувались дуже повільно і тривали 46 змін [66]. Для варіанту В5 висока трудомісткість операцій C_2 була пов'язана з великою кількістю переміщень конструктивних елементів в зону підрощування кожного ярусу проектних колон; - найменші показники P_i' операцій підйому (переміщення) покриттів в місця остаточного закріплення C_2 характерні для варіантів В2 (ММ3) = 8,7 (%) та В6 (ММ4) = 9,1 (%). Так, для варіанту В2 примусове переміщення блоку КТБ покриття масою 1200 тонн на висоту 34,0 м методом підтягування з використанням гідропідйомників крокового типу, розташованих на оголовках колон несучого каркасу, з залученням 20 монтажників тривало всього 10 змін [109]. Для варіанту В6 примусове переміщення КТБ покриття масою 1100 т методом нижнього підрощування на висоту 24,0 м тривало 12 змін, секції стволів підйомників підрощували 22 монтажника [110, 111].

Аналіз варіантів зведення ВП дозволяє зробити наступні висновки:
- з усього комплексу монтажних операцій найбільшу процентну складову трудомісткості мають операції передпідйомного укрупнення покриттів на фундаментах B_2 і операції по переміщенню покриттів на проектні відмітки C_2

$$10,0 \leq B_2 \leq 37,4 \text{ (%) } \quad 8,7 \leq C_2 \leq 34,2 \text{ (%);}$$

- між значеннями процентної складової трудомісткості операцій B_2 та C_2 для більшості варіантів зведення існує пряма залежність (при малих значеннях B_2 досліджуємих варіантів зведення маємо максимальні значення C_2). Так, для варіанту В3 показники $B_2 = 14,4 \text{ (%)}$ та $C_2 = 34,2 \text{ (%)}$. І навпаки, при максимальних значеннях B_2 досліджуємих варіантів зведення спостерігаємо мінімальні значення C_2 . Для варіанту В2 значення $B_2 = 37,4 \text{ (%)}$ і $C_2 = 8,7 \text{ (%)}$;

- з урахуванням того, що для варіантів В2 та В6 значення процентної складової трудомісткості при підйомі ВП C_2 мінімальні (діапазон $8,7 \div 9,1 \text{ %}$), саме варіанти примусового переміщення ВП методами підтягування (В2 ММ3) та виштовхування (В6 ММ4) заслуговують на підвищену увагу при подальших розробках нових технологій безкранового зведення покриттів.

1.3.2 Дослідження технологічних особливостей процесів укрупнення та підйому великопрогонових покриттів на місця проектного закріплення

Порівняльний аналіз процентних складових трудомісткості основних операцій монтажних процесів відомих варіантів зведення ВП уможлиблює з усього комплексу операцій A_1-A_3 , B_1-B_8 , C_1-C_7 виділити дві складові, яким притаманні максимальні показники P_i' , а саме, *передпідйомне укрупнення* покриттів на стендах (B_2) та *підйом (переміщення)* сегментів покриттів різного ступеня укрупнення на місця проектного встановлення (C_2). Для провадження детального аналізу технологічних особливостей процесів передпідйомного укрупнення та наступного підйому покриттів, використовуючи інформаційні джерела [12–16; 18–20; 40; 42; 52; 112–123] та принципи організаційно-технологічного структурування і класифікацій ММ [23], за період з 1951 року до сьогодення, автором були відібрані дванадцять проектів зведення ВП, реалізованих в європейських країнах. Згідно з характерними відмінностями технології зведення, були сформовані чотири групи ММ. Принципові схеми варіантів зведення ВП з використанням кранових та безкранових монтажних технологій наведені на рис. 1.14.

Особливості використовуваних ММ наступні:

- для варіантів B_1 [34], B_2 [66], B_3 [124] групи ММ1 використовувались, виключно, методи вільного підйому. За допомогою автомобільних, гусеничних чи баштових кранів [125] виконувались операції по укрупненню покриттів на стендах і операції по переміщенню покрівельних сегментів на проектну висоту;
- для варіантів B_4 [126], B_5 [20], B_6 [119] групи ММ3 в передпідйомному укрупненні покрівельних конструкцій на стендах були задіяні крани (методи вільного підйому), а примусове переміщення сегментів покриттів виконувалось методом виштовхування по вертикальних опорних поверхнях (*вар. B_4*) чи методом підтягування з використанням вертикальних напрямних (*вар-ти B_5 , B_6*);
- для варіантів B_7 [66], B_8 [124], B_9 [54] групи ММ5 загальним було тільки утворення укрупнених великопрогонових сегментів покриттів на стендах за допомогою кранів методами вільного підйому. Для B_7 примусове переміщення по

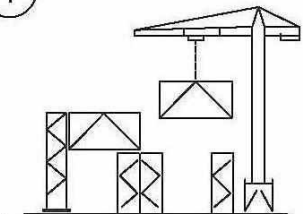
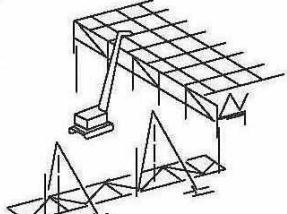
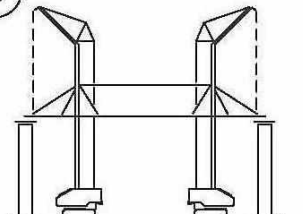
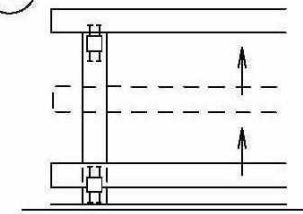
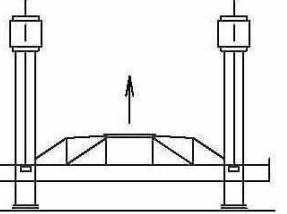
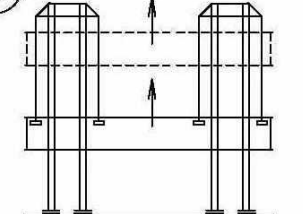
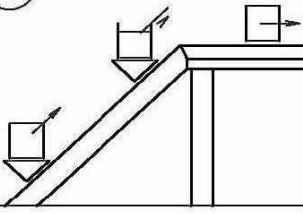
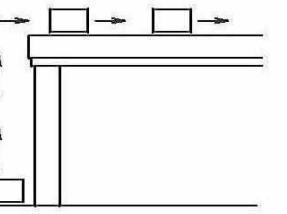
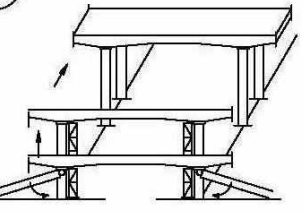
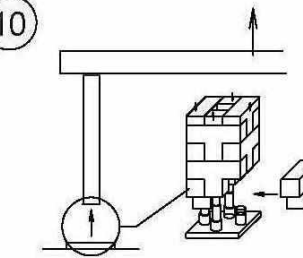
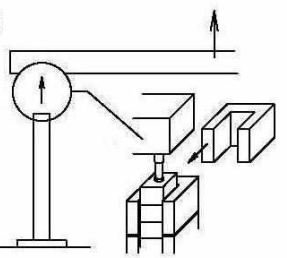
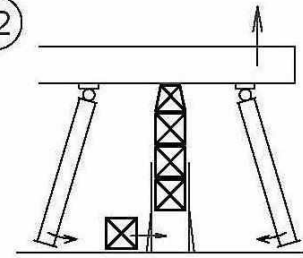
ММ 1 методи монтажу вільним підйомом з вертикальним нарощуванням або горизонтальним приєднанням покрівельних конструкцій		
1  $Q = 4\,018\text{ т}$ $F = 17\,280\text{ м}^2$ $H = 28,0\text{ м}$ $N = 0,078$	2  $Q = 3\,000\text{ т}$ $F = 12\,960\text{ м}^2$ $H = 18,0\text{ м}$ $N = 0,097$	3  $Q = 1\,326\text{ т}$ $F = 11\,988\text{ м}^2$ $H = 19,4\text{ м}$ $N = 0,077$
ММ 3 методи монтажу примусовим переміщенням в вертикальній площині з використанням вертикальних напрямних		
4  $Q = 5\,300\text{ т}$ $F = 16\,512\text{ м}^2$ $H = 18,4\text{ м}$ $N = 1,0$	5  $Q = 1\,200\text{ т}$ $F = 5\,184\text{ м}^2$ $H = 34,0\text{ м}$ $N = 1,0$	6  $Q = 7\,200\text{ т}$ $F = 39\,939\text{ м}^2$ $H = 37,5\text{ м}$ $N = 1,0$
ММ 5 методи монтажу примусовим переміщенням в вертикальній площині з використанням похилих та горизонтальних напрямних		
7  $Q = 3\,080\text{ т}$ $F = 10\,584\text{ м}^2$ $H = 15,4\text{ м}$ $N = 0,033$	8  $Q = 1\,009\text{ т}$ $F = 1\,770\text{ м}^2$ $H = 19,2\text{ м}$ $N = 0,050$	9  $Q = 3\,120\text{ т}$ $F = 13\,784\text{ м}^2$ $H = 19,1\text{ м}$ $N = 0,083$
ММ 4 методи монтажу примусовим вертикальним переміщенням зі спіранням покриттів на підрозумувальні колони чи стовпи підйомників		
10  $Q = 1\,400\text{ т}$ $F = 1\,906\text{ м}^2$ $H = 14,0\text{ м}$ $N = 1,0$	11  $Q = 4\,200\text{ т}$ $F = 5\,968\text{ м}^2$ $H = 24,0\text{ м}$ $N = 1,0$	12  $Q = 1\,100\text{ т}$ $F = 6\,912\text{ м}^2$ $H = 24,0\text{ м}$ $N = 1,0$

Рис. 1.14 Принципові схеми варіантів зведення конструкцій ВП з використанням методів монтажу ММ 1, ММ3, ММ4, ММ 5

похилих та горизонтальних напрямних виконувалось методом підтягування. Для *B8* сегменти покриттів, спочатку, за допомогою кранів методом вільного підйому піднімались на проектну висоту та укладались на горизонтальні напрямні, далі, змонтовані в рівні проектних відміток, методом примусового підтягування переміщувались по горизонтальних напрямних на місця остаточного закріплення. Для *B9* великопрогонові покрівельні поперечні рами разом з, шарнірно закріпленими, оголовками спарених колон, спочатку, за допомогою кранів методом вільного підйому піднімались на проектну висоту, далі, після з'єднання оголовків колон та нижніх поверхонь ригелів покриттів, переміщувались методом примусового підтягування по коліях, змонтованих на фундаментних плитах, які служили в якості горизонтальних напрямних.

- для варіантів *B10* [127], *B11* [46], *B12* [128] групи ММ4 спільним було утворення монолітних з/б (*B10*, *B11*) та збірних металевих (*B12*) ВП на рівні фундаментів за допомогою традиційних кранових технологій та наступне переміщення ВП на проектні відмітки методом виштовхування зі спиранням несучих ригелів блоків покриттів на підрощуванні колони. Технології вертикального переміщення для кожного з варіантів *B10-B12* були різні. Так, для варіанту *B10* передбачалось спирання ВП на оголовки збірних проектних колон, які підрощувались з використанням гідропідйомників, закріплених на фундаментах. Даний варіант підрощування класифікується, як *нижнє підрощування колон* [34]. Для *B11* передбачалось почергове спирання піднімаємих покриттів на гідропідйомники, змонтовані на нижніх поверхнях ригелів покриттів на передпідйомному етапі, та на верхні секції підрощувальних проектних колон. Даний варіант підрощування класифікується, як *верхнє підрощування колон* [88]. Для *B12* передбачалось спирання несучих ригелів ВП на оголовки збірних стволів підйомників, в підрощуванні яких були задіяні гідропідйомники, розміщені на фундаментах. На передпідйомному етапі до нижньої поверхні ригелів покриттів шарнірно закріплювали несучи колони. В процесі підрощування секцій стволів підйомників та підйому покриття на проектну висоту, колони каркаса ВБ міняли своє положення з горизонтального до вертикального. Після закріплення колон в

проектному положенні, стволи підйомників демонтувались. Переміщення елементів покрівельних конструкцій між зонами складування, укрупнення на стендах та наступного закріплення в проектному положенні для всіх варіантів досліджувались в тримірному координатному просторі. Схема зонування будівельного майданчика (зони складування, передпідйомного укрупнення та підйому покриттів на проектну висоту) при зведенні ВП методами вільного підйому ММ1 наведено на рис. 1.15.

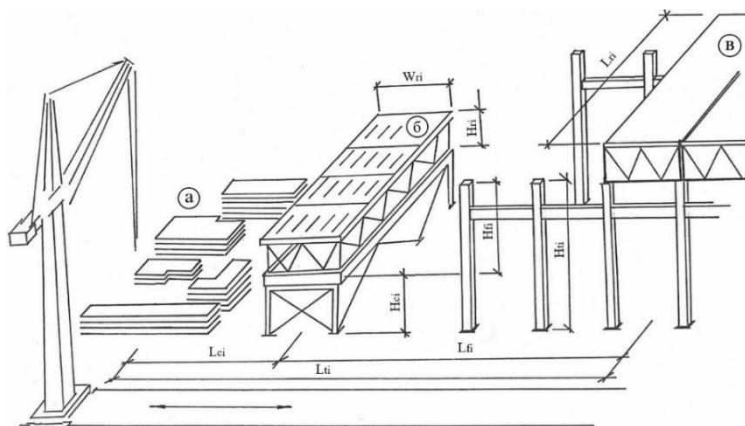


Рис. 1.15 Зональність будівельного майданчика при зведенні покриттів методом вільного підйому з використанням баштового крану : а – зона складування; б - зона укрупнення ; в – зона закріплення покриттів в проектному положенні

Слід зазначити, що для методів примусового переміщення ММ5, також, актуальні три зони (складування, укрупнення і переміщення сегментів ВП в проектне положення). Для методів примусового підтягування ММ3 та примусового виштовхування ММ4 зони складування та передпідйомного укрупнення розміщуються в зоні майбутнього вертикального переміщення блоку покриття. Остання умова є, безперечно, вигідна в умовах сучасного будівництва на міських ділянках зі щільною забудовою, коли розміри будівельного майданчика не перевищують габаритні розміри ВП, що зводиться [103; 129-131].

Для виконання порівняльного аналізу монтажної технологічності відібраних варіантів утворення ВП з використанням інформаційних джерел [23; 24; 59; 66; 132-135]. архівних матеріалів і результатів експериментальних досліджень інституту Укрспецмонтажпроект [98] в яких відображена хронологія

вертикального переміщення ВП і просторове положення елементів покриттів в процесі зведення, розраховувались показники:

- сумарна відстань переміщення елементів покриттів при зведенні $\sum_{i=1}^n L_{ti}$

$$\sum_{i=1}^n L_{ti} = L_{ci} + L_{fi} \quad (\text{м}), \quad (1.5),$$

де $\sum_{i=1}^n L_{ti}$ - сумарна відстань між зонами складування, укрупнення та проектного закріплення покрівельних конструкцій (м);

L_{ci} - відстань між зонами складування та укрупнення (м);

L_{fi} - відстань між зонами укрупнення та проектного закріплення (м);

- сумарна висота підйому елементів покриттів в процесі зведення $\sum_{i=1}^n H_{ti}$

$$\sum_{i=1}^n H_{ti} = H_{ci} + H_{fi} \quad (\text{м}), \quad (1.6),$$

де $\sum_{i=1}^n H_{ti}$ - сумарна висота переміщення покрівельних елементів між зонами укрупнення та проектного закріплення (м);

H_{ci} - перевищення висотних відміток поверхні монтажних столів для укрупнення покриттів над рівнем фундаментних плит (м);

H_{fi} - перевищення висотних відміток проектного закріплення покриттів над рівнем монтажних столів (м);

- загальна тривалість процесів зведення покриттів $\sum_{i=1}^n T_{ti}$

$$\sum_{i=1}^n T_{ti} = t_{1i} + t_{2i} \quad (\text{год}), \quad (1.7),$$

де $\sum_{i=1}^n T_{ti}$ - загальна тривалість переміщення сегментів ВП, включаючи операції по доставці елементів покриття з зони складування до зони укрупнення, укрупнення покриттів на стендах, підйом покриттів на проектну висоту та остаточне закріплення покриттів в проектному положенні (год.),

t_{1i} - тривалість переміщення елементів покриття між зонами складування і укрупнення, та процесів передпідйомного укрупнення покриттів на фундаментних плитах чи на монтажних стендах (висота до 2,5м) (год.),

t_{2i} - тривалість процесів переміщення окремих елементів чи укрупнених сегментів покриттів з зони укрупнення до зони проектного закріплення, наведення, вивіряння та остаточної фіксації покрівельних конструкцій в проектному положенні (год)

Розраховані значення $\sum_{i=1}^n L_{ti}$, $\sum_{i=1}^n H_{ti}$, $\sum_{i=1}^n T_{ti}$ разом з даними маси покриттів, що зводяться M_i , дозволяють визначити наступні показники монтажної технологічності для реалізованих варіантів зведення ВП В1 ÷ В12:

- загальна швидкість монтажних процесів при зведенні покриттів V_{ti}

$$V_{ti} = \frac{\sum_{i=1}^n L_{ti} + \sum_{i=1}^n H_{ti}}{\sum_{i=1}^n T_{ti}} \quad (\text{м/год}) , \quad (1.8) ,$$

де V_{ti} – швидкість переміщення елементів покрівельних конструкцій між монтажними зонами та безпосереднього виконання операцій по передпідйомному укрупненню, підйому та фіксації покриттів в проектному положенні (м/год);

$\sum_{i=1}^n L_{ti}$ - сумарна відстань між зонами складування, укрупнення та проектного закріплення покрівельних конструкцій (м);

$\sum_{i=1}^n H_{ti}$ - сумарна висота переміщення елементів покриттів (від зони складування до місць проектного закріплення) (м);

$\sum_{i=1}^n T_{ti}$ - загальна тривалість процесів зведення покриттів (год);

- загальна продуктивність монтажної підрозділу, який зводить ВП P_{ti}

$$P_{ti} = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n T_{ti}} \quad (\text{т/год}) , \quad (1.9) ,$$

де P_{ti} - загальна продуктивність монтажної бригади при зведенні покриттів, починаючи від розміщення покрівельних елементів в зоні складування і закінчуючи процесами остаточного закріплення сегментів покриттів в проектному положенні (т/год) ;

M_i - загальна маса великопрогонового покриття, що зводиться (тон);

$\sum_{i=1}^n T_{ti}$ - загальна тривалість процесів зведення покриттів (год.);

- показник загальної складності монтажних процесів по зведенню ВП E_{ti}

$$E_{ti} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ti}}{M_i} \quad (\text{год/т}) , \quad (1.10) ,$$

де E_{ti} – показник загальної складності монтажних процесів при переміщенні елементів покриттів від місця складування до місця остаточного закріплення в проектному положенні (год × тонн⁻¹) ;

$\sum_{i=1}^n T_{ti}$ - загальна тривалість процесів зведення покриттів (год);

M_i - загальна маса великопрогонового покриття, що зводиться (т);

Варіанти зведення ВП В1 ÷ В12 були розділені до двох груп згідно з сумарними масами всіх конструктивних складових великопрогонових блоків покриттів на момент закріплення останнього покрівельного елементу в проектному положенні:

перша група покриттів R_1 $1009 \leq R_1 < 3000$ (т)

друга група покриттів R_2 $3000 \leq R_1 \leq 7200$ (т)

Результати розрахунків значень загальної продуктивності монтажних бригад, задіяних в зведенні покриттів P_{ti} , загальної швидкості монтажних процесів при зведенні покриттів V_{ti} , коефіцієнт складності монтажних процесів при зведенні покриттів E_{ti} та загальної тривалості процесів зведення покриттів $\sum_{i=1}^n T_{ti}$ наведені в повному обсязі в додатку Б (табл. Б.1, табл. Б.2) та в скороченому вигляді в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Показники монтажно-технологічності досліджуваних варіантів зведення ВП

Варіант зведення покриттів	Основний метод монтажу	Загальна маса покриттів M_i (т)	Загальна висота зведення покриттів H_{ti} (м)	Загальна тривалість процесів зведення покриттів $\sum_{i=1}^n T_{ti}$ (год)	Загальна швидкість монтажних процесів при зведенні покриттів V_{ti} (м/год)	Загальна продуктивність зведення покриттів P_{ti} (т/год)	Коефіцієнт складності монтажних процесів при зведенні покриттів E_{ti} (год/т)
В 1	ММ 1	4 018	28,0	5080,90	0,0291	0,7908	1,2645
В 2	ММ 1	3 000	18,0	3449,20	0,0487	0,8698	1,1497
В 3	ММ 1	1 325	19,4	1748,18	0,0998	0,7579	1,3194
В 4	ММ 3	5 300	26,0	1578,90	0,0260	3,3568	0,2979
В 5	ММ 3	1 200	34,0	606,80	0,0758	1,9776	0,5057
В 6	ММ 3	7 200	37,5	1920,00	0,0690	3,7500	0,2667
В 7	ММ 3	3 080	15,4	1527,20	0,0579	2,0168	0,4958
В 8	ММ 5	1 009	19,2	1026,00	0,0687	0,9834	1,0168
В 9	ММ 5	3 120	19,1	1568,90	0,0555	1,9887	0,5029
В 10	ММ 5	1 400	14,0	401,80	0,0846	3,4843	0,2870
В 11	ММ 4	4 200	24,0	623,20	0,0786	6,7394	0,1484
В 12	ММ 4	1 100	24,0	607,40	0,0642	1,8110	0,5522

Також, значення P_{ti}, V_{ti}, E_{ti} , $\sum_{i=1}^n T_{ti}$, M_i для варіантів зведення груп покриттів R_1 та R_1 наведені на пелюсткових діаграмах.

Розрахунки значень показників монтажної технологічності для відібраних реалізованих проектів зведення ВП з використанням методів вільного та примусового підйому (переміщення) дозволяють зробити наступні висновки:

- *Реалізовані проекти по зведенню великопрогонових покриттів групи R_1* - для варіанту зведення покриттів з використанням кранових технологій методом вільного підйому (ММ1) характерні максимальні значення тривалості монтажних процесів $\sum_{i=1}^n T_{ti \max}$ та складності монтажу $E_{ti \max}$ при мінімальних значеннях продуктивності монтажного підрозділу $P_{ti \min}$;

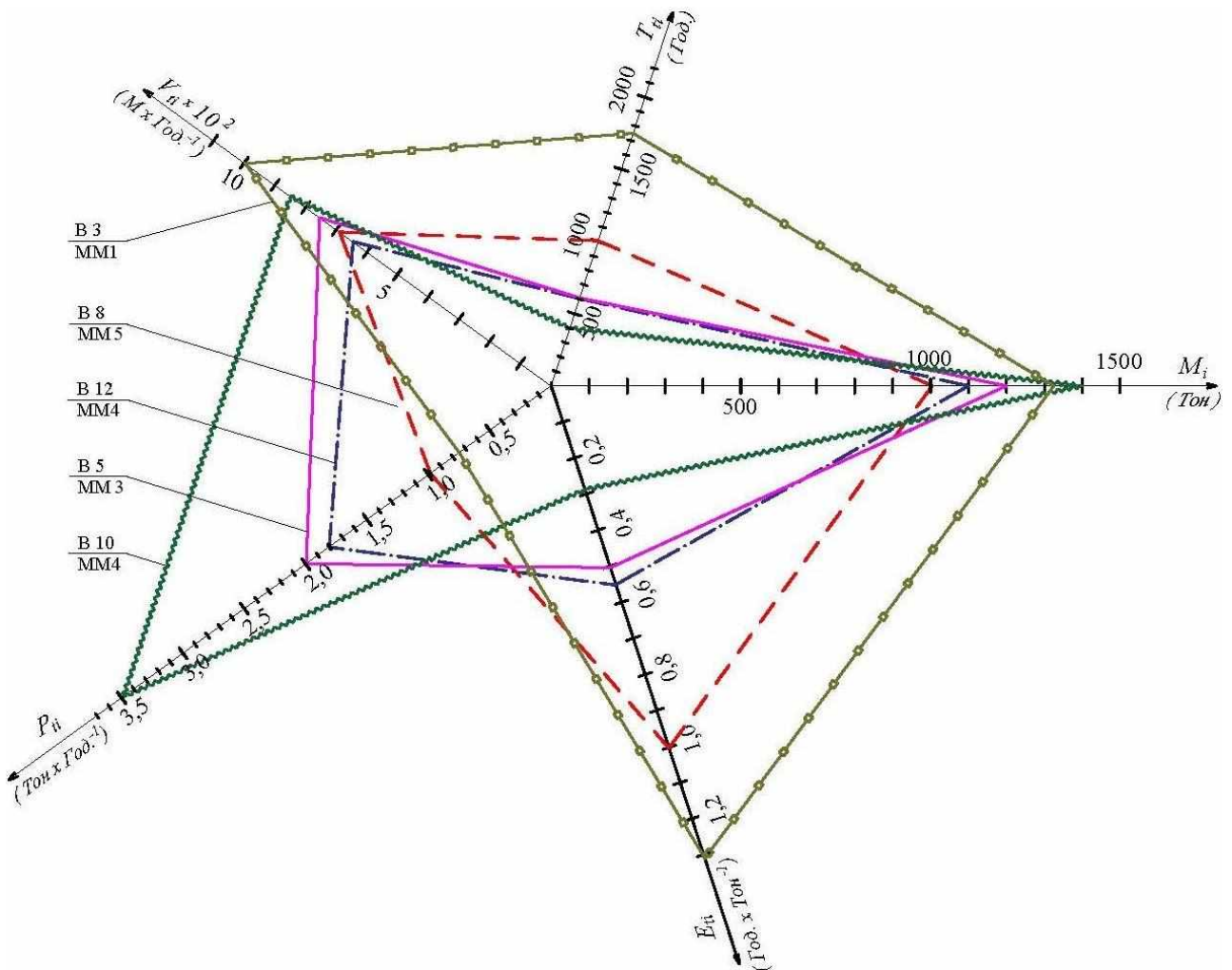


Рис. 1.16 Показники монтажної технологічності для варіантів групи R_1

- мінімальні значення тривалості монтажних процесів $\sum_{i=1}^n T_{ti \min}$ та складності монтажу $E_{ti \min}$ за умови максимальних значень продуктивності монтажних процесів $P_{ti \max}$ та близьких до максимальних значень показників загальної

швидкості процесів зведення V_{ti} характерні для реалізованих варіантів зведення з використанням примусового методу переміщення покриттів методом виштовхування зі спираанням ригелів покриттів в процесі підйому на підрощувальні колони (ММ4);

- при близьких значеннях мас покриттів, що зводяться $M_8 = 1000$ т (ММ3), $M_{12} = 1100$ т (ММ4) та $M_5 = 1200$ т (ММ2), розбіжності між значеннями швидкості процесів зведення покриттів методами ММ2 ÷ ММ4 невеликі

$$V_{t12} = 0,0642 \text{ м/год}, V_{t8} = 0,0687 \text{ м/год}, V_{t5} = 0,0758 \text{ м/год};$$

- при невеликих розбіжностях значень M_i та V_{ti} для варіантів В5, В8, В12, значення продуктивності монтажу P_{ti} відрізняються суттєво,

$$\frac{P_{t5}}{P_{t8}} = \frac{1,9776}{0,9834} = 2,01 \quad \frac{P_{t12}}{P_{t8}} = \frac{1,8110}{0,9834} = 1,84$$

що визначає методи монтажу ММ3 та ММ4, більш технологічними, ніж ММ5.

- Реалізовані проекти по зведенню великопрогонових покриттів групи R_2

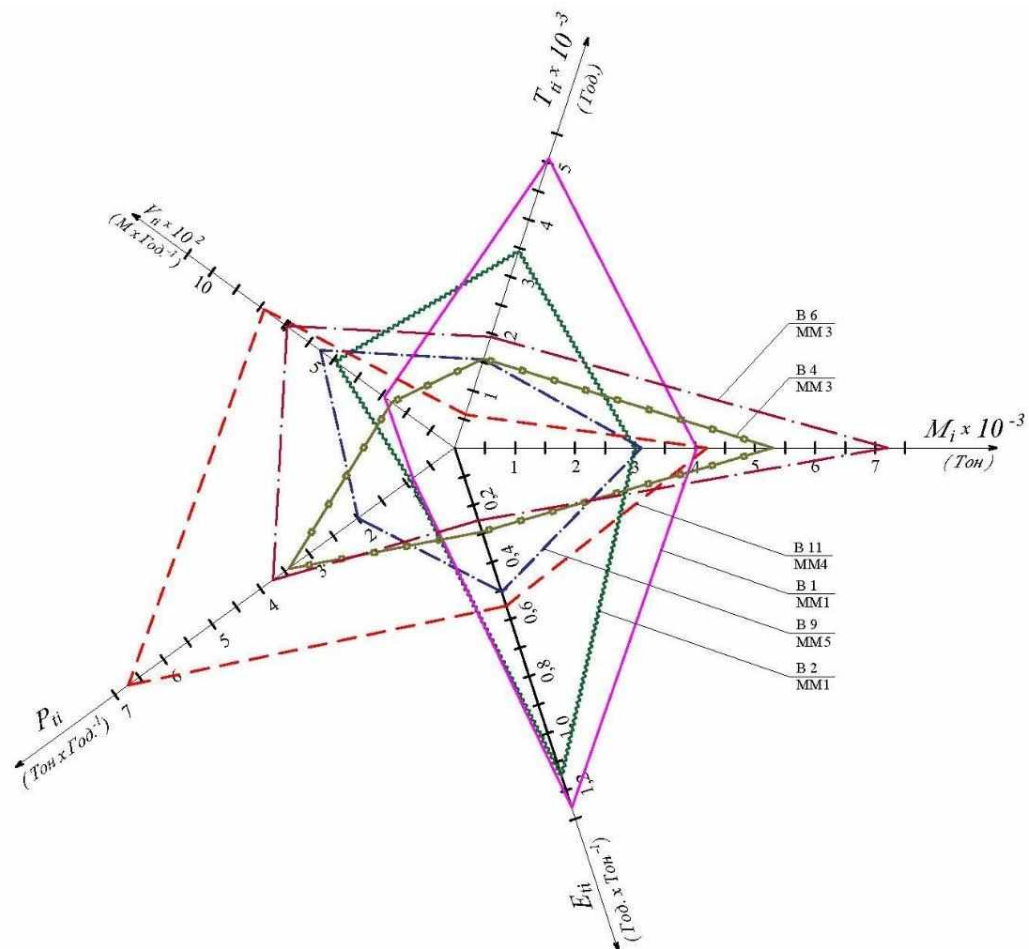


Рис. 1.17 Показники монтажної технологічності для варіантів групи R_2

- для варіантів В1, В2 з використанням, виключно, кранових технологій (ММ1) характерними є найбільше тривання процесів зведення V_{ti} та найбільша складність монтажу E_{ti} при умові мінімальних значень продуктивності монтажного підрозділу $0,7908 \leq P_{t1}, P_{t2} \leq 0,8698$ (т/год);
- при порівнянні мас покриттів M_i , що зводяться, $\sum_{i=1}^n T_{ti}$, V_{ti} , P_{ti} , найбільш привабливим є варіант В6 (ММ3), згідно з яким підйом ВП (маса 7200 т, площа 40000 м²) на висоту 37,5 м з використанням тягових підйомників;
- при майже однакових масах ВП ($M_1 = 4018$ т) та ($M_2 = 4200$ т), варіант В1 ММ1 значно поступається варіанту В11 ММ4 по показниках V_{ti} і P_{ti}

$$\frac{V_{t11}}{V_{t1}} = \frac{0,0786}{0,0291} = 2,70 \qquad \frac{P_{t11}}{P_{t1}} = \frac{6,7394}{0,7908} = 8,52$$

Значення P_{ti} та M_i для всіх варіантів зведення у вигляді крапкової діаграми наведені на рис. 1.18

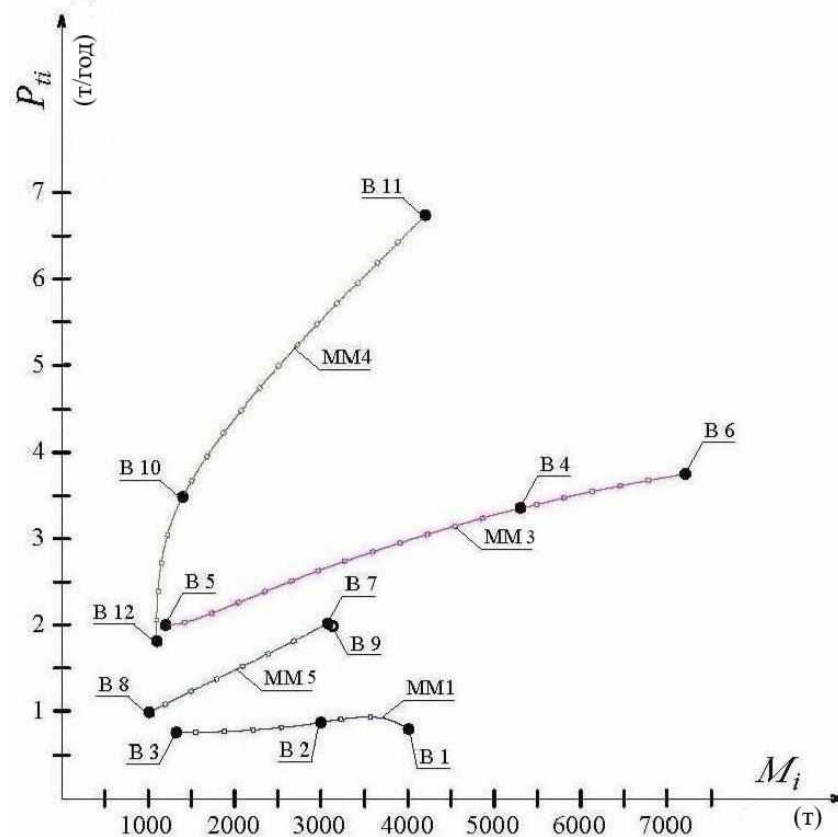


Рис. 1.18 Співвідношення мас M_i зведених великопрогонових покриттів та показників продуктивності монтажних підрозділів P_{ti} , задіяних в зведенні КВБ

Використаний при заповненні діаграми на рис.1.18, метод математичної апроксимації [136] дозволив відобразити криві показників продуктивності P_{ti} при монтажі для варіантів вільного чи примусового підйому (переміщення) покриттів та зробити наступні висновки:

- для варіантів зведення покриттів В1÷ В3 з використанням кранових технологій (ММ1) показники продуктивності P_{ti} при монтажі знаходяться в одному діапазоні значень $0,7579 \leq P_{ti} \leq 0,8698$ (т/год) незалежно від зміни маси покриття, що зводиться, $M_i = (1325 \div 4018)$ (т);

- єдиний випадок, коли варіант зведення ВП методом вільного підйому може розглядатись, як альтернативне конструктивно-технологічне рішення в порівнянні з варіантами примусового переміщення, це варіант В3. Так, при близьких значеннях мас покриттів $M_3 = 1325$ т (ММ1) та $M_8 = 1009$ т (ММ5), показники продуктивності монтажу, також, знаходяться в одному чисельному діапазоні $P_{t3} = 0,7579$ (т/год) та $P_{t8} = 0,9834$ (т/год);

- при порівнянні показників P_{ti} варіантів зведення, в яких використовуються примусові методи переміщення ММ3, ММ4, ММ5, пріоритетними є конструктивно-технологічні рішення зведення ВП, при яких передбачається переміщення покриттів з використанням вертикальних напрямних (ММ3) та підрозумування колон (ММ4). Так, при близьких значеннях мас покриттів, що зводились з використанням різних методами примусового переміщення $M_8 = 1009$ т (ММ5) , $M_{12} = 1100$ т (ММ4) , $M_5 = 1200$ т (ММ3), співвідношення показників P_{ti} наступне

$$\frac{P_{t12} \text{ (ММ4)}}{P_{t8} \text{ (ММ3)}} = \frac{1,8110}{0,9834} = 1,84 \qquad \frac{P_{t5} \text{ (ММ2)}}{P_{t8} \text{ (ММ3)}} = \frac{1,9776}{0,9834} = 2,01$$

- при зведенні покриттів, маси яких становили 4200–5300 тонн, пріоритетним стає використання в процесі вертикального переміщення ВП методу підрозумувальних колон (ММ4), про що свідчить порівняння значень P_{ti} для варіантів В4 ММ2 та В11 ММ4

$$\frac{P_{t11} \text{ (ММ4)}}{P_{t4} \text{ (ММ2)}} = \frac{6,7394}{3,5678} = 1,89$$

Виконання досліджень реалізованих варіантів зведення ВП та використання системного чисельного аналізу даних розрахунків показників монтажної технологічності, дозволило зробити наступні висновки [137]:

- конструктивно-технологічні рішення, передбачаючи зведення ВП з використанням окремих зон складування, укрупнення та підйому покриттів (ММ1, ММ5), суттєво поступаються по показниках монтажної технологічності рішенням, при яких зони складування та укрупнення об'єднанні та знаходяться в межах ділянки вертикального переміщення ВП (ММ3, ММ4);
- варіанти зведення покриттів у вигляді укрупнених сегментів покриттів (коефіцієнт укрупнення $N_i < 1,0$) (ММ1, ММ5) мають більші показники тривалості процесів зведення T_{ti} і складності монтажних процесів E_{ti} , та суттєво поступаються в показниках швидкості процесів зведення V_{ti} і продуктивності монтажних робіт P_{ti} варіантам зведення покриттів, у вигляді повнозбірних блоків ВП ($N_i = 1,0$) ММ3, ММ4);
- наявність в варіантах зведення на значних висотах (18–24м) операцій по утворенню опорних каркасів та риштувань для остаточної фіксації укрупнених сегментів покриттів (ММ1) чи монтажу горизонтальних напрямних на проектній висоті для підтягування покрівельних сегментів (ММ5), суттєво впливають на збільшення сумарної тривалості процесів монтажу T_{ti} та підвищення складності монтажних процесів E_{ti} в порівнянні з варіантами, в яких відсутні трудомісткі висотні операції в зоні остаточного закріплення покриттів (ММ3, ММ4);
- умови виконання всього комплексу робіт по зведенню ВП методами примусового вертикального переміщення (ММ3, ММ4) в межах ділянки, розміри якої не перевищують габаритні розміри ВП, що зводиться, визначає актуальність та необхідність подальшого вдосконалення безкранових технологій монтажу при розробці нових конструктивно-технологічних рішень зведення просторових великопрогонових багатофункціональних об'єктів критичної інфраструктури в умовах існуючої забудови населених місць, в першу чергу, медично-реабілітаційних центрів і лікарень, підприємств військово-оборонного комплексу, багатоярусних логістичних хабів та транспортних терміналів, [138-143].

1.3.3 Аналіз технологічних особливостей використання монтажних машин і механізмів при зведенні великопрогонових будівель

Відповідно до організаційно-технологічної структури монтажного процесу [34], при зведенні покриттів центральними складовими та структурними елементами, які характеризують використовуваний метод монтажу, виступають монтажні машини і механізми, задіяні в процесах складування, передпідйомного укрупнення та підйому (переміщення) покрівельних конструкцій на проектні відмітки [132]. По технологічним ознакам здатності пересування і зміни монтажних зон, монтажні машини і механізми підрозділяються на мобільні, обмежено мобільні та немобільні [144]. В процесах складування та передпідйомного укрупнення ВП задіяні мобільні та обмежено мобільні механізми, при цьому, метод підйому елементів покриттів – вільний (ММ1). Переміщення покрівельних складових на проектні відмітки виконується за допомогою мобільних чи обмежено мобільних кранів методом вільного підйому (ММ1) або немобільними монтажними механізмами методом примусового підйому (переміщення) з використанням вертикальних напрямних (ММ3), похилих або горизонтальних напрямних (ММ4) та підрощувальних колон (ММ4) [23; 145-147]. Варіанти застосування монтажних машин та механізмів при зведенні ВП упродовж 1951-2024 років наведено в табл. 1.5.

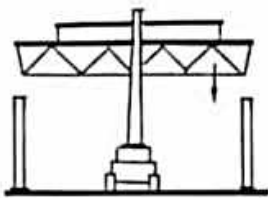
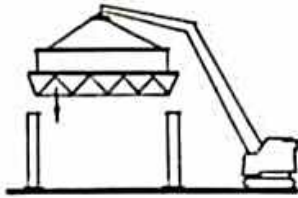
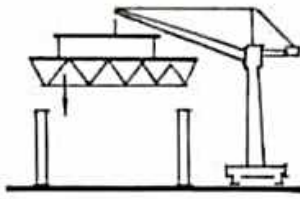
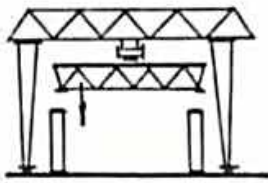
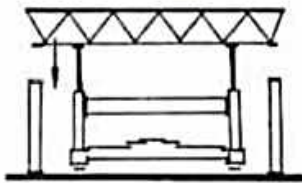
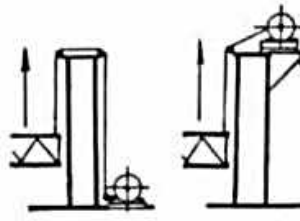
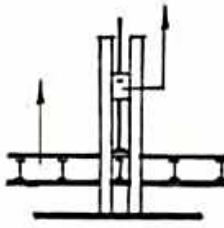
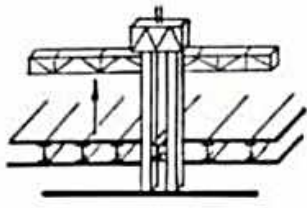
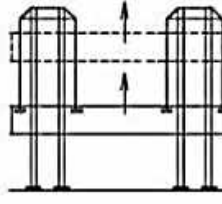
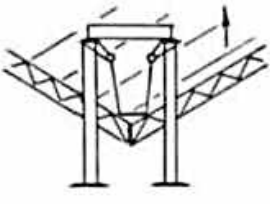
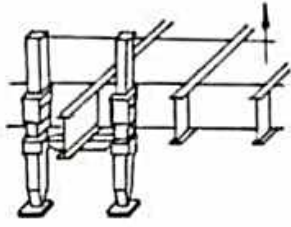
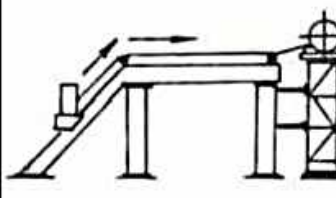
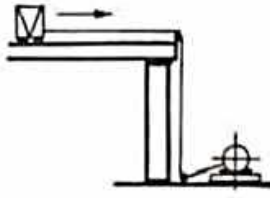
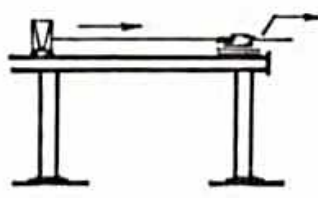
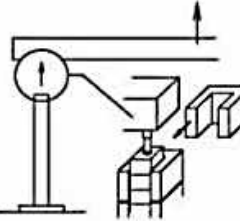
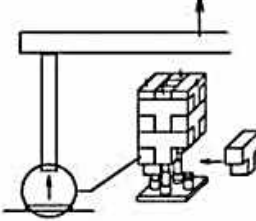
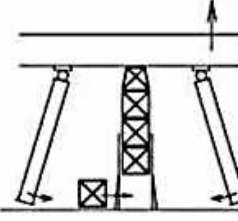
Мобільні монтажні машини і механізми перемінюються між монтажними зонами в процесі зведення покриттів. За конструкцією агрегатів ходової частини мобільні монтажні машини розділяють на автомобільні, пневмоколісні та гусеничні [148]. Перевагою пневмоколісних і гусеничних кранів є можливість маневрування по всій території будівельного майданчика, як між колонами (табл. 1.5, 1), так і по зовнішньому контуру об'єкта будівництва (табл.15, 2), (табл. 1.5, 3). Світові лідери серед пневмоколісних та гусеничних кранів по показниках $Q_{t\ max}$ (т) та $H_{t\ max}$ (м):

пневмоколісні крани

Terex-Demag AC 1170	[149]	$Q_{t\ max}$	– 1000 т	$H_{t\ max}$	- 126 м
Liebherr 11200-9.1	[150]	$Q_{t\ max}$	– 1200 т	$H_{t\ max}$	- 100 м

Таблиця 1.5

Класифікація монтажних машин та механізмів за критерієм мобільності

ВІЛЬНИЙ ПІДЙОМ ПОКРІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ МЕТОДОМ ПІДТЯГУВАННЯ	МОБІЛЬНІ МОНТАЖНІ МАШИНИ ТА МЕХАНІЗМИ			
	MM 1			
	ОБМЕЖЕНО МОБІЛЬНІ МОНТАЖНІ МАШИНИ ТА МЕХАНІЗМИ			
	MM 1			
ПРИМУСОВИЙ ПІДЙОМ (ПЕРЕМІЩЕННЯ) ПОКРІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ МЕТОДАМИ ПІДТЯГУВАННЯ ЧИ ВИШТОВХУВАННЯ	НЕМОБІЛЬНІ МОНТАЖНІ МЕХАНІЗМИ			
	MM 3			
				
	MM 5			
	MM 4			

XCMG XCA5000	[151]	$Q_{t\ max}$	– 1600 т	$H_{t\ max}$	- 130 м
Zoomlion ZACB01	[152]	$Q_{t\ max}$	– 2000 т	$H_{t\ max}$	- 166 м
<i>крани на гусеничному ходу</i>					
LIEBHERR LR 13000	[153]	$Q_{t\ max}$	– 3000 т	$H_{t\ max}$	- 132 м
МAMMOET SK 6000	[154]	$Q_{t\ max}$	– 6000 т	$H_{t\ max}$	- 220 м

Область використання згаданих мобільних кранів – це підйом надважкого технологічного обладнання при будівництві промислових об’єктів, таких як нафтопереробних заводів і вітрові електростанції (рис. 1.19).

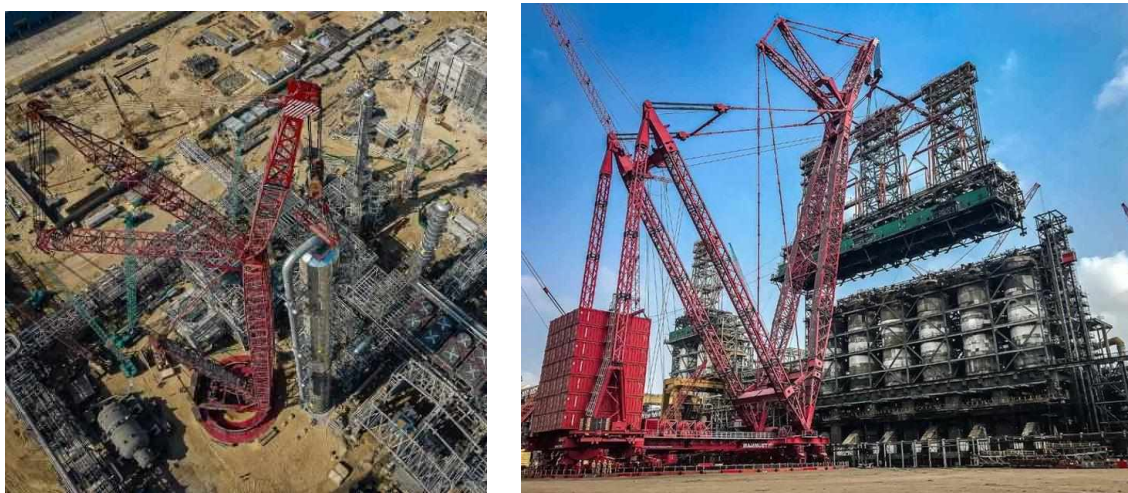


Рис. 1.19 Приклад використання гусеничного крану Mammoet SK6000

Технологічні схеми підйому великогабаритних блоків покриттів за допомогою декількох кранів передбачають використання габаритних траверс. В покриттях, піднімаємих за допомогою траверс, виникають значні прогини, які суттєво ускладнюють остаточну посадку опорних конструкцій покриттів на оголовки несучих колон каркасу. Також, забезпечення синхронної роботи 2 – 8 кранів при зведенні конструктивно-технологічних блоків покриттів є складним процесом з високим ступенем ризиків. При зведенні ВП традиційно використовують пневмоколісні і гусеничні крани, які мають характеристики $Q_{t\ max} \leq 100$ т, $H_{t\ max} \leq 40$ м [23; 125; 132; 155]

Обмежено мобільні монтажні машини і механізми, використовуємі при зведенні ВП покриттів, це баштові (табл. 1.5, 4) і козлові крани (табл. 1.5, 5), мостові установники (табл. 1.5, 6). Для варіантів баштових кранів, згідно способів розміщення монтажних механізмів, передбачені два варіанти – це пересувні та

стаціонарні. В умовах сьогодення при щільно забудованих територіях на більшості будівельних майданчиків немає можливості утворення колійних шляхів для пересувних баштових кранів. Використання стаціонарних баштових кранів при переміщенні елементів покриттів з улаштуванням багатоярусних опорних каркасів, є трудомістким та технологічно неефективним. Єдиний варіант використання баштових кранів при зведенні ВП в умовах щільної забудови - це монтаж несучого каркасу майбутньої будівлі (колони, міжколонні балки і зв'язки) та передпідйомне укрупнення блоку покриття на монтажних стендах. Світовим лідером серед стаціонарних баштових кранів є Zoomlion R2000-720

$Q_{t\max} \leq 720$ т, $H_{t\max} \leq 420$ м [156]. В операціях по укрупненню покриттів, традиційно, задіяні стаціонарні баштові крани з наступними характеристиками $Q_{t\max} \leq 11$ т, $H_{t\max} \leq 52$ м [157].

Немобільні монтажні механізми за технологічними ознаками поділяють на переносні та стаціонарні. Арсенал переносних немобільних механізмів, використовуваних при зведенні ВП – це електролебідки і гідравлічні домкрати. Обов'язковою умовою використання стаціонарних немобільних механізмів (монтажні щогли і шеври, порталні та гідравлічні підйомники) є підготовлений фундамент. Лебідки з показниками $Q_t \leq 40$ т знайшли використання при переміщенні покрівельних блоків методами підтягування по вертикальних напрямних (табл. 1.5, 7), похилих і горизонтальних напрямних (табл. 1.5, 13), (табл. 1.5, 14). При примусовому переміщенні ВП щоглами (табл. 1.5, 11) обов'язковим є одночасне використання мінімум трьох підйомних механізмів. Зведення ВП, при цьому, виконують трубчастими щоглами $50 \leq Q_t \leq 70$ т, ґратчастими щоглами $100 \leq Q_t \leq 280$ т.

Гідравлічні домкрати (гідроциліндри) односторонньої дії, використовувемі в стаціонарних чи переносних немобільних механізмах (гідропідйомних установках) є основними складовими багатоваріантних технологічних рішень безкранового зведення ВП, починаючи з 1950-х років. При цьому, вертикальне примусове переміщення блоків покриттів на проектні відмітки гідроциліндрами виконується методом виштовхування [158] чи методом підтягування [159]. Так в

1951 році при зведенні монолітного з/б ВП масою 4200 т (аеропорт в м. Марсель, Франція) вперше був використаний метод виштовхування для верхнього підрощування колон [46; 160; 161] за умови розташування гідродомкратів між ВП, що зводилось, та оголовками підрощувальних колон (табл. 1.5, 16). В 1957 році при зведенні ВП монолітного ЗБ ВП масою 5400 т (аеропорт, м. Абінгтон, Велика Британія) вперше був використаний метод виштовхування для нижнього підрощування колон [46; [162; 163] за умови розміщення гідродомкратів на фундаментах під підрощувальними колонами, на які спиралось ВП покриття, що зводилось (табл.1.5, 17). Принцип нижнього підрощування секцій колон був успішно впроваджений при розробці стаціонарного гідропідйомника ПГ-300 (табл.1.5,18) при застосування якого в підйомному процесі РВП спирались на оголовки підрощуваних стволів підйомників. Конструктивно-технологічна розробка вітчизняних вчених та конструкторів дозволила підняти на 24 м за 12 змін передпідйомно укрупнений на монтажних стендах металевий блок ВП з комплектом технологічного обладнання масою 1100 т (1982 р., покриття цеху авіаційного заводу, м. Київ, Україна) [20; 164; 165].

Світовими лідерами по виробництву стаціонарних гідропідйомників, працюючих за принципом нижнього підрощування стволів підйомників, є концерни VSL GROUP [166], Sarens Group [167] ENERPAC [168], Sarens Group [169] . Останні технічні новинки концернів VSL GROUP, Sarens Group , Sarens Group наведені на рис. 1.20.



Рис. 1.20 Стаціонарні гідропідйомні модулі Sarens Group, ENERPAC і Fagoli

Характеристики найпотужніших стаціонарних гідропідйомників: ENERPAC $Q_t \leq 500$ т, $H_t \leq 14$ м; FAGOLI $Q_t \leq 500$ т, $H_t \leq 15$ м.

Принцип розміщення гідравлічних домкратів на оголовках колон і виконання вертикального переміщення ВП методом підтягування (табл.1.5, 9) були використані при зведенні блоків ВП авіаційного заводу в м. Гостомель, Україна. Металеве просторове інтегроване ВП масою 1200 т було переміщено з рівня монтажних стендів на проектну висоту 34 м за 10 змін (рис. 1.21) [20; 170; 171].

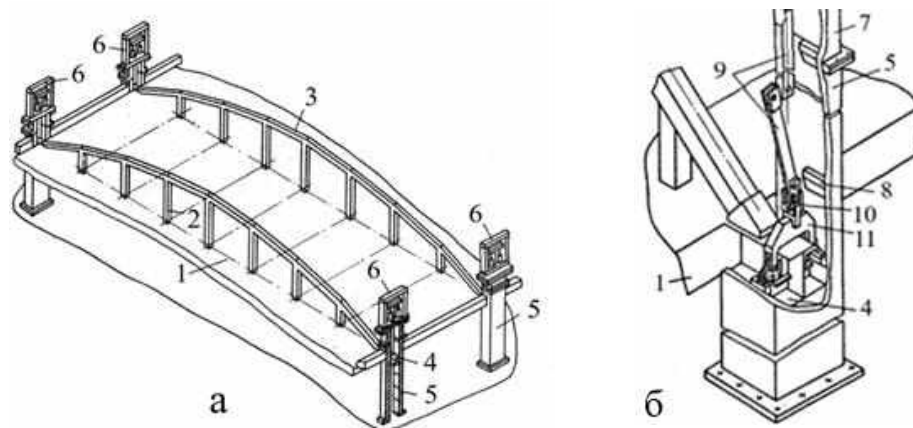


Рис. 1.21 Підйом великопрогонового покриття методом підтягування: а – покриття в процесі підйому, б – вузол фіксації опорного ригеля піднімаємого покриття, 1- блок покриття, 2- стійка ферми покриття, 3 – верхній пояс ферми покриття, 4 – ригель покриття, 5 – колона каркасу, 6 – підйомник ПШ-330, 7 – опора підйомника, 8 – проміжний підйомний упор, 9 – тягова стрічка, 10 – перехідна ланка тягової стрічки, 11 – опорна траверса (за: [20, с.16])

Сьогодні для переміщення конструкцій ВП, технологічного габаритного та важкого обладнання методом підтягування використовуються гідравлічні домкрати, взаємодіючи з тяговими тросами, при цьому, гідропідйомники розміщують на монтажних щоглах. (рис. 1.22). Світові лідери серед виробників тросових гідравлічних підйомників – DLT Engineering [172], ULTRACON [173], FAGIOLI [174].

Техніко-технологічні показники найпотужнішого щоглового тросового гідропідйомника FAGIOLI - $Q_t \leq 750$ т, $H_t \leq 120$ м.

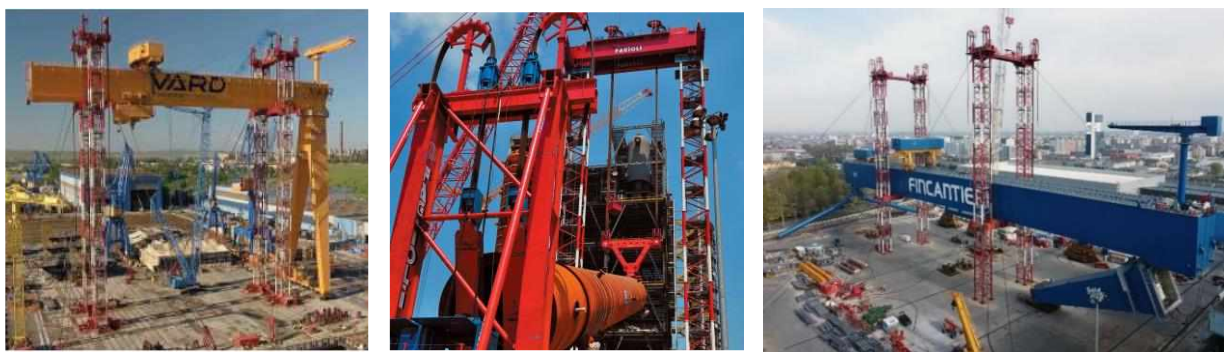


Рис. 1.22 Щогловий гідравлічний тросовий гідропідйомник FAGIOLI

Використання щоглових тросових гідропідйомників має один суттєвий недолік для використання в умовах щільної забудови. Монтаж (демонтаж) опорних щоглів, передпідйомне закріплення та післяпідйомний демонтаж обладнання на висотах 30 – 40 м виконується потужними мобільними кранами, для переміщення яких використовуються потужні крани. В більшості варіантів зведення нових КВБ забезпечити проїзд для кранів між зовнішніми стінами існуючих будівель та новобудовою в умовах щільної забудови неможливо.

Гідравлічні домкрати (гідроциліндри) двосторонньої дії, використовуюємі в переносних чи стаціонарних немобільних механізмах, працюють за методом виштовхування. Для переносних гідродомкратів виконуючих підйом ВП, обов'язковим є взаємодія штоків гідроциліндрів з колонами (табл. 1.5,8). Для стаціонарних гідропідйомників, обов'язковою умовою є почергове сприйняття навантаження штоками середнього та крайніх гідроциліндрів. Лідером є гідропідйомник FAGIOLI 600 [175] , вантажопідйомна характеристика якого становить $Q_t \leq 600$ т (рис. 1.23).



Рис. 1.23 Гідравлічний домкрат двосторонньої дії FAGIOLI 600

Аналіз реалізованих проектів зведення залізобетонних та металевих ВП з використанням монтажних машин та механізмів дозволяє зробити висновки:

- *мобільні машини та механізми* (пневмоколісні та гусеничні крани) в умовах щільної забудови найбільш ефективно використовуються в операціях по утворенню несучого каркасу будівлі (колони, міжколонні балки і зв'язки) та передпідйомному укрупненню ВП на стендах при організації зон складування, передпідйомного укрупнення та підйому покриттів в межах будівельного майданчику, розміри якого не перевищують габаритні розміри ВП, що зводиться;
- *обмежено-мобільні машини та механізми*, такі, як пересувні баштові та козлові крани, монтажні установники, в стиснутих умовах промислової та цивільної забудови, при неможливості влаштування колійних шляхів за межами зовнішніх стін об'єкта будівництва для зведення ВП, не знайшли своє використання. Для стаціонарних баштових кранів єдиним варіантом використання на щільно забудованих територіях є утворення збірного несучого каркасу будівлі та передпідйомне укрупнення покрівельних конструкцій на монтажних стендах в місці майбутнього вертикального переміщення покриттів на проектні відмітки;
- *немобільні монтажні механізми* такі, як переносні лебідки, використовуючи похилі, горизонтальні та вертикальні направляючі розглядаються, виключно, при зведенні легких структурних покриттів. Гратчасті та трубчасті щогли, за умови обов'язкового розміщення щоглових опор за контуром ВП, що зводиться, використовуються при зведенні ВП тільки на відкритих незабудованих ділянках. Сьогодні, при зведенні нових та реконструкції, пошкоджених внаслідок війни, покриттів великорозмірних об'єктів, найбільш актуальні технологічні варіанти, передбачаючи використання переносних та стаціонарних гідропідйомників. Поєднання переваг методів примусового підтягування несучих ригелів ВП гідропідйомниками, закріпленими на оголовках проектних колон, та методів примусового виштовхування ВП зі спиранням на оголовки підрошуваних стволів гідропідйомників, розміщених на фундаментах, є теоретичною основою подальших досліджень для обґрунтування та формування новітніх КТМ зведення великопрогонових будівель підйомними модулями [176188].

1.4 Проблеми, мета та задачі досліджень

Аналіз праць видатних вітчизняних та закордонних вчених - Черненка В. К., Тонкачєєва Г. М., Осипова О. Ф., Назаренка В. Ф., Ситника Н. П., Ровінського Л. Флігієра К., Ругла Х. Кугна Е., Кінтли В., Зіолька Ж., Орлика Г., у яких детально розглянуті організаційно-технологічні складові монтажних процесів і наведено класифікацію методів монтажу промислових та цивільних будівель з покриттями, значення прогонів яких становить 30–180 м, підтверджує що всі проекти у період 1954 – 2026 роки були реалізовані в достатньо комфортних умовах при можливості безперешкодного переміщення мобільних та обмежено мобільних кранів по зовнішньому контуру об'єктів зведення. В процесах передпідйомного укрупнення ВП на монтажних стендах використовувались традиційні кранові технології. Підйом інтегрованих блоків ВП на проектні відмітки виконувався з використанням кранів абр різноманітних підйомників.

В умовах сьогодення, з урахуванням першочергових завдань вітчизняної будівельної індустрії щодо відновлення пошкоджених внаслідок війни та зведення нових великопрогонових будівель промислового й цивільного призначення в умовах адаптивного будівництва при технічній неможливості використання в процесах зведення ВБ мобільних та обмежено мобільних кранів особливо актуальним стає науково обґрунтоване вирішення проблеми створення системи формування КТМ безкранового зведення ВБ підйомними модулями, Використання принципів створюваної системи має забезпечувати вертикальне переміщення інтегрованих блоків ВП зі спиранням на підйомні модулі, які функціонально взаємодіють з колонами каркаса ВБ, використовуючи останні в якості напрямних та опорних вузлів, на будівельних майданчиках, розміри яких не перевищують габаритні розміри ВБ, що зводяться.

Наукова проблема полягає у відсутності цілісної системи формування КТМ безкранового зведення ВБ підйомними модулями, яка забезпечувала б оперативну реконструкцію пошкоджених внаслідок війни об'єктів критичної інфраструктури та зведення нових великопрогонових споруд в умовах щільної

забудови, де застосування традиційних кранових технологій є технічно неможливим або економічно недоцільним. Розв'язання цієї проблеми дозволить суттєво знизити трудомісткість монтажних процесів, скоротити строки будівельно-монтажних робіт та мінімізувати період знаходження монтажників в зоні підвищених ризиків під час виконання робіт по остаточному закріпленню опорних конструкцій ВП в проектному положенні на значних висотах.

Основними проблемами, що потребують розв'язання в дисертаційній роботі, є:

- Відсутність вирішення актуальної теоретико-методичної та прикладної проблеми створення системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями в умовах адаптивного будівництва при відновленні пошкоджених та будівництві нових великопрогонових об'єктів критичної інфраструктури при технічній неможливості використання класичних кранових технологій.
- Недостатня систематизація критеріїв формування та дослідження основних складових КТМ, а також структурно-функціональної класифікації їх груп на основі функціонально-фізичного аналізу.
- Відсутність науково обґрунтованої системи формування та дослідження компоновок підйомних модулів, багатоваріантна функціональна взаємодія яких з іншими складовими КТМ забезпечує ефективне вертикальне переміщення блоків ВП на ділянках, габарити яких не перевищують розмірів ВП, що зводяться.
- Відсутність ефективної системи критеріальної оптимізації варіантів КТМ, яка забезпечувала б їх адаптацію до умов існуючої забудови населених місць при мінімальних показниках складності, трудомісткості та тривалості процесів зведення ВБ.
- Відсутність теоретичної концепції та наукових основ роботизації завершальної фази зведення ВБ, що дозволяє виконувати точне автоматизоване просторове наведення та закріплення ригелів ВП в проектному положенні без безпосередньої участі монтажників у зоні підвищеного ризику.
- Недостатня апробація теоретичних основ, технологічних принципів та практичних рекомендацій щодо застосування системи формування КТМ при

відновленні пошкоджених та зведенні нових великопрогонових об'єктів критичної інфраструктури в умовах адаптивного будівництва.

Мета дослідження - розробити теоретичні основи та методологічні принципи системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, яка забезпечує адаптивність до умов обмеженого технологічного простору, мінімальні показники складності, трудомісткості та тривалості процесів зведення ВБ, повну автоматизацію операцій по вертикальному переміщенню ВП та роботизацію завершальної фази встановлення опорних конструкцій ВП у проектне положення при досягненні максимального рівня безпеки висотних монтажних робіт.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасний рівень технологій зведення великопрогонових будівель, виявити основні тенденції, обмеження традиційних кранових методів та обґрунтувати актуальність переходу до безкранових адаптивних технологій у контексті існуючої забудови населених місць та повоєнного відновлення об'єктів критичної інфраструктури України;

2. Визначити та систематизувати основні складові КТМ зведення великопрогонових будівель, а також ключові групи функцій взаємодії та факторів впливу в соціотехнічній системі перетворень;

3. Сформувати функціонально-цільовий обрис КТМ як сукупність функцій багатоваріантної взаємодії основних складових з елементами соціотехнічної системи перетворень та встановити дворівневу ієрархічну структуру цієї взаємодії (зовнішні та внутрішні функції);

4. Дослідити закономірності формування компоновок ПМ та структурно-логічну залежність їх функціональної взаємодії від технологічних особливостей безкранових методів зведення великопрогонових будівель;

5. Визначити та обґрунтувати пріоритетні критерії оптимізації КТМ зведення великопрогонових будівель підйомними модулями в умовах обмеженого технологічного простору та високих вимог безпеки;

6. Виконати порівняльний модельний аналіз альтернативних варіантів КТМ, провести їх оптимізацію та визначити пріоритетні варіанти з сегментацією за масою піднімаємого покриття та розмежуванням областей раціонального використання;

7. Розробити технологічні рішення з роботизації та повної автоматизації завершальної фази закріплення ригелів великопрогонових покриттів у проектному положенні за умови переміщення конструкцій у трьох площинах без присутності монтажників у зоні підвищеного ризику;

8. Узагальнити структурно-логічну послідовність створення системи формування КТМ, розробити рекомендації щодо її практичного застосування в умовах адаптивного будівництва при відновленні пошкоджених та зведенні нових великопрогонових об'єктів критичної інфраструктури.

Об'єкт дослідження - технологічні процеси безкранового зведення великопрогонових будівель в обмеженому технологічному просторі в умовах існуючої забудови населених місць, ускладненої логістики за підвищених вимог до безпеки виконання висотних монтажних робіт.

Предмет дослідження - функціонально-цільова взаємодія між основними складових КТМ зведення ВБ підйомними модулями, закономірності її дворівневої ієрархічної структуризації та методологічні принципи формування адаптивних, оптимізованих та роботизованих КТМ на закладі багатоваріантної функціональної взаємодії між компонентами блоків компоновок ПМ та конструктивними складовими КТМ зведення ВБ.

Наукова гіпотеза дослідження базується на припущенні, що функціонально-цільовий обрис КТМ зведення великопрогонових будівель ПМ розглядається не в конструктивно-технічній формі, а як сукупність функцій багатоваріантної взаємодії основних складових КТМ з елементами соціотехнічної системи перетворень, що дозволяє декомпонувати ці функції на дворівневу ієрархію та створювати адаптовані КТМ, які відповідають заданим параметрам технологічного призначення.

Висновки по першому розділу

1. Дослідження проектів зведення КВБ, реалізованих в Україні і світі, дозволяють прослідкувати сталу тенденцію збільшення габаритних розмірів споруджуваних промислових та цивільних об'єктів. Сьогодні в авіаційних ангарах прогони просторових металевих покриттів перевищують 400 м. Порівняння трудомісткості по влаштуванню несучих і огорожувальних конструкцій побудованих ВБ підтверджує, що найбільша трудомісткість припадає на монтажні операції по зведенню великопрогонових покрівельних конструкцій. Трудомісткість зведення ВП становить до 75 % загальної трудомісткості будівництва ВБ.

2. Аналіз конструктивно-технологічних рішень, використаних під час зведення ВП за останні 75 років, свідчить про поступовий перехід від традиційних кранових технологій, при яких поелементно піднімалися складові покрівельного каркасу з зони складування в зону проектного закріплення, до індустріальних технологій, передбачаючих передпідйомне укрупнення блоків покриттів на монтажних стендах із елементів та обладнання підвищеної або повної заводської готовності та подальший підйом покрівельних конструкцій 100 % готовності кранами або підйомниками. Останні для зведення ВП використовують напрямні або підрощувані колони.

3. На основі організаційно-технологічної структури монтажних процесів, розробленої Гребінником Р. А., та класифікації методів монтажу, представленої в працях Черненка В. К., був проведений критеріальний аналіз сучасних конструктивно-технологічних рішень зведення КВБ. Для всіх варіантів зведення ВП методами вільного підйому кранами або примусового переміщення блоків покриттів підйомниками із застосуванням напрямних чи підрощуваних колон характерним є суттєве перевищення показників трудомісткості робіт із передпідйомного укрупнення покрівельних конструкцій та безпосереднього підйому покрівельних конструкцій на проектні відмітки порівняно з іншими складовими процесу зведення.

4. На основі статистичних даних, що містять хронометраж процесів передпідйомного укрупнення та подальшого підйому блоків ВП, проведено системно-структурний аналіз реалізованих проектів зведення КВБ із застосуванням кранових і безкранових технологій. Найкращі показники монтажної технологічності (продуктивність монтажників під час зведення КВБ, складність монтажних операцій, швидкість процесів укрупнення та підйому блоків ВП) притаманні реалізованим варіантам зведення ВП із застосуванням методу примусового переміщення блоків покриттів по вертикальних напрямних (ММЗ) та методу підрощування колон (ММ4).

5. З використанням методу порівняльного аналізу досліджено технологічні особливості монтажних машин і механізмів, задіяних у процесах зведення ВП. В умовах сьогодення, за малої відстані між наявними будівлями та новобудовами, створення зон для переміщення кранів уздовж зовнішнього контуру об'єктів зведення, значно ускладнене. Переміщення кранів можливе тільки на ділянках, розміри яких не виходять за контур зовнішніх стін об'єкту будівництва. Крани використовують виключно для передпідйомного укрупнення ВП. Вертикальне переміщення ВП виконують підйомники, взаємодіючи з колонами каркаса ВБ.

6. З урахуванням першочергових завдань вітчизняної будівельної індустрії щодо відновлення пошкоджених внаслідок війни та зведення нових об'єктів критичної інфраструктури в умовах існуючої забудови населених місць при технічній неможливості використання в процесах зведення ВБ традиційних кранових технологій актуальним є розробка системи формування КТМ зведення великопрогонових будівель з використанням різноманітних підйомних модулів.

Результати даного розділу дисертації опубліковані у наукових статтях, включених до переліку наукових фахових видань України [137; 186; 209], у наукових статтях інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію [37; 92; 179; 184; 185], в статтях у періодичних виданнях, включених до категорії «А» переліку фахових видань України [109; 188], у статтях у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection [25] та Scopus [187].

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ ТА СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ФУНКЦІЙ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЗВЕДЕННЯ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ БУДІВЕЛЬ

Головною передумовою розробки теоретико-методологічних основ проектування та майбутнього використання КТМ зведення конструкцій великопрогонових будівель, є необхідність в розширенні існуючого теоретичного базиса технології будівельного виробництва, яка обумовлена невирішеною проблемою відносно обґрунтування методів та засобів забезпечення сталого функціонування проектуємих КТМ зведення КВБ в умовах змінюваності будівельних процесів, технологічних параметрів та умов виконання будівельно-монтажних робіт.

Метою справжнього дослідження є створення системи формування КТМ зведення КВБ з використанням ПМ, яка визначає принципи ефективної взаємодії складових моделей зведення в процесі вертикального переміщення блоків ВП на проектну висоту з детальним оцінюванням можливостей розробки, існуючого попиту та подальшого системного вдосконалення КТМ реконструкції пошкоджених та зведення нових ВБ медично-реабілітаційних центрів, логістичних терміналів, промислових цехів в умовах існуючої забудови населених місць і технічної неможливості використання класичних кранових технологій.

2.1 Методика та методи досліджень

Методологія конкретного природно-наукового напрямлення – це наукова сутність самого напрямлення, сукупність використовуваних методів, методик та загальних схем проведення досліджень, принципами яких керуються в процесі досліджень [189]. Проблема підвищення ефективності технології будівництва великопрогонових об'єктів з використанням КТМ зведення, як наукова сутність досліджень, приведених в справжній роботі, передбачає системне комплексне рішення питань, які, в першу чергу, стосуються:

- обґрунтування загального змісту та структури процесів зведення КВБ, їх конструктивно-технологічних складових та міжскладових зв'язків;
- розкриття природньо-наукової сутності процесів та явищ, які лежать в основі перетворень матеріальних елементів (складові несучих та огорожувальних конструкцій) в будівельну продукцію (зведенні великопрогонові будівлі);
- дослідження закономірностей, границь ефективного використання методів зведення та механізмів будівельних процесів, включаючи екстремальні умови виконання робіт, які характерні для відновлення пошкоджених об'єктів критичної інфраструктури;
- розробки оптимізаційних процедур для технологічних рішень відновлення пошкоджених та зведення нових ВБ промислового та цивільного призначення в умовах існуючої забудови населених місць;

Механізм практичного вирішення кожного з перерахованих блоків передбачає проведення процедур оптимізації, а саме, співставлення видатків з отриманими результатами при використанні КТМ зведення та інтегруванням відповідей на наступні питання:

- оцінка ефективності реалізованих конструктивно-технологічних рішень;
- вибір раціональних рішень з можливої сукупності варіантів;
- формування оптимальних конструктивно-технологічних рішень по заданим критеріям ефективності (методи синтезування оптимальних рішень) [76].
- застосування багатопараметричної моделі порівняльного аналізу для обґрунтованого вибору раціональних варіантів КТМ зведення ВБ підйомними модулями.

На закладі визначення моделі, як форми відображення певного фрагменту реальності (предмету, явища, процесу) – оригіналу моделі, яке включає істотні властивості модельованого об'єкту та може бути представлене в абстрактній чи матеріальній формі [190], в справжньому дослідженні технологічний процес будівництва великопрогонових об'єктів розглядався з використанням ПМ, які входили до складу КТМ зведення КВБ. За умови того, що моделювання – це метод відтворення та детального дослідження визначеного «об'єкту - оригіналу» з

використанням його представлення «об'єктом - подібністю» у вигляді предметно-фізичної моделі [77], в справжній роботі при аналізі відомих та формуванні нових варіантів зведення КВБ, увага приділялась аналізу взаємодії підйомних механізмів з вертикальними і горизонтальними конструктивними елементами на протязі всього процесу зведення. Очевидним є виділення з усього різноманіття реалізованих варіантів зведення КВБ саме тих, які задовольняють вимогам оптимізації процесу переміщення ригелів ВП з зони передпідйомного укрупнення в зону проектного закріплення. Саме ПМ, функціонально взаємодіючи з іншими складовими КТМ зведення (колони та ригелі ВП), впливають на ефективність технологічних рішень по зведенню КВБ. При проектуванні та дослідженні функціональних характеристик ПМ автор брав до уваги конструктивно-технологічні принципи дії вітчизняних гідравлічних підйомників ПШ – 330 та ПГ 300, які були успішно використані при зведенні ВП промислових об'єктів [20; 24; 95; 129] та суттєво модифіковані [133-135].

КТМ зведення конструкцій ВБ може бути представлена у вигляді складної функціональної технологічної системи, яка відповідно до сучасних уявлень [190] характеризується проектною цільовою функцією $\Phi = \{Ц, М\}$, що спрямована на реалізацію процесу зведення ВП, та яка визначається ціллю $Ц$ і морфологією $М$ технологічної системи $М = \{S, L_{gr}\}$, як сукупності структури S і внутрішніх сталих зв'язків у вигляді логіки L_{gr} внутрішньої поведінки (правил взаємодії). Загальна структурно-логічна схема створення КТМ зведення КВБ включає:

- системні дослідження, які визначають функціонально-цільовий обрис КТМ;
- дослідження залежності системних властивостей від структури системи та логіки її функціонування, направлене на обґрунтування морфологічного (структурно-функціонального) обліку КТМ;
- процес проектування КТМ з визначенням множини керуємих змін параметрів і характеристик стратегій використання;
- аналіз процесів проектування з метою визначення оптимальних проектних варіантів КТМ, задовольняючих цілям і задачам досліджень.

На закладі розглянутого підходу к формуванню новостворених КТМ зведення КВБ будується методика справжнього дослідження, яка складається з шести основних етапів (рис. 2.1).



Рис. 2.1 Загальна структурно-логічна методика досліджень при створенні системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями

На першому етапі досліджень «Аналіз конструктивних рішень та сучасного стану технології зведення великопрогонових будівель» (рис. 2.2) методом збору та обробки статистичних даних аналізувався розвиток конструктивних рішень ВБ

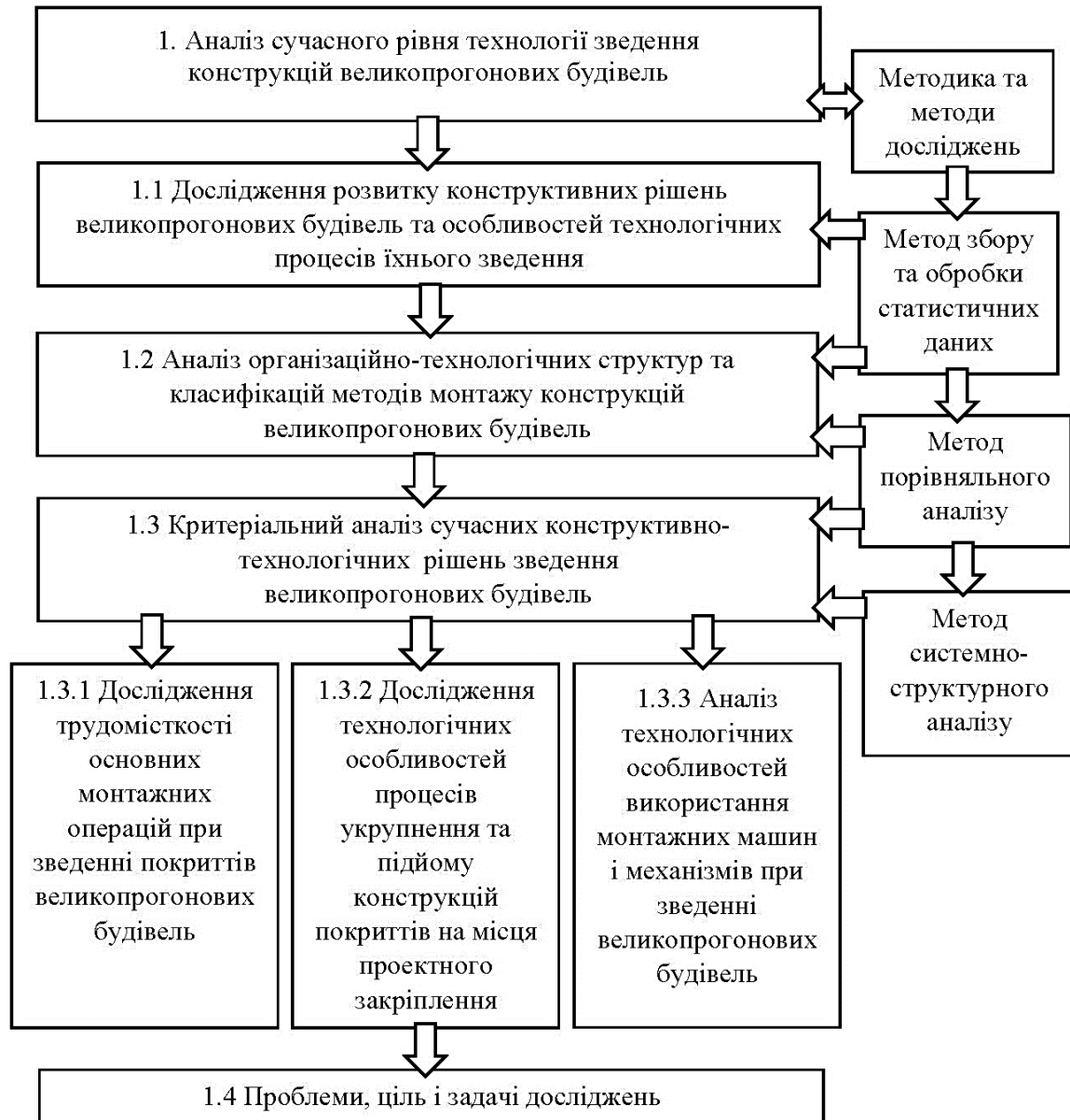


Рис. 2.2 Блок-схема першого етапу методики досліджень

з несучими залізобетонними та металевими конструкціями, виділився сегмент найбільш складних конструктивних складових ВБ для виконання технологічних процесів зведення, якими визначені просторові металеві інтегровані ВП, досліджувались перспективи розвитку конструктивно-технологічних рішень безкранового зведення ВБ в умовах адаптивного будівництва.

Були проаналізовані відомі методологічні підходи до формулювання основних організаційно-технологічних структур та методів монтажу будівельних конструкцій, в першу чергу КВБ. Детально розбирались структурно-логістичні схеми проектування складних технологічних систем, принципи формування ОТС та ММ у відповідності до граничних умов виконання будівельних процесів. Використовуючи сегментаційну процедуру методу порівняльного аналізу та методу збору і обробки статистичних даних зі складових ОТС процесу зведення КВБ відбирались монтажні процеси з показниками найбільшої трудомісткості. Найбільші показники трудомісткості були характерні для операцій по передпідйомному укрупненню конструкцій ВП та підйому великопрогонових покрівельних блоків різного ступеня передпідйомного укрупнення на місця остаточного закріплення.

На закладі конструктивно-технологічних характеристик відомих варіантів зведення ВП, з використанням статистичних даних та проведенням системно-структурного аналізу, були відібрані найбільш ефективні рішення по зведенню ВБ. Метод порівняльного аналізу був використаний при детальному дослідженні технологічних особливостей мобільних, обмежено-мобільних та немобільних монтажних машин та механізмів, задіяних в процесах зведення ВП. Головною вимогою, яка ставилась до досліджуємих підйомних агрегатів, була їхня спроможність виконувати переміщення, попередньо укрупнених, сегментів покрівельних конструкцій на місця проектного закріплення при зведенні нових та відновлення пошкоджених великопрогонових об'єктів в умовах існуючої забудови населених місць. Недоліки та переваги відомих рішень зведення КВБ були враховані при формулюванні цілі і задач досліджень справжньої роботи.

На другому етапі досліджень «Визначення складу та систематизація функцій конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель». була визначена методика та методи досліджень взаємодії ПМ зі складовими КТМ на всіх етапах зведення КВБ. Блок-схема другого етапу досліджень наведена на рис. 2.3. При дослідженні конструктивно-технологічної структури процесів зведення КВБ з загального комплексу технологічних

операцій були виділені саме ті операції, в яких різноманітні підйомні механізми взаємодіяли з горизонтальними та вертикальними конструкціями ВБ, що зводились. Ефективність взаємодії ПМ з колонами та РВП досліджувалась на протязі всього процесу переміщення блоків ВП з рівня передпідйомного укрупнення до рівня закріплення на проектних відмітках.

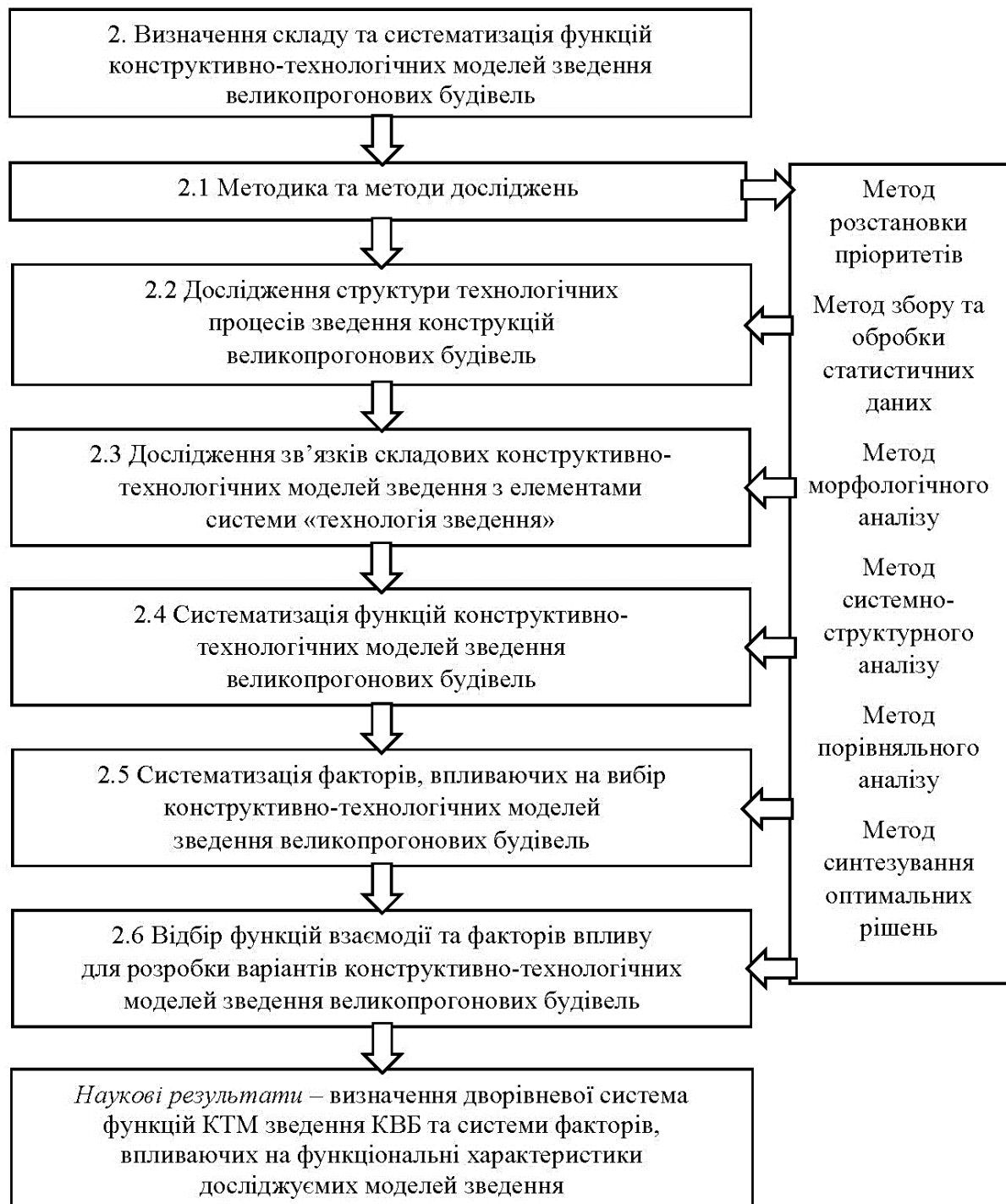


Рис. 2.3 Блок-схема другого етапу методики досліджень

Для дослідження функціональних властивостей КТМ зведення КВБ була використана соціотехнічна модель перетворень, яка за умови виділення з загальної структури «технологія зведення» оператора «підйомні модулі» з дотриманням алгоритму методу дослідження систем, дозволила витворити прямі та зворотні зв'язки у вигляді дій та протидій між операторами «підйомні модулі» та іншими елементами моделі перетворень. З використанням принципу декомпозиції, функціонально-цільовий обрис складових КТМ зведення КВБ розглядався не в своїй конструктивно-технічній формі (компоновки ПМ, збірні чи суцільні колони, РВП), а як сукупність виконуємих функцій F_i та відносин R_i між ними. Головні функції складових КТМ зведення КВБ були представлені у вигляді множини F_i , яка складається з кінцевої кількості зовнішніх та внутрішніх функцій “ n ”, об'єднаних в групи відповідно до характеру взаємодії. З ціллю спрощення процесу побудови системи функцій взаємодії складових КТМ зведення з елементами системи «технологія зведення» була використана модель дворівневої ієрархії, яка складалась з шести основних груп та вісімнадцяти підгруп функцій взаємодії.

На всіх носіїв функцій соціотехнічної системи перетворень, задіяних в процесах зведення КВБ розповсюджується безліч факторів, визначених як фактори впливу. В справжньому дослідженні першочергова увага приділялась тим факторам впливу, які призводять до конкретних змін в конструктивно-технічному рішенні ПМ, як центральних складових КТМ зведення КВБ.

Метод системно-структурного аналізу був використаний для визначення найбільш ефективних технологій, реалізованих при зведенні ЗБ та металевих ВП гідравлічними підйомниками. Відбір оптимальних технологій зведення КВБ робився, в першу чергу, з урахуванням показників швидкості та продуктивності процесів зведення КВБ. З урахуванням переваг та недоліків відібраних варіантів зведення ВП, методом синтезування оптимальних рішень був сформульований структурний характер та відібрані основні функції взаємодії між складовими КТМ зведення КВБ, визначені основні фактори впливу на конструктивно-технічні рішення ПМ, задіяні в процесах зведення.

Науковий результат другого етапу досліджень – це визначенні та сформульовані дворівнева структура функцій взаємодії складових КТМ зведення КВБ з використанням ПМ та система факторів, впливаючих на властивості функцій взаємодії.

Відповідно до методики досліджень справжньої роботи, на третьому етапі «Формування та дослідження складових конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель» (рис. 2.4) були сформовані та детально досліджені основні групи КТМ зведення ВП підйомними модулями.

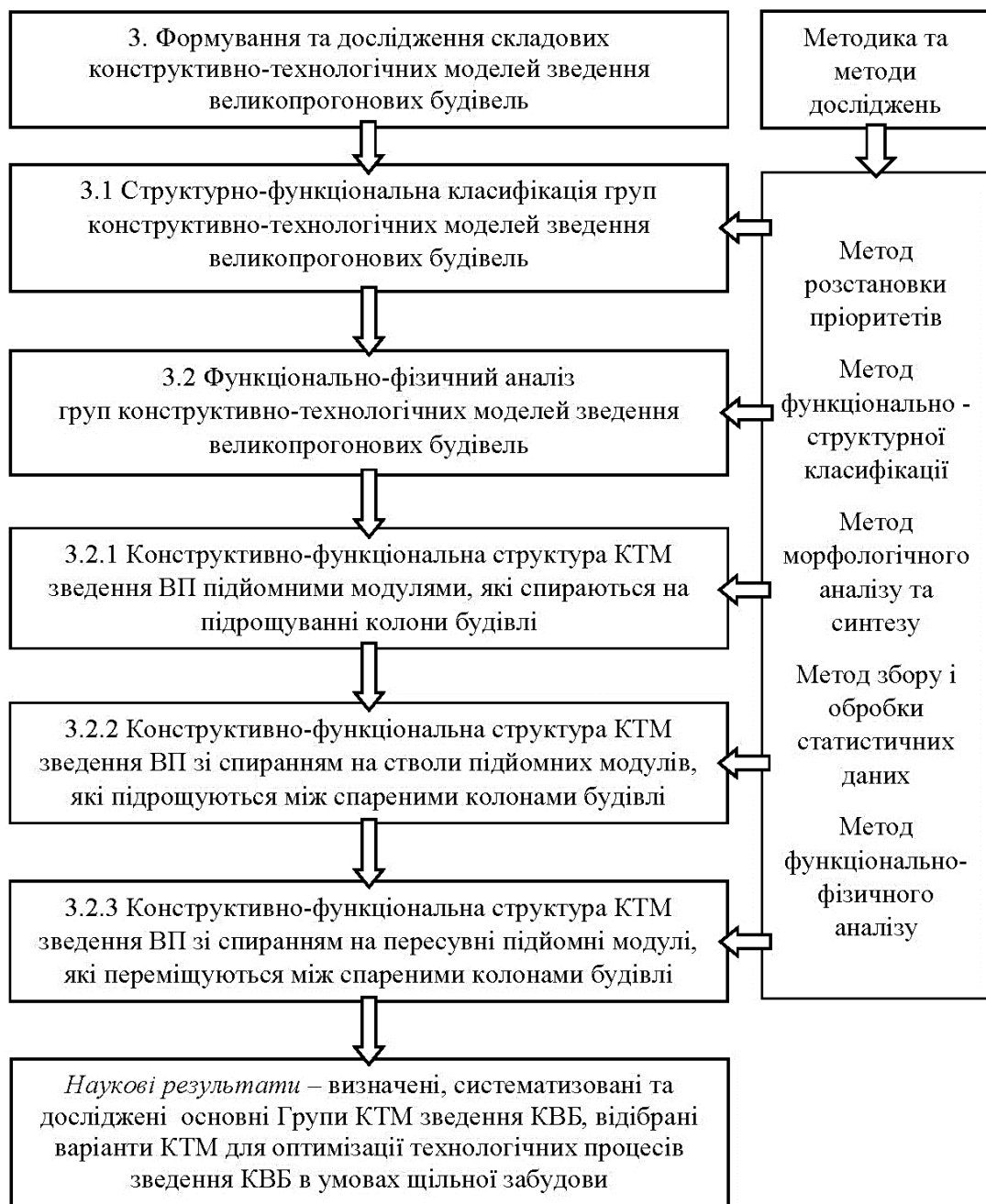


Рис. 2.4 Блок-схема третього етапу методики досліджень

Для цього, в соціотехнічній моделі перетворень, з використанням принципу декомпозиції, кожна з підгруп $f_{5,1}$ « Спирати РВП в передпідйомний та підйомний фазах зведення КВБ », $f_{5,2}$ « Переміщувати РВП в вертикальній площині з зони передпідйомного укрупнення ВП в зону закріплення блоків ВП в проектному положенні », $f_{5,3}$ « Фіксувати проміжне положення РВП при зупинках в процесі підйому » внутрішньої функції F_5 « Взаємодія між складовими КТМ зведення ВП » була розділена на функції наступного рівня, які для багатоваріантних складових КТМ зведення ВП чітко ідентифікують функції технологічного призначення кожної окремої складової КТМ та транспарентно відображають сутність функціональної взаємодії між складовими КТМ на всіх етапах зведення ВП з рівня передпідйомного укрупнення на монтажних стендах до рівня закріплення в проектному положенні на оголовках несучих колон каркасів ВБ, що зводяться.

Використовуючи декомпозицію складної технологічної системи S_A «Зведення КВБ» на підсистеми $a_1 \div a_3$, з акцептуванням розгорнутої структури функції F_5 (складові підгруп функцій взаємодії $f_{5,1} \div f_{5,3}$), наочно відображаючих функціональну взаємодію φ_{Ai} між складовими КТМ на всіх етапах зведення КВБ, були визначені основні Групи $A1 \div A7$ КТМ, кожній з яких притаманна функціональна особливість Q_{ri} , з параметрами r_{1i}, r_{2i}, r_{3i} . Багатоваріантної функціональна взаємодія між складовими КТМ дозволила сформулювати методи зведення КВБ, які використовуються відповідними Групами КТМ, це - нижнє підрощування колон будівлі ($Gr.A1$), стендове підрощування колон будівлі ($Gr.A2$), верхнє підрощування колон будівлі ($Gr.A3$), нижнє підрощування колон будівлі і монтажних стовпів ($Gr.A4$), верхнє підрощування колон будівлі і монтажних стовпів ($Gr.A5$), спирання РВП на збірні стовпи ПМ, які підрощуються в просторі між спареними суцільними колонами будівлі ($Gr.A6$), спирання РВП на пересувні ПМ, які переміщуються в просторі між спареними колонами будівлі ($Gr.A7$).

Синтез особливостей функціональної взаємодії, характерних для складових моделей зведення Груп $A1$ та $A2$, передбачаючих концентрацію всіх процесів по підрощуванню колон будівлі в комфортних умовах на рівні фундаментів, та Груп

А4 та А5, для яких принциповою умовою являється почергова взаємодія ПМ з підрощуваними секціями колон будівлі та монтажних колон, був використаний при випрацюванні концепту Групи А6, для всіх варіантів якого обов'язковим являється інтеракція секцій підрощуваних стовпів ПМ з суцільними колонами будівлі на всіх етапах зведення блоків ВП.

З використанням методів функціонально-фізичного аналізу, збору статистичних даних, порівняльного аналізу конструктивно-технологічних характеристик варіантів зведення ВП, морфологічних таблиць варіантів КТМ зведення ВП, було проведено дослідження 17 можливих варіантів Груп А3, А6, А7 КТМ безкранового зведення КВБ з використанням ПМ.

Синергія переваг функцій технологічного призначення складових КМТ зведення КВБ та функцій взаємодії між складовими КТМ, характерна для відібраних варіантів зведення ВП, а саме, спирання РВП на, підрощуванні зверху, колони будівлі (Вар.3а Гр.А3), спирання РВП на стовпи ПМ, які підрощуються ПМ, розміщеним на фундаментах між спареними колонами будівлі (Вар.6g Гр.А6), спирання РВП на пересувні ПМ, які переміщуються між спареними колонами будівлі (Вар.7b Гр.А7), має бути врахована при розробці оптимальної КТМ для відновлення пошкоджених або зведення нових великопрогонових об'єктів критичної інфраструктури з використанням ПМ в умовах існуючої забудови населених місць.

Відповідно до методики досліджень справжньої роботи, на четвертому етапі «Дослідження компоновок підйомних модулів та закономірностей їх формування» (рис. 2.5) у соціотехнічній системі перетворень для відібраних варіантів 3а, 6g₂ та 7b груп КТМ зведення КВБ були спочатку визначенні та сформовані силові та конструктивні складові довільного ПМ. Функціонально-цільовий обрис компоновок підйомних модулів (КПМ), використовуваних при зведенні КВБ був представлений не в конструктивно-технічному форматі, а як ієрархічна дворівнева система функціональної взаємодії між елементами КПМ. При цьому, верхній рівень ієрархії представлена функціональна взаємодія між блоками «Механізми підйому та фіксації» та «Конструктивні елементи»

компоновок ПМ. На нижньому рівні ієрархії багатоваріантно функціонально взаємодіють компоненти блоків компоновок (КБК) «Механізми підйому та фіксації» і «Конструктивні елементи» підйомних модулів.



Рис. 2.5 Блок-схема четвертого етапу методики досліджень

За умови декомпозиції функцій взаємодії між елементами КПМ стало можливим акцептування залучення домкратів і гідроциліндрів (компоненти блоку КПМ «Механізми підйому та фіксації») та платформ, опорних рам, фіксаторів підйому (компоненти блоку КПМ «Конструктивні елементи») до фаз ітераційного циклу покрокового вертикального переміщення РВП, а саме:

- передпідйомного спирання РВП на платформи ПМ;

- примусового виштовхування РВП силовими механізмами ПМ;
- утримання РВП та платформ ПМ в післяпідйомній фазі.

На рівні функціональної взаємодії між компонентами блоків КПМ згідно з підфункціями $f_{6.1}, f_{6.2}, f_{6.3}$ функції внутрішньої взаємодії F_6 соціотехнічної системи перетворень для досліджуваних варіантів груп КТМ визначена структурно-логічна залежність конструктивно-технологічного наповнення та функціонального призначення КПМ від особливостей методів зведення КВБ — верхнього підрощування колон каркаса (група А3), нижнього підрощування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса (група А6) та переміщення ПМ між спареними колонами каркаса (група А7).

Синергія несучих властивостей збірних підрощуваних колон каркаса (варіант 3а) або суцільних спарених колон каркаса (варіанти 6g₂, 7b) — як основних складових КТМ — та властивостей сприйняття навантаження від РВП пересувними платформами домкратів чи гідроциліндрів (компоненти КПМ) дозволила змодельовати процеси зведення КВБ, у яких залежно від методу переміщення РВП на проектну висоту, в технологічні процеси вертикального переміщення опорних частин великопрогонових блоків покриттів (ригелів ВП) залучаються один або два пересувних опорних диска, утворені компонентами блоків «Механізми підйому та фіксації» та «Конструктивні елементи» КПМ.

Були змодельовані процеси зведення КВБ з використанням багатоваріантних КПМ, залучених в вертикальне переміщення РВП з рівня передпідйомного укрупнення на монтажних стендах на рівень закріплення на проектній висоті. Методом модельного аналізу встановлено, що використання одного пересувного опорного диска, який сприймає навантаження від піднімаємого РВП, є актуальним для КТМ зведення КВБ методами підрощування (верхнього підрощування колон каркаса та нижнього підрощування стовпів ПМ між спареними суцільними колонами каркаса). Два пересувних опорних диски, що по чергово сприймають навантаження від РВП, акцептуються при формуванні

елементів КТМ зведення КВБ методом переміщення ПМ між суцільними спареними колонами каркаса.

Почергова функціональна взаємодія між компонентами блоків КПМ (пересувними опорними дисками) - як основними складовими КТМ зведення КВБ та спареними суцільними колонами каркаса при покроковому циклічному переміщенні РВП від рівня фундаментів до проектного закріплення дозволяє сформулювати теоретичні та інструментальні основи для вирішення ключової проблеми вітчизняної урбаністики - адаптивного будівництва та реконструкції пошкоджених внаслідок бойових дій великопрогонових будівель в умовах обмеженого простору.

Виконання всього комплексу робіт зі зведення КВБ підйомними модулями, елементи компоновок яких функціонально взаємодіють з колонами каркаса при підйомі РВП, дає змогу зменшити розміри будівельного майданчика до габаритів ВП, на якому блоки ВП попередньо укрупнюються кранами на монтажних стендах та потім переміщуються в вертикальній площині безкрановими методами з використанням підйомних модулів.

Відповідно до методики досліджень, на п'ятому етапі «Дослідження процесу оптимізації конструктивно-технологічних рішень зведення великопрогонових будівель» (рис. 2.6) обґрунтовано та реалізовано оптимізацію КТМ зведення КВБ підйомними модулями для умов обмеженого простору з роботизованою завершальною фазою підйому опорних рам та ригелів ВП між спареними колонами каркаса. На основі аналізу результатів попередніх розділів дослідження та з урахуванням першочергових задач, які стоять перед будівельною індустрією по відновленню пошкоджених внаслідок бойових дій та зведенню нових КВБ в умовах щільної забудови, сформульовані базові критерії оптимізації КТМ. Цими критеріями являються адаптивність до умов обмеженого технологічного простору, складність та трудомісткість процесу зведення КВБ, тривалість фаз циклу підйому ригелів ВП та рівень безпеки висотних монтажних робіт при підйомі РВП та закріпленні ВП в проектному положенні.

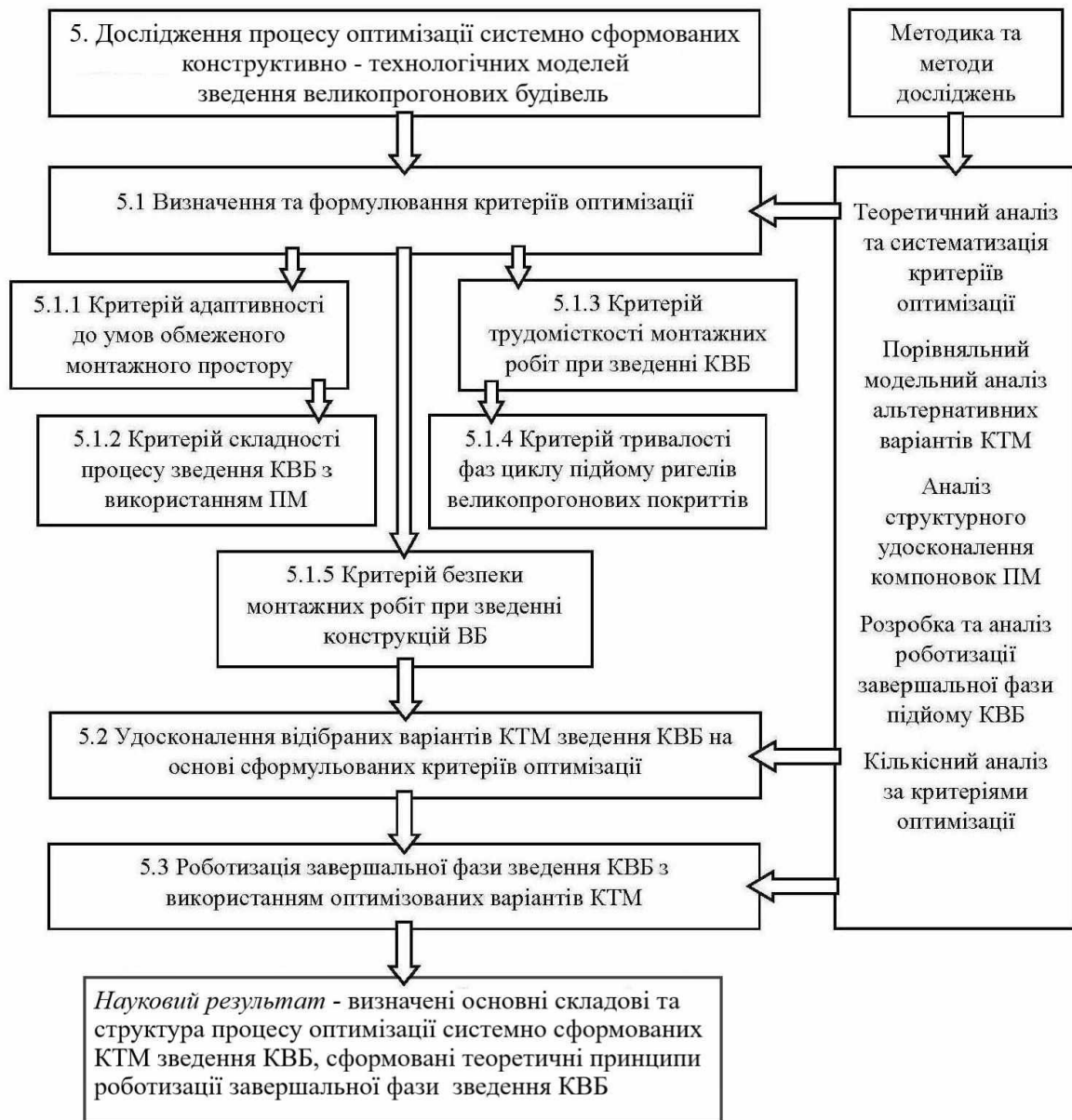


Рис. 2.6 Блок-схема п'ятого етапу методики досліджень

З урахуванням критерія адаптивності процесів зведення КВБ до умов варіант КТМ зведення КВБ методом верхнього підрозування колон каркаса визнаний неконкурентоспроможним через необхідність залучення до процесів демонтажу ПМ потужних кранів, які переміщуються за контуром стін ВБ.

За критерієм складності процесу підйому РВП удосконалено варіант КТМ зведення КТМ методом підрозування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса. В утвореному варіанті спрощено конструкцію ПМ за рахунок використання пересувних опорних балок ПМ для сприйняття навантаження від підрозуваних стовпів ПМ. Функціональна взаємодія між компонентами боків

«Механізми підйому та фіксації» та «Конструктивні елементи» КПМ в новому варіанті $6g_3$ в порівнянні з базовим варіантом $6g_2$ дозволила скоротити кількість монтажних операцій в фазах циклу підйому РВП на 30 % .

Порівняльний модельний аналіз варіантів $6g_2$ та $6g_3$ групи А6 КТМ за критеріями складності та трудомісткості процесу зведення КВБ, тривалості фаз циклу підйому ригелів ВП показав значну перевагу варіанту $6g_3$, яких характеризується меншою складністю та трудомісткістю монтажних операцій за умови зменшення тривалості циклу підйому РВП та вищої адаптивності до обмеженого монтажного простору при збереженні необхідного рівня безпеки.

Роботизація завершальної фази підйому ВП реалізується за допомогою запропонованого технічного рішення, згідно з яким опорні рами та ригелі ВП у фазі передпідйомного укрупнення спираються на пересувні монтажні платформи (ПМП). Останні закріплюються на верхніх платформах крокових ПМ (варіант $7b_2$) або на оголовках підрощуваних стовпів ПМ (варіант $6g_4$).

Синергія функціональної взаємодії ПМП, що забезпечують переміщення в горизонтальній площині (поздовжньому та поперечному напрямках відносно монтажних осей) з пересувними ПМ або оголовками підрощуваних стовпів ПМ, здійснюючих вертикальне переміщення РВП, дозволяє виконувати просторове позиціонування опорних рам та ригелів ВП у трьох площинах. Вказана синергія дозволяє звести до мінімуму знаходження монтажників в зоні підвищеного ризику на значних висотах за умови виконання мануальних операцій тільки при остаточному закріпленні РВП в проектному положенні між оголовками спарених колон каркаса ВБ, що зводиться.

Відповідно до методики досліджень, на шостому етапі «Аналіз створеної системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями » узагальнено теоретичні основи створеної системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями. Система представляє собою цілісний науково-технологічний комплекс, що базується на представленні КТМ як сукупності функцій багатоваріантної взаємодії основних складових КТМ з елементами соціотехнічної системи

перетворень, з подальшою декомпозицією цих функцій на дворівневу ієрархію та цілеспрямованим конструюванням ПМ, призначених для виконання виділених функцій за умови відповідності ієрархії результатів попередньо визначеним параметрам технологічного призначення.

Система акцептує ієрархічну дворівневу функціональну взаємодію, морфологічний та критеріальний підхід при формуванні варіантів КТМ, послідовну оптимізацію технологічних процесів вертикального переміщення ВП та роботизацію завершальної фази підйому ригелів ВП. Створена система відкриває перспективи використання оптимізованих варіантів КТМ в умовах адаптивного будівництва підйом технологічного обладнання в закритих приміщеннях, де використання класичних кранових технологій неможливе, реконструкцію об'єктів у щільній забудові з мінімальною присутністю персоналу на висоті та скороченням тривалості циклів підйому на 20–30 %.

2.2 Дослідження структури технологічних процесів зведення конструкцій великопрогонових будівель

При дослідженні структури технологічних процесів зведення КВБ в загальному комплексі операцій та процесів були виділені ті, які пов'язані з вертикальним переміщенням блоків покрівельних конструкцій з рівня передпідйомного укрупнення на монтажних стендах до рівня остаточного закріплення елементів покриттів в проектному положенні з використанням монтажних машин і механізмів методами вільного чи примусового підйому.

Велику увагу в дослідженнях структури технологічних процесів зведення різноманітних великопрогонових будівель присвятили видатні вітчизняні та закордонні вчені Будніков М. С. [38], Таукач Г. Л. [49], Нижниковский Г. С. [54], Літвінов О. О. та Беяков Ю. І. [60], Черненко В. К. [27; 28; 29; 34; 71], Тонкачєєв Г. М. [63; 76-77], Федоренко П. П. [24], Назаренко В. Ф. [20; 132], Колесниченко В. Г. [59], Ругл Х. [7], Ровінский Л. [46], Кінтли Б. [61-62].

Технологічний процес зведення КВБ може бути представлений, як елемент системи перетворень, при якому предмети праці (складові несучих та огорожувальних конструкцій) перетворюються в продукцію (зведенні споруди

та будівлі) за попереднє розробленим алгоритмом, який визначає режим, склад та способи виконання процесів перетворень. В технологічних процесах предмет праці може зазнавати зміни форми, розмірів, структури під впливом знарядь праці, в т.ч. підйомних механізмів. В процесах зведення ЗБ та металевих КВБ використовуються переважно фізичні дії. Для визначення функціональних вимог до механізмів, задіяних в зведенні конструктивних елементів ВБ, спочатку необхідно визначитись з технологічною послідовністю процесів зведення КВБ та відібрати всі можливі зв'язки підйомних механізмів з конструкціями будівель, що зводяться.

При побудові моделі технологічної системи предмет дослідження можливо представити, як сукупність дій, визначаючих технологію зведення КВБ. Існують великі розбіжності в підходах до моделювання систем, в визначенні властивостей науково-технічного та соціотехнічного типів моделей [76].

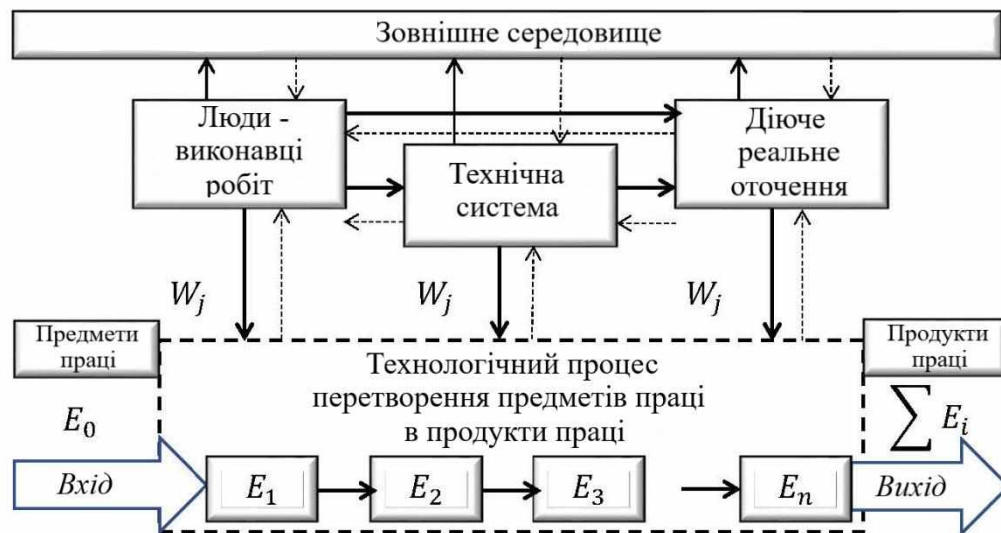
Науково-технічний тип моделей відноситься до систем, які зосереджені на технологічних та інженерних аспектах, застосовуючи кількісні методи вивчення та аналізу різних процесів. Головний недолік технічного типу моделі полягає в тому, що вона не враховує ні умов походження, ні умов застосування технічних елементів. Технічні моделі виключають можливість відкриття нових функцій, які могли б бути реалізовані за допомогою інженерних інструментів. В рамках технічної моделі також не допускаються функціональні заміни. Наприклад, конструктор приймає формулювання функцій, як незмінні дані. При проектуванні, навіть доскональної моделі, по алгоритму технічного моделювання, проєктант не розглядає варіант створення нової моделі з новою функцією, яка б могла комплексно покращити новостворювану технічну систему [77]. При розробці нових моделей до уваги не беруться будівельники-монтажники та оператори підйомних механізмів, які згідно з науково-технічною моделлю перетворень, співпрацюють з технічними предметами. Враховуючи те, що досліджувані в цій роботі підйомні механізми, як складові конструктивно-технологічних моделей зведення КВБ, відносяться до знарядь праці, з якими

безпосередньо пов'язані монтажники, задіяні в процесах зведення КВБ, технічний тип моделі перетворення не розглядається в даному дослідженні.

Соціотехнічний тип моделей поєднує в собі елементи як технологічних, так і соціальних систем з урахуванням людських факторів і організаційних аспектів в контексті технології будівельного процесу.. Це дозволяє краще зрозуміти взаємодію між технологіями та соціальними системами.

Вперше соціотехнічний тип моделі був запропонований чеським вченим Хубкой В. В рамках наукового вчення про конструювання була здійснена спроба подолати обмеженість науково-технічного типу моделі, використовуючи розширення його меж. Відправною точкою побудови моделі є не штучний предмет, відповідний певній меті, а процес перетворення, який формується людиною (в загальному сенсі), щоб змінити існуючий стан світу задля задоволення людських потреб. Існує процес трансформації, який моделюється спочатку як система. Стани, які проходять перетворення, в моделі називаються операндами. Перетворення відбуваються завдяки тому, що різні оператори впливають на операндів. Оператори підрозділяються на три класи і водночас представляють собою систему. Це – людина, технічна система та діюче оточення. Згідно з теорією Хубки, технічна система виступає лише, як складова частина загальної моделі. Переваги соціотехнічної моделі в тому, що фактично долається обмеженість науково-технічного типу моделі. Саме з цих міркувань, таке представлення моделі прийнятне для дослідження технологічних процесів зведення КВБ з використанням КТМ, до складу яких входять ПМ, колони та РВП. Використовуючи соціотехнічний тип моделі процес зведення КВБ може бути абстрактно представлений, як процес послідовного перетворення предметів праці (окремі конструктивні складові фундаментів, колон, міжколонних балок і зв'язків, ВП) в продукти праці (великопрогонові каркасні ЗБ та металеві будівлі) (рис. 2.7).

Згідно соціотехнічного типу моделі перетворень операндами системи є вертикальні та горизонтальні КВБ, що зводяться. Оператор «Діюче реальне оточення» охоплює всі джерела зовнішніх впливів в найближчому оточенні



E_i i -е властивість перетвореного предмета праці;

W_i i -е впливання виконавців на предмети праці в процесі перетворення

Рис. 2.7 Принципова соціотехнічна модель перетворення предметів праці в продукти праці (опрацювання автора)

робочих місць виконавців, які задіянні в процесах зведення ВБ. До складу оператора діючого реального оточення входять тільки ті елементи оточення, які мають зв'язки з елементами системи перетворень. В даній роботі дослідження технологічних процесів виконувалось за умови відбору з елементів діючого реального оточення тих елементи, на які впливають складові КТМ зведення ВБ.

Зовнішнє оточення системи перетворень може бути визначене складовими часу та місця виконання будівельно-монтажних робіт, рівнем розвитку техніки, задіяною в процесах зведення будівель, принципами ефективності та конкурентоспроможності використовуваних механізмів та машин. Головним продуктом праці в будівництві, який з'являється в результаті перетворення предметів праці, є будівля. В справжньому дослідженні перетворення окремих конструктивних елементів ВБ в зведенні КВБ відбувається з використанням ПМ, які розглядаються у якості основних монтажних механізмів з широким діапазоном функціонального наповнення (сприйняття ПМ навантаження від РВП на рівні монтажних стендів, вертикальне переміщення РВП на проектну висоту з тимчасовим спиранням ПМ на опоні поверхні колон каркасів чи на напрямні

профілі, горизонтальне переміщення ПМ ригелів ВП при наведенні і остаточному закріпленні покриттів на оголовках спарених колон каркасу ВБ).

Технологічний процес в принциповій соціотехнічній системі перетворень охоплює всі складові системи перетворень та може бути представлений власною системою у вигляді структури. До складу структури кожного технологічного процесу зведення КВБ входять відповідні структурні елементи, які визначаються як елементи нижчого порядку.

Так множина T_1 складається з підмножин $T_1 = \{T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1a}\}$, де a - кінцеве число підпроцесів, які входять до складу основного процесу.

Для утворення вертикальних та горизонтальних несучих конструкцій ВБ використовуються переважно ЗБ та метал. Варіанти сучасних ЗБ каркасів ВБ підрозділяються на монолітні та збірно-монолітні. Також, можливі комбінаційні варіанти несучих конструкцій ВБ з використанням металу та ЗБ. Модель структури технологічного процесу зведення каркасів ВБ може бути представлена у вигляді множини технологій зведення :

TZ_1 - несучий просторовий каркас зі збірного ЗБ;

TZ_2 - несучий просторовий каркас з монолітного ЗБ;

TZ_3 - несучий просторовий каркас з металевих конструкцій;

TZ_4 - несучий просторовий каркас зі збірних ЗБ вертикальних конструкцій та монолітних ЗБ горизонтальних конструкцій;

TZ_5 - несучий просторовий каркас з металевих вертикальних конструкцій та монолітних ЗБ горизонтальних конструкцій;

TZ_6 - несучий просторовий каркас з металевих вертикальних конструкцій та збірних ЗБ горизонтальних конструкцій;

TZ_7 - несучий просторовий каркас зі збірних ЗБ вертикальних конструкцій та металевих горизонтальних конструкцій;

TZ_8 - несучий просторовий каркас з монолітних ЗБ вертикальних конструкцій та металевих горизонтальних конструкцій.

Багатоваріантна модель структури технологічного процесу зведення ВБ з урахуванням структурних елементів нижнього порядку наведена на рис. 2.8 .

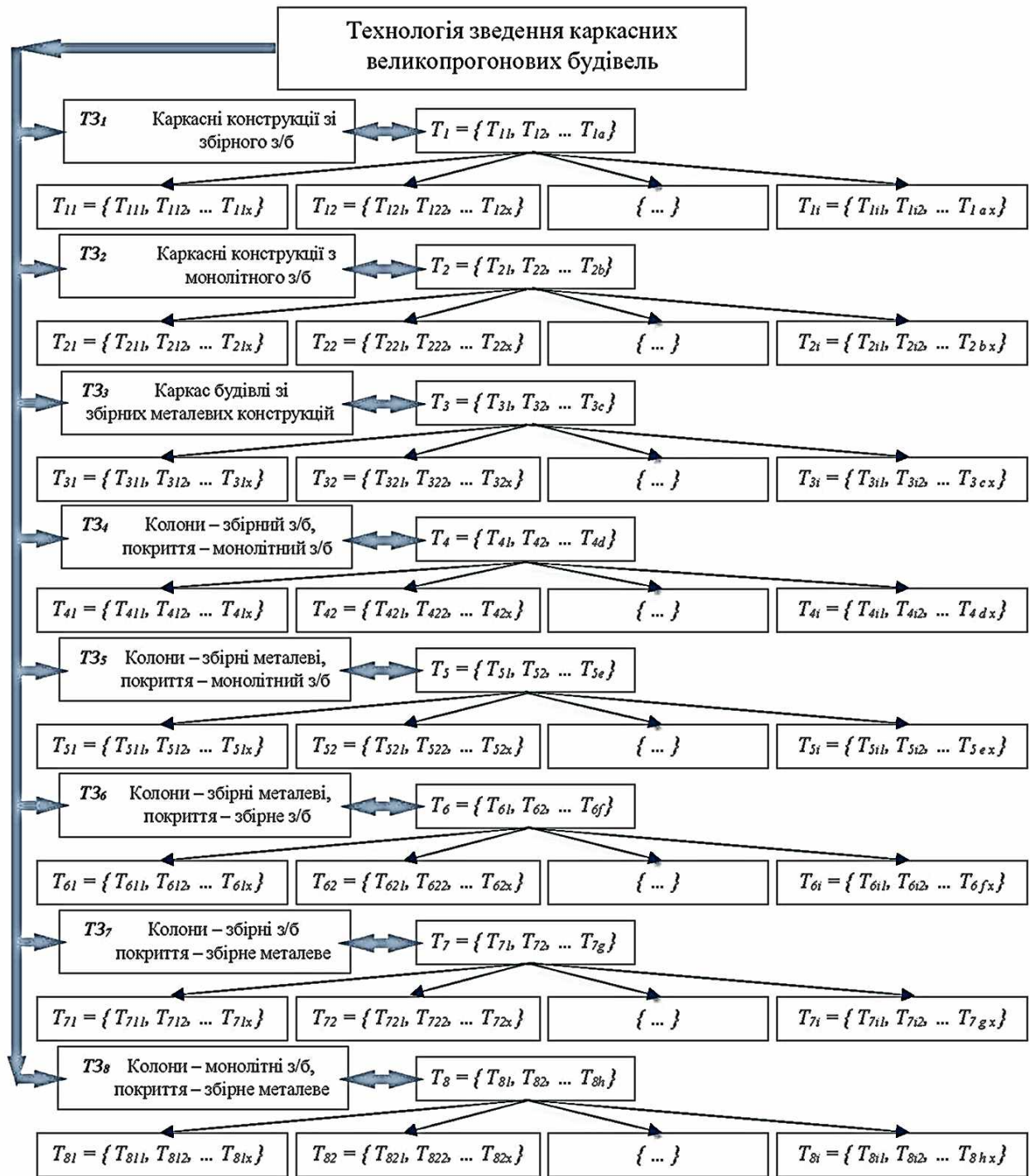


Рис.2.8 Модель структури технологічного процесу зведення каркасних ВБ

До складу кожного технологічного процесу зведення КВБ входять структурні елементи, які визначаються як елементи нижчого порядку.

Використовуючи метод перетинання множин з усіх множин відбираються загальні структурні складові та, як результат, отримуються сукупності структурних елементів. До отриманих сукупностей структурних елементів відносяться операції, зв'язані зі зведенням вертикальних та горизонтальних

складових конструкцій ВБ. Така сукупність загальних структурних елементів утворює множину фізичних операцій (ФО), передбачаючих перетворення предметів праці (конструктивних складових ВБ) в продукти праці – об’єкти (зведенні залізобетонні чи металеві великопрогонові будівлі).

$$FO = \{T_1 \cap T_2 \cap T_3 \cap T_4 \cap T_5 \cap T_6 \cap T_7 \cap T_8\}, \quad (2.1)$$

Наприклад, технологія зведення ВБ зі збірними вертикальними та горизонтальними металевими конструкціями T_3 складається з великої кількості операцій, пов’язаних з переміщенням в межах будівельного майданчика та встановленням в проектне положення складових вертикальних (колони, міжколонні зв’язки) та горизонтальних (просторові великопрогонові покрівлі, вітрові балки) каркасних конструкцій. Вказані операції по характеру свого виконання можуть бути віднесені до монтажних операцій і процесів [60].

В теорії технологічних процесів найменшим структурний елементом технологічної операції є *рух* [48], що визначається, як однократне безперервне переміщення органів людей (наприклад - просторові повороти рук, ніг, тулуба, голови) та робочих органів машин (наприклад - поворот стріли та підйом крюка крана, підйом штока гідродомкратної установки). При проектуванні технології будівництва розглядати процес на рівні рухів дуже складно по причині постійно змінюваного характеру будівельного виробництва. Для порівняння, в галузі машинобудування з запрограмованим константним набором операцій, які входять до складу технологічного циклу, дослідження процесів на рівні рухів не представляється складною задачею. Комплекс технологічно пов’язаних рухів, об’єднаних єдиної ціллю зміни одиничної властивості предмету праці, визначається, як *операції*.

В проектуванні технології будівництва операція прийнята в якості неподільного елементу структури технології [34]. В результаті виконання однієї операції на виході з системи перетворень отримуємо продукт праці у вигляді зміненої одиничної якості предмету праці. З цих міркувань, на *першому рівні структури технологічного процесу* розташовуються окремі операції, які можуть бути представлені у вигляді математично рівняння

$$\Phi O = \{O_j\}, \text{ де } O_j = E_j - E_{j-1} = \bigcup_i^n W_i, \quad (2.2)$$

де O_j – j -а операція по змінненню одиничної властивості об'єкту;

$\bigcup_i^n W_i$ – сукупність дій в процесі виконання операцій.

Підйомні модулі, передбачені для виконання окремих операцій процесу, визначають загальну структуру складових КТМ зведення з/б чи металевих конструкцій ВБ.

На *другому рівні структури технологічного процесу* зведення КВБ заходиться початковий простий процес, який представляє собою сукупність узгоджених операцій. Процес, на відміну від операції, може бути розірваний у часі. Кожен з розривів в процесі характеризує технологічні та організаційні перерви [49]. В результаті виконання простих процесів на виході з системи перетворень отримуємо продукт праці у вигляді, попередньо укрупнені на монтажних стендах, складові конструкцій ВП, підняті до рівня оголовків колон несучого каркасу будівлі.

Другий рівень структури процесу перетворень може бути описаний наступною множиною

$$T_i = \bigcup_j^n O_j, \quad (2.3)$$

де T_i – множина операцій O_j , необхідних для виконання i -го простого процесу.

В справжньому дослідженні для створюваних об'єктів продуктом праці виступає i – тип елементу покриття, з якими підйомні модулі, взаємодіючи з суцільними чи збірними колонами, виконують послідовні дії, змінюючи сукупність властивостей предмету праці (конструктивні елементи ВП, які спочатку визначаються, як *окремі конструкції* в зоні укрупнення на стендах, після переміщення на проектну висоту зі спиранням на ПМ, перетворюються на *цілісну конструкцію великопрогонової покрівлі*). Розглядуваний продукт праці може бути описаний наступною множиною

$$P_i = \bigcup_j^n E_j, \quad (2.4)$$

де P_i – продукт (результат) i -ого простого процесу.

Третій рівень структури технологічного процесу – це складний комплексний процес, який ділиться на сукупність узгоджених простих процесів. В результаті виконання складних процесів на виході з соціотехнічної моделі перетворень отримуємо продукт праці у вигляді конструкцій ВП, остаточно закріплених на оголовках колон несучого каркасу у відповідності з проектом. Конструкції ВП, остаточно закріплені на оголовках колон, являють собою горизонтальну складову каркасу ВБ, а процес їхнього переміщення з зони укрупнення в зону проектного закріплення та остаточно фіксація ВП в проектному положенні може бути визначений як *«спеціалізований потік зведення несучих горизонтальних конструкцій ВБ»*. Третій рівень структури перетворень може бути описаний наступними множинами

$$T_r = \bigcup_i^m T_i = \bigcup_i^m \bigcup_j^n O_{ij} , \quad (2.5)$$

$$P_r = \bigcup_i^m P_i = \bigcup_i^m \bigcup_j^n E_{ij} , \quad (2.6)$$

де T_r - множина операцій r – складного комплексного процесу;

P_r – продукт – результат r -го складного комплексного процесу.

На *четвертому рівні структури технологічного процесу* розташована сукупність складних процесів, продуктом якої є великопрогонова будівля промислового чи цивільного призначення, здана в експлуатацію. Вся багатоступенева сукупність технологій та спеціалізованих потоків четвертого рівня соціотехнічної моделі перетворень містить чітко встановлений кінцевий перелік операцій. Зі згаданого переліку операцій в справжній роботі особлива увага приділяється взаємодії підйомних модулів, як головних складових КТМ зведення, зі збірними чи суцільними колонами та опорними ригелями ВП.

Послідовність процесів зведення КВБ детально відображена в роботах провідних вітчизняних та закордонних вчених [46; 50; 54; 57; 64; 67; 68; 132; 191]. На основі вивчення цих джерел, а також виконаного автором аналізу структури відповідного технологічного процесу [94; 186; 187], логічним буде висновок про те, що процесам зведення притаманні відносно постійні структури складових, які включають незмінний перелік операцій при укрупненні елементів ВП на низьких стендах та подальше переміщення сегментів ВП різного рівня передпідйомного

укрупнення в зону остаточного закріплення на оголовках колон каркасу ВБ, що зводиться..

В розрізі досліджень справжньої роботи, акцент ставився саме на взаємодію ПМ, як головних складових КТМ зведення, з несучими ригелями ВП під час просторового переміщення останніх з рівня фундаментів (рівень стендів передпідйомного укрупнення з $H_{max} \leq 2,5$ м) до рівня наведення, первинного встановлення, вивірювання та остаточного закріплення на оголовках проектних колон (висотні відмітки $14,0 \text{ м} \leq H_{design} \leq 38,0 \text{ м}$).

При наявності обмеженої кількості операцій, використовуючи методи синтезу, можливо сформувати множину процесів в відповідності до рівнянь (2.5) та (2.7). Беручи до уваги те, що ПМ реалізують функції процесу на рівні операцій, процес функціонального структурного синтезування складових довільної КТМ зведення ВП може бути виконаний з урахуванням функцій багатоваріантної взаємодії підйомних модулів з суцільними чи збірними колонами ВБ в процесі вертикального переміщення покрівельних конструкцій різного рівня передпідйомного укрупнення на місця остаточного закріплення. При цьому, складові КТМ, задіяні в монтажному процесі, і визначають загальне функціональне призначення КТМ. Структурне наповнення КТМ залежить від потреб монтажного характеру, що висуваються до операцій технологічного процесу зведення ВП.

Операції, з яких складаються технологічні процеси при зведенні КВБ, пов'язані між собою структурною (логічною) та часовою послідовностями. Якщо операція була виконана з отриманням, передбаченого алгоритмом технологічного процесу, проміжного стану предмету праці (конструктивних складових ВБ), то після цього розпочинається наступна операція ланцюжка технологічної послідовності процесу зведення КВБ. При розгляданні одиничного простого процесу це положення справедливе лише за умови, що розглядаються робочі операції, визначенні як *основні операції*.

Суміщення операцій в проміжку часу для одного простого процесу можливе для операцій, які визначаються як головні (першочергові) та допоміжні

(другочергові) [76]. В розрізі досліджень справжньої роботи дії, пов'язані з переміщенням конструкцій ВП підйомними модулями з рівня укрупнення на низьких стендах до рівня остаточного закріплення на оголовках колон каркасу, можуть бути визначені, як *головні операції* [192-194]. Операції по почерговій передачі навантаження від підйомних модулів і ВП в процесі вертикального переміщення на опорні елементи поверхні колон каркасу чи на напрямні профілі, закріплені на колонах каркасу, можуть бути визначені, як *допоміжні операції* [195; 196]. Відомі методи організації технологічних процесів зведення, а саме послідовний, паралельний та поточний [35; 197] можуть бути акцептовані при розробці наповнення КТМ з врахуванням конструктивно-технологічних вимог до гідроциліндрів односторонньої та двосторонньої дії, як компоновок ПМ, задіяних в переміщенні РВП в вертикальній площині (підйом з рівня монтажних стендів до рівня оголовків колон) та горизонтальній площині (вивіряння, наведення, первинне встановлення та остаточне закріплення РВП в проектному положенні на оголовках колон). Аналіз згаданих основних і допоміжних операцій дозволяє зробити висновок, що технологічний процес зведення КВБ може бути представлений, як багатоваріантна сукупність основних та допоміжних операцій. При цьому складна сукупність операцій визначається характерними способами здійснення окремих операцій.

Сукупним показником, який характеризує технологічне рішення по зведенню певної ВБ та дає можливість порівняння вибраної технології зведення з альтернативними варіантами, є *ефективність технології зведення*, яка визначається через корисність процесу (витрати на перетворення окремих складових КВБ в процесі зведення великопрогонових об'єктів промислового та цивільного призначення). В справжньому дослідженні для визначення найбільш ефективних технологій зведення ВБ виконувався порівняльний аналіз корисності процесів перетворень для багатоваріантних компоновок КТМ зведення. В загальному значенні витрати на перетворення предметів праці в продукт праці охоплюють всі видатки, пов'язані з комплексним процесом перетворень. Це витрати на енергію, яка використовується для виконання операцій, основні та

супутні комплектуючі, пакет соціальних витрат, експлуатаційно-ремонті та загальновиробничі витрати

Після завершення будівництва кожна будівля чи споруда може бути охарактеризована якістю та вартістю комплексу будівельно-монтажних робіт, виконаних в процесі зведення конструктивних складових. Наявність мінімальної вартості будівельно-монтажних робіт не гарантує бажаного рівня якості та свідчить про технологічно-недосконалі рішення, використовуємі при будівництві. По цій причині, розробка КТМ зведення КВБ з використанням ПМ має виконуватись з дотриманням, в першу чергу, вимог високої якості монтажних робіт. При контролі якості монтажних робіт головна увага приділяється відповідності геометричних розмірів укрупнених конструкцій ВБ проектним розрахункам, характеристикам міцності, відповідності стикових вузлів і місць спирання несучих елементів КВБ проектно-технологічним вимогам. Також, важливим параметром довільного технологічного процесу при зведенні ВБ є його надійність. Ймовірність того, що технологічний процес буде визначений, як такий, що зберігає працездатність на протязі всього, сформованого проектом виконання монтажних робіт, експлуатаційного періоду, в великій мірі залежить від надійності використовуємих механізмів. В цьому сенсі, перевірені на практиці, вітчизняні гідроциліндри подвійної дії, як складові підйомних установок ПШ-330 та ПГ 300, які були успішно використані при зведенні блоків ВП [20] та при розробці технологічних рішень по горизонтальному переміщенню важких великорозмірних конструктивних блоків [198-200], можуть бути акцептовані при проектуванні багатоваріантних рішень КТМ зведення КВБ підйомними модулями в умовах адаптивного будівництва.

Для подальшого дослідження в якості результуючого показника ефективності при формуванні складових КТМ зведення доречним буде використовувати комплексний критерій оцінки, який враховує трудомісткість та вартість робіт по зведенню КВБ підйомними модулями за умови максимальних показників якості монтажних робіт, безпечності та надійності технологічних процесів.

Узагальнюючи результати досліджень технологічних процесів зведення КВБ і акцептуючи те, що ПМ реалізують функції процесу зведення на рівні операцій, система формування КТМ може бути створена шляхом синтезу функцій багатоваріантних компоновок ПМ, взаємодіючих при зведенні з вертикальними та горизонтальними конструкціями ВБ, що зводяться.

2.3 Дослідження зв'язків складових конструктивно-технологічних моделей ведення з елементами системи «технологія зведення»

Задля проведення досліджень функціональної взаємодії складових КТМ зведення КВП зі структурними елементами системи «технологія зведення будівель» використовувався метод функціонально-вартісного аналізу (ФВА). В загальнонауковому значенні ФВА - це методологія безперервного удосконалення продукції, виробничих технологій та організаційних структур. Метою ФВА є досягнення найвищих споживчих властивостей продукції за умови одночасного зниження всіх видів виробничих видатків [201]. Система ФВА визначається, як комплекс організаційних заходів, методичних та технічних засобів, передбачених для виконання процесів ФВА. Метод ФВА може бути сформульований, як послідовна процедура досягнення конкурентоспроможності продукції за умови оптимізації співвідношення вартості та якості кінцевого продукту. Загальну блок-схема методу ФВА наведено на рис. 2.9.

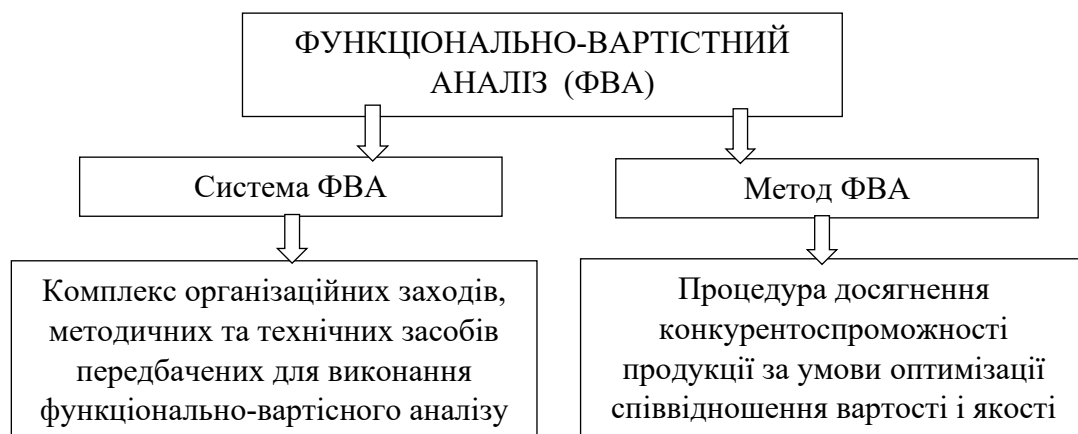


Рис. 2.9 Загальна блок-схема методу ФВА

Для визначення та усунення зайвих витрат, прийняття найбільш ефективних рішень, функціонально-цільовий обрис КТМ зведення КВБ розглядається не в

конкретній конструктивно-технічній формі, а як сукупність характерних функцій. Кожна функція аналізується з позиції можливих принципів та способів виконання за допомогою сукупності спеціальних прийомів. Перед виконанням аналізу зв'язків складових КТМ зведення з елементами системи «технологія зведення» на функціональному рівні необхідно визначитись з безпосереднім змістом, формулюванням та класифікацією функцій. Визначення функції – це проявлення чи збереження властивостей об'єкту в досліджуваній системі відносин [76].

В функціонально-цільовому обрисі КТМ зведення функції за змістовим наповненням підрозділяються на споживчі та техніко-технологічні. Виходячи з формулювання споживчої функції, в справжньому дослідженні підйомні модулі, як головні складові КТМ, можуть розглядатись у відповідності до свого цільового призначення – використання в процесах зведення КВБ. Під визначення «споживчі функції» також підпадають естетичні, ергономічні, (ступінь адаптивності складових КТМ до фізичних та технічних особливостей людського організму), екологічні функції.

Згідно з формулюванням техніко-технологічних функцій, КТМ зведення розглядаються на рівні взаємних зв'язків та залежностей між складовими компоновок ПМ та відповідними несучими конструкціями ВБ в процесі зведення. Згідно з зоною проявлення всі функції можуть бути розділені на внутрішні та зовнішні.

По важливості при досягненні цілі функції підрозділяються на головні та другорядні. Так головні функції визначають призначення, сутність та зміст існування складових КТМ, як об'єкту досліджень в цілому та ідентичні потреби виробничого процесу [77]. На відміну від головних функцій, другорядні функції не впливають на працездатність складових КТМ зведення та відображають лише побічні цілі (наприклад, виробничий попит).

За критерієм забезпечення працездатності КТМ зведення внутрішні функції підрозділяються на основні та допоміжні. Основні функції створюють умови для здійснення головної функції, а допоміжні функції, в свою чергу, сприяють в реалізації основних функцій.

Згідно ступеня корисності всі функції, що розглядаються, можуть бути поділені на корисні, безкорисні та шкідливі. Загальну класифікацію функцій КТМ зведення наведено на рис. 2.10.

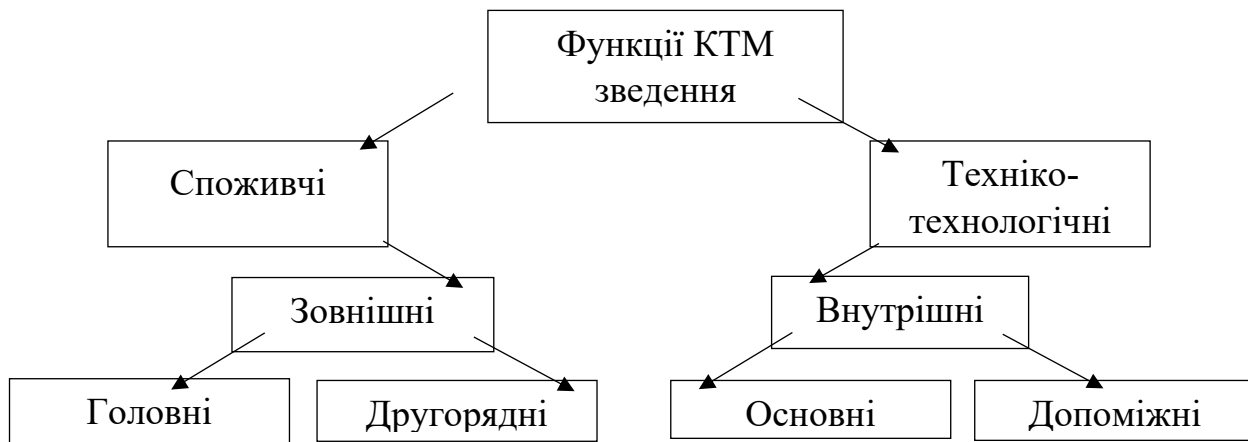


Рис. 2.10 Класифікація функцій конструктивно-технологічних моделей зведення несучих конструкцій великопрогонових будівель

Для виконання відбору та систематизації функцій визначались та досліджувались всі можливі зв'язки та характер багатоваріантної взаємодії складових КТМ зведення з елементами системи «технологія зведення» [202].

Найбільш складним при визначенні функціонального наповнення процесів взаємодії головних складових КТМ в процесі зведення КВБ є дослідження комплексу операцій, які потребують найбільшої кількості операцій по тимчасовій передачі навантажень від ригелів конструктивно-технологічних блоків покриттів в процесі підйому, через несучі рами та штоки гідроциліндрів підйомних модулів, на опорні поверхні підрощувальних або суцільних колон [105; 138–140; 188; 203].

Використовуючи класичну структуру соціотехнічної моделі перетворень Хубкі В. (рис.2.7), в сукупності операторів «люди – технічна система – реальне оточення» зробимо зміни, адаптовані до технологічної послідовності процесів утворення металевих чи ЗБ каркасів ВБ з залученням в процеси зведення КВБ різноманітних ПМ. Це дозволяє в підсистемі оператора «технічна система» визначити оператор «підйомні модулі», як елемент системи підйомних машин і механізмів, задіяних в процесах зведення КВБ. Виділення з загальної структури системи «технологія зведення» оператора «підйомні модулі», з дотриманням

алгоритму методу дослідження систем, дозволяє витворити прямі та зворотні зв'язки у вигляді дій та протидій між оператором «Підйомні модулі» та іншими елементами соціотехнічної моделі перетворень (рис. 2.11).

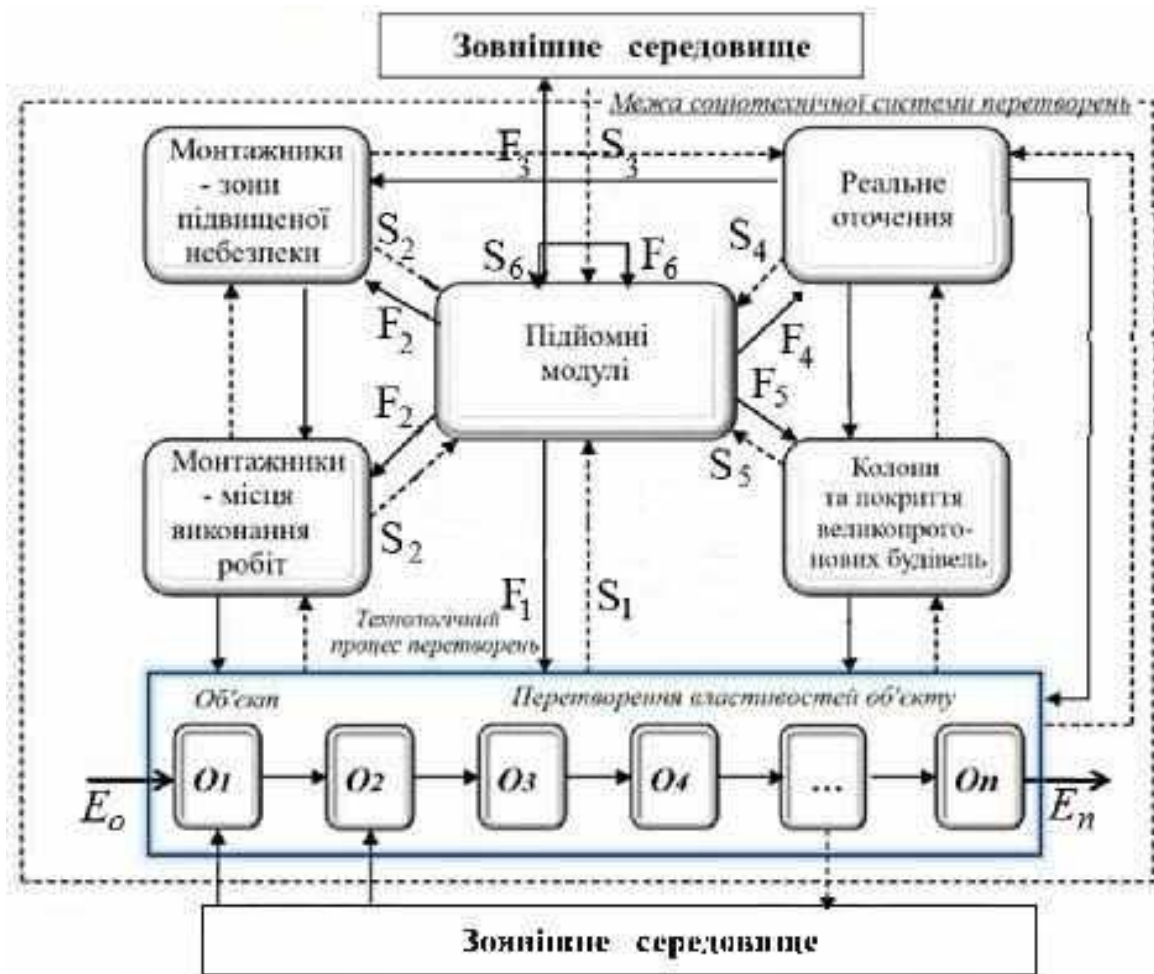


Рис. 2.11 Соціотехнічна модель перетворень, ключовим елементом якої виступає оператор «Підйомні модулі»

Так, найважливішими функціями перетворень виступають ті, в яких гідравлічні підйомні модулі (ГПМ) взаємодіють при зведенні КВБ, безпосередньо, з предметом праці (збірні чи суцільні колони, несучи ригелі ВП, що зводяться) та операторами (монтажниками). При цьому комплекс робіт по зведенню ВП може виконуватись декількома способами:

- вертикальне переміщення РВП зі спиранням на ГПМ, які задіяні в процесах підрошування колон каркасів великопрогонових будівель, що зводяться;
- підйом ригелів ВП в просторі між спареними суцільними колонами каркасів зі спиранням на пересувні ГПМ, взаємодіючими з напрямними колон каркаса ВБ;

- підйом ригелів ВП в просторі між спареними суцільними колонами каркасів зі спиранням на оголовки підрощуваних стовпів ГПМ.

Головні функції складових КТМ зведення ВБ, які характеризуються впливом по відношенню до всіх елементів системи «технологія будівництва», можуть бути представлені у вигляді множини F_i , яка складається з кінцевої кількості зовнішніх та внутрішніх функцій “ n ”, об’єднаних в групи відповідно до характеру взаємодії

$$F_i = \{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6\}, \quad (2.7)$$

де *Група зовнішніх функцій* F_1 – взаємодія складових КТМ зведення ВБ з фундаментами та стендами для передпідйомного укрупнення конструкцій ВП.

Група зовнішніх функцій F_2 – взаємодія КТМ зведення ВБ з монтажниками при організації робочих місць і огорожуванні небезпечних зон.

Група зовнішніх функцій F_3 – взаємодія КТМ зведення ВБ з зовнішнім середовищем (безперервний просторовий моніторинг зведення ВБ).

Група зовнішніх функцій F_4 – взаємодія КТМ зведення ВБ з реальним оточенням при зниженні або усуненні негативних явищ.

Група внутрішніх функцій F_5 – взаємодія між складовими КТМ зведення ВБ (ПМ, суцільні чи збірні колони, ригелі покриттів).

Група внутрішніх функцій F_6 – взаємодія між основними компонентами підйомних модулів.

Щодо висвітлення груп функцій, слід відзначити, що *група функцій* F_1 відноситься до підсистеми зв’язків «змонтовані конструкції ВБ – підйомні модулі» та характеризується взаємодією підйомних модулів з опорними поверхнями фундаментних конструкцій на рівні нульових висотних відміток чи з верхніми платформами стендів передпідйомного укрупнення покриттів (висотні відмітки від +1,200 до +2,500). Для обидвох варіантів взаємодії групи функцій F_1 на фундаментах і стендах в передпідйомній фазі розміщують опорні каркаси та гідроциліндри ГПМ, використовують опорні поверхні фундаментів та стендів для спирання ГПМ при первинному підйомі ригелів ВП, а після завершення процесу

підйому ригелів ВП на фундаментах і стендах, виконують демонтаж силових механізмів і конструкцій ПМ [20; 132; 204; 205].

Група функцій F_2 розкриває існуючий характер функціональної взаємодії КТМ зведення з виконавцями монтажних процесів при зведенні КВБ [206; 207] і може бути розділена до трьох функціональних підгруп:

$f_{2.1}$ - підгрупа функцій «розміщувати монтажників та матеріали», організація робочих площадок для монтажників та обладнання в зоні підрозування колон чи вертикального переміщення несучих ригелів ВП;

$f_{2.2}$ – підгрупа функцій «переміщувати монтажників та матеріали», організація безпечних ділянок для переміщення монтажників з обладнанням в зоні зведення КВП підйомними модулями;

$f_{2.3}$ – підгрупа функцій «огороджувати монтажні і небезпечні зони», організація безпечного виконання робіт в зонах підйому укрупнених сегментів покриттів чи конструктивно-технологічних блоків ВП 100 % готовності з використанням ГПМ та огороження небезпечних зон зведення КВБ.

Оточуючим середовищем для складових КТМ зведення є елементи підсистем «монтажники – місця виконання робіт – підйомні модулі» та «монтажники – зони підвищеної небезпеки – підйомні модулі».

Група функцій F_3 . При визначенні наповнення справжньої групи функцій необхідно керуватись припущенням, що система соціотехнічний перетворень має свої границі і те, що зовнішнє оточення розглядається за межами системи перетворень. За таких умов складові КТМ зведення ВП можуть реалізувати певні функції оточуючого зовнішнього середовища, підпорядковані групі функцій F_3 . Підтвердженням цьому можуть служити багаточисельні приклади безперервного контролю вертикального переміщення несучих ригелів ВП, геометричної точності встановлення і остаточного закріплення ригелів ВП на колонах каркасів з використанням різноманітних систем GPS [208-210].

Група функцій F_4 . З оператором «реальне оточення» складові КТМ зведення КВБ пов'язані функціями зниження чи усунення негативних впливів реального оточення будівельного майданчика на фізико-хімічні процеси при виконанні

комплексу монтажних операцій по зведенню конструкцій ВБ. Так, для виробничих процесів по передпідйомному укрупненню блоків ВП на монтажних стендах, поступовому зональному підрозуванню секцій колон несучого каркасу (на рівні фундаментів або в рівні верхніх секцій колон), переміщенню укрупнених блоків ВП з рівня монтажних стендів на проектні відмітки, наведення, вивіряння, первинного та остаточного закріплення на оголовках колон ригелів ВП, вказані функції виконують знаряддя для захисту людей [207].

Група функцій F_5 . Функції багатоваріантної взаємодії складових КТМ зведення (вертикальне переміщення ригелів ВП зі спиранням на ПМ, взаємодіючими в процесі підйому з суцільними чи збірними колонами) визначаються в першу чергу як функції забезпечення працездатності та розширення технічних можливостей підйомних механізмів, задіяних в процесах вертикального переміщення ВП на проектні відмітки. У наступних розділах цієї роботи при формуванні КТМ зведення ВБ головна увага приділяється дослідженню взаємодії штоків гідроциліндрів ПМ, працюючих в горизонтальних і вертикальних площинах, з вертикальними конструкціями (підрозувані проектні чи монтажні колони, суцільні колони каркасу) при переміщенні РВП укрупнених блоків ВП з рівня монтажних стендів на рівень оголовків колон каркасу для закріплення РВП в проектному положенні [211].

Група функцій F_6 . Зберігаючи головні принципи побудування систем, сформовані в роботі Рибальського В.І. [212], дослідження функціональних особливостей складових КТМ зведення ВП виконуються безпосередньо у внутрішньому просторі групи функцій F_6 . Враховуючи основні принципи функціональної універсальності, ПМ можуть виконувати операції по переміщенню конструкцій ВП за умови наявності в компоновках ПМ гідроциліндрів подвійної дії, штоки яких переміщуються в вертикальних та горизонтальних площинах. Підтвердженням актуальності виділення в окрему групу функцій багатоваріантної взаємодії між компонентами ПМ є умова виконання технологічного процесу: вертикального переміщення ригелів ВП зі спиранням на опорні рами ПМ групами вертикальних та горизонтальних

гідроциліндрів ПМ. Так, при підрощуванні секцій збірних колон, групи вертикальних гідроциліндрів ПМ по чергово взаємодіють з опорними поверхнями секцій збірних колон в зоні підрощування [213]. При переміщенні ПМ між спареними колонами каркасів в процесі зведення ВП задіянні вертикальні та горизонтальні гідроциліндри ПМ [141; 142]. На завершальній фазі зведення покрівельної конструкції процеси просторового переміщення ВП при наведенні ригелів ВП на оголовки колон, первинному та остаточному закріпленні ригелів ВП в проектному положенні виконуються за умови одночасної взаємодії між собою трьох груп горизонтальних і вертикальних гідроциліндрів ПМ [214; 215].

Згідно з концепцією соціотехнічної системи перетворень, дослідження матеріальних носіїв функцій виконувались за умови, що носіями функцій являються окремі складові або сукупність складових КТМ, які можуть бути задіяні в реалізації досліджуємих функцій при зведенні КВБ.

В соціотехнічній системі перетворень всі носії зовнішніх та внутрішніх функцій підпадають під вплив факторів, визначених, як *фактори впливу (ФВ)*. В широкому розумінні, при дослідженні факторів впливу розглядаються ті фактори, що призводять до конкретних змін в наповненні функціональної структури ПМ. В системі соціотехнічний перетворень, адаптованої до використання ПМ, як складової КТМ для зведення КВБ (рис. 2.11), множина факторів впливу S_i прослідковується між складною технічною системою та реальним оточенням, виконавцями монтажних робіт (місця виконання робіт, зони підвищеної небезпеки), об'єктом перетворень і зовнішнім середовищем :

$$S_i = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6\} , \quad (2.8)$$

де S_1 - група ФВ «Підйомні модулі – змонтовані конструкції» ;

S_2 - група ФВ «Підйомні модулі – монтажники – місця виконання робіт та монтажники – зони підвищеної небезпеки»;

S_3 - група ФВ «Підйомні модулі – зовнішнє середовище»;

S_4 - група ФВ «Підйомні модулі – реальне оточення»;

S_5 - група ФВ «Підйомні модулі – конструкції ВБ, що зводяться »;

S_6 - група ФВ «Групи горизонтальних і вертикальних гідроциліндрів ПМ».

Серед всіх складових множини факторів впливу S_i при формуванні КТМ зведення ВБ з використанням ПМ підвищена увага приділялась особливостям факторів впливу груп S_1 , S_5 , S_6 , оскільки ці фактори, безпосередньо, впливають на функціональне призначення складових КТМ - переміщення конструктивних блоків ВП з рівня передпідйомного укрупнення на рівень оголовків колон, наведення і остаточне закріплення несучих ригелів блоків ВП в проектному положенні.

Так, *ФВ групи S_1* при багатоваріантному конструктивному рішенні колон каркасу ВБ (однoeлементні або здвоєні, суцільні або збірні) впливають на визначення габаритних розмірів корпусів ПМ за умови передпідйомного розміщення ПМ на фундаментах над підрощувальними колонами [213; 216; 217], за зовнішнім контуром спарених колон каркасу ВБ [25; 205] або між спареними суцільними колонами каркасу ВБ [211].

ФВ групи S_5 , за умови взаємодії ПМ з конструкціями ВБ в процесі зведення КВБ, впливають на конструктивно-технічні рішення ПМ, які взаємодіють з різноманітними опорними поверхнями колон. Так, наприклад, в конструкціях ПМ передбачаються фіксатори підйому, взаємодіючі з напрямними профілями, закріпленими на спарених колонах каркасу ВБ [211]. При взаємодії ПМ з підрощувальними колонами, кількість і розташування гідроциліндрів на опорних рамах ПМ напряму залежать від конструктивних рішень секцій підрощуваних несучих колон каркасів ВБ [213; 216; 217].

ФВ групи S_6 . Яскравим прикладом впливу на конструктивно-технічні рішення ПМ є особистість взаємодії декількох груп гідроциліндрів ПМ при переміщенні РВП в процесі зведення ВП. Так, наприклад, при вертикальному переміщенні опорних ригелів ВП в просторі між спареними колонами каркасів, гідроциліндри першої та другої груп ПМ по чергово сприймають навантаження від ригелів ВП, а гідроциліндри третьої групи контролюють відхилення ригелів ВП в горизонтальній площині [211]. При досягненні РВП рівня оголовків колон, завдяки вертикальним гідроциліндрам першої та другої груп ПМ, фіксується проміжне положення РВП в вертикальній площині, при цьому, гідроциліндри

третьої групи виконують переміщення РВП в горизонтальній площині. Горизонтальні гідроциліндри ГПМ, також, задіяні в операціях по наведенню, первинному та остаточного закріпленню РВП в проектному положенні на оголовках спарених колон каркасу. Принцип переміщення габаритних просторових конструкцій в горизонтальній площині з використанням гідроциліндрів подвійної дії висвітлений в авторських винаходах [218-220].

2.4 Систематизація функцій конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями

Для дослідження функціонально-цільового обрису складових КТМ та систематизації їхніх функцій при виконанні комплексу технологічних процесів по зведенню КВБ, складові КТМ розглядались не в своїй конкретній конструктивно-технічній формі (колони та РВП, компоновки ПМ), а як сукупність виконуємих функцій F_i та відносин R_i між ними [76].

При концептуальному формуванні КТМ зведення КВБ акцент робився на наступному припущенні – для реалізації довільної функції f_{ij} може бути задіяна окрема складова або сукупність складових моделей зведення, які спроможні використовуватись відокремлено або шляхом об'єднання задля виконання конкретного етапу технологічного процесу зведення КВБ. Згідно умов справжнього припущення, якщо $F_i = \{f_{ij}\}$ – це множина функцій складових КТМ зведення та $R_i = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ – це множина відносин (зв'язків) між функціями складових КТМ зведення, тоді структурна множина складових КТМ може бути представлена у вигляді відповідної сукупності підмножин F_i та R_i . Структурна множина складових КТМ зведення КВБ визначається, як:

$$KM_i = \{F_i, R_i\}, \quad (2.9)$$

Де KM_i - структурна множина складових КТМ зведення ВБ ;

F_i - множина функцій складових КТМ ;

R_i - множина зв'язків між функціями складових КТМ.

На закладі багаточисельних досліджень конструктивно-технологічних процесів зведення ВБ немобільними підйомними механізмами [20; 24; 132; 221]

та авторських винаходів [204; 205; 213; 216; 217] можна зробити висновок, що одна і та ж функція при зведенні КВБ може бути реалізована з використанням різноманітних варіантів монтажу, основою яких є переміщення конструктивних сегментів ВП на проектні відмітки в вертикальній площині підйомними механізмами з використанням методів примусового підтягування чи виштовхування. При такому представленні взаємодії ГПМ з конструкціями, що зводяться, може бути сформована безліч множин складових КТМ зведення з різноманітними конструктивними рішеннями колон, на які спираються ПМ при переміщенні РВП на проектні відмітки, та багатоваріантних компоновок ПМ (групи горизонтальних та вертикальних гідроциліндрів подвійної дії), взаємодіючими з опорними поверхнями суцільних чи збірних колон при вертикальному переміщенні РВП.

Використовуючи один з основних принципів структурного аналізу – абстрагування, в соціотехнічній системі перетворень при зведенні КВБ з використанням оператора «підйомні модулі» (рис. 2.11) функції складових КТМ зведення представлялись, як сукупність потреб, що задовольняються, та фізичних операцій, за допомогою яких реалізується досліджувана функція процесу зведення F_{zi} :

$$F_{zi} = \{ P_i , Q_i \} , \quad (2.10)$$

де F_{zi} – досліджувана функція процесу зведення КВБ за допомогою КТМ ;

P_i - потреби, які задовольняються при реалізації функції КТМ ;

Q_i - фізичні операції, за допомогою яких реалізується функція КТМ .

В соціотехнічній системі перетворень (рис. 2.11) з кожної групи зовнішніх та внутрішніх функцій $F_1 \dots F_6$ множини F_i (2.9) оператора «підйомні модулі» виділялись підгрупи функцій f_{ij} , які пов'язані зі складовими КТМ, безпосередньо взаємодіючих з елементами системи «технологія зведення» та підтримуючих рівень бажаних функціональних показників. Використовуючи принцип декомпозиції, як базовий принцип методу структурного аналізу, відповідність конструктивно-технічного рішення (КТР) складових КТМ вимогам функцій f_{ij} оцінювалась системою параметрів, визначаючих, в першу чергу, не загальні, а

спеціальні вимоги, які висуваються до однієї складової або сукупності складових КТМ, задіяних в процесах зведення КВБ.

При використанні приведенного варіанту оцінки відповідності конструктивно-технічних рішень досліджуваних складових моделей зведення вимогам функцій f_{ij} стає можливим відібрати зі структурної множини складових КТМ саме ті, які максимально задовольняють технологічним вимогам зведення КВБ в екстремальних умовах виконання будівельних робіт при реконструкції, пошкоджених внаслідок війни, великопрогонових цивільних та промислових об'єктів на щільно забудованих територіях.

З урахуванням того, що варіанти структур технологічного процесу зведення ВП представлені множиною, в якій фізичні операції по виконанню функцій над об'єктами мають схожі наповнення та вимоги, в подальших дослідженнях головний акцент ставився на аналізі множини операцій, пов'язаних з вертикальним переміщенням несучих ригелів ВП зі спираанням на ГПМ або на підрошувальні проектні чи монтажні колони з рівня фундаментів (стендів укрупнення) до рівня закріплення РВП в проектному положенні.

Група зовнішніх функцій F_1 множини F_i відображає взаємодію ГПМ, як головних складових КТМ, з опорними поверхнями фундаментів або стендів укрупнення ВП на початковій та завершальній фазах процесу зведення КВП. Так, в передпійомній фазі корпуси ПМ розміщують на фундаментах під ригелями ВП, які укрупнюються на монтажних стендах. Далі, в підйомній фазі зведення КВП методом виштовхування фундаменти виконують роль опорної поверхні для штоків гідроциліндрів ПМ. Після завершення підйому КВП на проектну висоту, ПМ опускаються на фундаменти, де виконується демонтаж конструктивних складових ПМ [203]. На закладі описаних операцій взаємодії ПМ з фундаментними поверхнями при зведенні КВП з використанням принципу ієрархії в групі функцій F_1 в якості основних підгруп функцій (другий рівень загальної структури функцій) виділяються наступні складові:

$$F_1 = \{ f_{1.1}, f_{1.2}, f_{1.3} \}, \quad (2.11)$$

де $f_{1.1}$ - підгрупа функцій «Встановлювати ПМ в передпідйомній фазі» (розміщення ПМ на фундаментах в місцях підйому опорних ригелів ВП);

$f_{1.2}$ - підгрупа функцій «Спирати ПМ при первинному підйомі ригелів ВП» (використання поверхонь фундаментів для спирання штоків ПМ при первинному підйомі опорних ригелів ВП) ;

$f_{1.3}$ - підгрупа функцій «Демонтувати ПМ в післяпідйомній фазі» (демонтаж ПМ після завершення підйому ВП на проектні відмітки).

Група зовнішніх функцій F_2 множини F_i пов'язана з продуктивністю та рівнем безпеки монтажних робіт, в яких задіяні монтажники-висотники при зведенні КВБ з використанням ПМ. В наукових роботах [222; 223] та нормативних документах [206; 207; 224] систематизовані і детально описані пристрої та пристосування, які дозволяють безпечно виконувати висотні роботи з мінімальними ризиками травмування. На закладі аналізу відомих рішень по забезпеченню високого рівня безпеки монтажних робіт з використанням ПМ, до складу групи функцій F_2 були включені підгрупи функцій по організації робочих місць монтажників – висотників, включаючи роботи по утворенню надійних і безпечних настилів, огорожень на висотних монтажних площадках та забезпеченню прохідних зон і доступу до площадок.

У рамках досліджуємої соціотехнічної системи перетворень (рис. 2.11) робочі площадки та огороження для монтажників виступають, як предмет праці. Монтажники і конструкції зведення розглядаються, як об'єкти навколишнього середовища та задають певні вимоги до функцій безпеки та параметрів робочих місць – монтажних висотних площадок (настилів, засобів підмоцнування), прохідних галерей та огорожень. Група функцій F_2 може бути представлена у вигляді наступної множини підгруп функцій:

$$F_2 = \{f_{2.1}, f_{2.2}, f_{2.3}\}, \quad (2.12)$$

де $f_{2.1}$ - підгрупа функцій «Розміщувати монтажників та матеріали»;

$f_{2.2}$ - підгрупа функцій «Переміщувати монтажників та матеріали»;

$f_{2.3}$ - підгрупа функцій «Огороджувати монтажні і небезпечні зони».

Група зовнішніх функцій F_3 множини F_i безпосередньо пов'язана з зовнішнім середовищем. Головною функцією взаємодії складових КТМ при зведенні ВБ з зовнішнім середовищем є високоточний просторовий моніторинг [225], завдяки якому виконується контроль положення будівель і споруд по вертикалі, відстежуються зсуви і відхилення несучих конструкцій при зведенні, деформації в ВП на всіх етапах зведення. Регулярне проведення геодезичних вимірювань деформаційних марок, закріплених на колонах та покриттях, дозволяє реагувати на найменші відхилення в горизонтальній та вертикальній площинах при зведенні. Також, застосовуються GNSS-антени, встановлені в точках вимірювань на КБВ і регулярно посилаючи сигнали на моніторинговий сервер. Програмне забезпечення цілодобово обробляє дані та формує діаграми, які представляють рух точок по функції часу [226]. Група функцій F_3 може бути представлена у вигляді наступної множини підгруп функцій:

$$F_3 = \{f_{3.1}, f_{3.2}, f_{3.3}\}, \quad (2.13)$$

де $f_{3.1}$ - підгрупа функцій «Фіксувати відхилення в горизонтальній площині конструкцій великопрогонових будівель в процесі зведення»;

$f_{3.2}$ - підгрупа функцій «Фіксувати відхилення в вертикальній площині конструкцій великопрогонових будівель в процесі зведення»;

$f_{3.3}$ - підгрупа функцій «Фіксувати прогини та деформації конструкцій великопрогонових будівель в процесі зведення».

Група зовнішніх функцій F_4 множини F_i у взаємодії складових КТМ зведення з реальним оточенням пов'язана з дотриманням умов виконання монтажних робіт згідно діючих будівельних норм [206;207;224]. Так, нормативними умовами для зведення КБВ вважаються наступні - температура повітря (+18...+20 °С); вологість повітря (55-60 %), атмосферний тиск (750-760 мм рт. ст.). Також, при виконанні монтажних робіт мають бути дотриманні нормативні умови освітлення (яскравість та пульсація світла, видимість, передача кольору, світловий потік), випромінювання (радіаційний потік, магнітні та електричні поля), виробничий шум. Група функцій F_4 може бути представлена у вигляді наступної множини підгруп функцій:

$$F_4 = \{f_{4.1}, f_{4.2}, f_{4.3}\}, \quad (2.14)$$

де $f_{4.1}$ - підгрупа функцій «Нормалізувати тиск, температуру та вологість повітря в зоні зведення конструкцій великопрогонових будівель»;

$f_{4.2}$ - підгрупа функцій «Нормалізувати освітлення в зоні виконання робіт по зведенню конструкцій великопрогонових будівель»;

$f_{4.3}$ - підгрупа функцій «Мінімізувати виробничі шуми та випромінювання в зоні зведення конструкцій великопрогонових будівель».

Група внутрішніх функцій F_5 множини F_i відображає взаємодію між складовими КТМ (підйомні модулі, колони, опорні ригелі ВП) при виконанні наступних операцій процесу зведення КВБ:

- передпідйомне спирання РВП на рівні стендів укрупнення ВП на ПМ, розміщених на фундаментних плитах;
- передпідйомне спирання РВП на оголовки підрощувальних колон, за умови закріплення ПМ, задіяних в підрощуванні колон, на фундаментах чи на стендах передпідйомного укрупнення ВП;
- покрокове піднімання РВП зі спиранням на ПМ, задіянні в процесах підрощування колон;
- покрокове піднімання РВП зі спиранням на оголовки збірних проектних чи монтажних колон, які підрощуються ПМ;
- покрокове піднімання РВП зі спиранням на ПМ, які в процесі підйому РВП переміщуються між спареними колонами каркасу;
- фіксація проміжного положення РВП при підйомі зі спиранням на ПМ за умови використання вертикальних або горизонтальних гідроциліндрів ПМ, передаючих навантаження від піднімаємого ВП на спарені колони каркасу.

Група функцій F_5 може бути представлена у вигляді наступної множини підгруп функцій:

$$F_5 = \{f_{5.1}, f_{5.2}, f_{5.3}\}, \quad (2.15)$$

де $f_{5.1}$ - підгрупа функцій «Спирати РВП в передпідйомний та підйомний фазах при зведенні конструкцій великопрогонових покриттів»;

$f_{5.2}$ - підгрупа функцій «Підняти РВП з рівня укрупнення до рівня проектного закріплення»;

$f_{5.3}$ - підгрупа функцій «Фіксувати проміжне положення РВП при технологічних зупинках в підйомному процесі».

Група внутрішніх функцій F_6 множини F_i відображає взаємодію груп горизонтальних та вертикальних гідроциліндрів, які входять до складу ПМ на всіх етапах зведення ВП, а саме :

- в початковій та проміжних фазах підйому при вертикальному переміщенні РВП зі спиранням на ПМ, коли ПМ спираються на підрощуванні секції колон несучого каркасу ВБ, що зводиться або на підрощуванні монтажні стовпи;
- в завершальній фазі підйому при наведенні, орієнтуванні та остаточному встановленні РВП в проекте положення на оголовках підрощуваних колон каркаса ВБ або між оголовками спарених колон каркаса ВБ;
- в післяпідйомній фазі при покроковому вертикальному переміщенні ПМ на фундаменти між спареними колонами.

Група функцій F_6 може бути представлена у вигляді наступної множини підгруп функцій:

$$F_6 = \{f_{6.1}, f_{6.2}, f_{6.3}\}, \quad (2.16)$$

де $f_{6.1}$ - підгрупа функцій «Підрощувати секції колон несучого каркасу будівлі чи монтажних стовпів»;

$f_{6.2}$ - підгрупа функцій «Підрощувати стовпи ПМ в просторі між спареними суцільними колонами великопрогонової будівлі»;

$f_{6.3}$ - підгрупа функцій «Переміщувати ПМ між спареними суцільними колонами великопрогонової будівлі».

Важливою умовою, яка дозволяє підрощувати колони каркаса є функціональна взаємодія груп вертикальних гідроциліндрів ПМ. При використанні крокових ПМ акцептується функціональна взаємодія груп горизонтальних та вертикальних гідроциліндрів ПМ.

Дворівневу множину функцій взаємодії складових КТМ зведення КВБ з елементами соціотехнічної системи наведено на рис. 2.12.

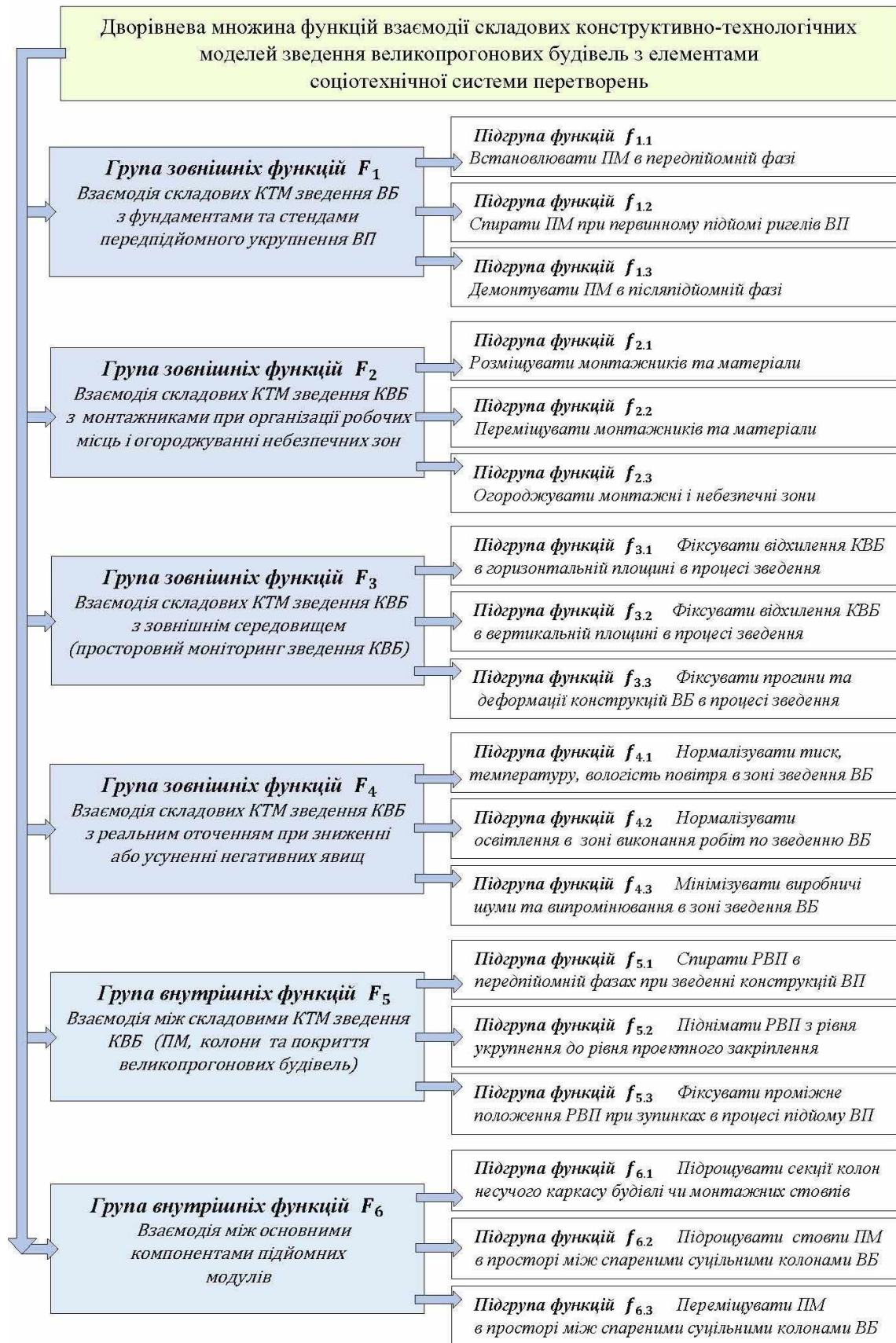


Рис. 2.12 Дворівнева множина функцій взаємодії складових КТМ з основними елементами соціотехнічної системи перетворень при зведенні ВБ

2.5 Систематизація факторів, впливаючих на вибір конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель

Інформаційний матеріал, отриманий на закладі формування дворівневої системи головних функцій КТМ зведення КВБ, послужив підґрунтям для визначення шістьох груп зовнішніх та внутрішніх факторів впливу (ФВ) при випрацюванні конструктивних і технічних рішень окремих складових КТМ зведення і сформував критерії їхньої багатоваріантної взаємодії та вдосконалення. При визначенні груп ФВ та формуванні структури підгруп ФВ, дотримувались загальні принципи їхнього спільного розглядання. Всі досліджуємі складові підгруп ФВ мають бути незалежними змінними величинами, яким притаманні властивості впливу на конструктивні і технічні параметри ПМ, як центральних елементів КТМ зведення КВБ. Виконуючи справжнє дослідження, з множини (2.10) використовувались тільки ті ФВ, які мають суттєвий вплив на процес проектування КТМ та відповідають наступним загальним вимогам:

- в якості ФВ відбираються незалежні змінні, які можуть бути з високим ступенем точності прораховані або виміряні;
- ФВ мають бути однозначними та керованими з можливістю вибору та підтримки заданого рівня варіювання характерними ознаками ФВ;
- всі проявлення ФВ мають бути сумісними між собою при дотриманні комбінаційних зв'язків рівней ФВ будь у *функціональній формі* (умова суворої залежності однієї ознаки від іншої) чи у *кореляційній формі* (умова відповідності одному й тому самому значенню певної ознаки множини значень іншої, з нею взаємопов'язаної, ознаки);
- кожен ФВ має область визначення, головними властивостями якої є дискретність та непереривність технологічних процесів зведення;
- важливою умовою для справжнього дослідження є властивість ФВ мати фіксовані значення різних рівней варіювання;
- всі показники ФВ на досліджуємі технологічні процеси з використанням КТМ зведення КВБ мають підрозділятися на кількісні та якісні.

Згідно з соціотехнічною системою перетворень, яка адаптована до використання ПМ в складі КТМ зведення КВБ (рис. 2.11), підсистеми $S_1 \div S_6$ множини факторів впливу S_i (2.10) отримують наступне наповнення :

Групи ФВ S_1 та S_5 . В досліджуємі соціотехнічній системі предмети праці (складові з/б і металевих каркасів КВБ) перетворюються в продукти праці (зведені великопрогонові ЗБ і металеві будівлі). Оскільки теоретично характер ФВ підсистеми S_1 «Підйомні модулі – змонтовані конструкції» схожий з характером ФВ підсистеми S_5 «Підйомні модулі – конструкції колон та ригелів ВП, що зводяться», у цьому дослідженні акцент зроблено виключно на аналізі впливу суцільних і збірних колон різного конструктивного виконання, а також опорних ригелів ВП на ПМ, вертикальні та горизонтальні гідроциліндри яких взаємодіють із поверхнями колон і РВП у процесі зведення. При дослідженні впливу елементів групи S_5 «Підйомні модулі - конструкції ВБ, що зводяться» на властивості оператора «підйомні модулі», в групі ФВ S_5 були виділені шість підгруп $S_{5,1} \div S_{5,6}$ (табл. 2.1). Великопрогонові будівлі, які складаються з окремих конструкцій (вертикальні чи горизонтальні, несучи чи огорожувальні, залізобетонні чи металеві конструктивні елементи), характеризуються базовими габаритними розмірами, такими як довжина, ширина та висота. При проектуванні ВБ передбачаються температурно-осадові блоки для компенсації деформацій, в структурі будівель виділяються секції, температурно-осадові блоки, які впливають на компоновки секцій в загальному об'ємі будівлі. Зв'язок вказаних факторів з параметрами технології зведення будівель і споруд з використанням класичних кранових монтажних технологій був детально висвітлений в наукових працях Тонкачєєва Г.М. [63; 75; 77].

Габаритні розміри секцій та температурно-осадових блоків – це величини, які залежать від розмірів чарунків, значень прогонів, кроків несучих колон, висоти поверхів та їхньої кількості. Використовуючи принципи відбору ФВ, викладених раніше, група ФВ $S_{5,1}$ характеризується кількістю різних секцій, чарунків та їхніх компоновок в об'ємі всієї будівлі. В об'ємі цих секцій та чарунків формується певна номенклатура конструкцій по типам та кількості.

Таблиця 2.1

Класифікація факторів впливу групи S_5

Підгрупи факторів впливу		Складові підгруп факторів впливу	
$S_{5.1}$	Конструктивні структури великопрогонових будівель	$S_{5.1.1}$	Розміри секцій та їхня кількість
		$S_{5.1.2}$	Розміри чарунків та їхня кількість
		$S_{5.1.3}$	Висота поверхів та їхня кількість
		$S_{5.1.4}$	Кількість конструкцій кожного виду
$S_{5.2}$	Вид конструкції великопрогонових будівель	$S_{5.2.1}$	Форма конструкції
		$S_{5.2.2}$	Положення конструкції в просторі
		$S_{5.2.3}$	Матеріал, з якого зроблена конструкція
$S_{5.3}$	Характеристики конструкцій великопрогонових будівель, що зводяться	$S_{5.3.1}$	Геометричні розміри конструкції
		$S_{5.3.2}$	Маса конструкції
		$S_{5.3.3}$	Положення центру мас конструкції
		$S_{5.3.4}$	Міцність конструкції
$S_{5.4}$	Варіанти з'єднання конструкцій ВБ, що зводяться	$S_{5.4.1}$	Форма опорних поверхонь конструкції
		$S_{5.4.2}$	Просторове положення опорних поверхонь
		$S_{5.4.3}$	Спосіб та матеріал закріплення конструкцій
$S_{5.5}$	Параметри з'єднання конструкцій ВБ, що зводяться	$S_{5.5.1}$	Розміри опорних поверхонь закріплення
		$S_{5.5.2}$	Рівень висоти з'єднань конструкцій
$S_{5.6}$	Функціональні допуски	$S_{5.6.1}$	Допуски розмірів та форм конструкцій
		$S_{5.6.2}$	Допуски положення конструкцій

Для формалізації ФВ конструкцій ВБ, що зводяться, на конструктивно-технічні параметри ПМ, була використана класифікація конструкцій по матеріалах, признаках форм та положенню конструкцій в просторі в процесі вертикального переміщення. Розширена класифікація конструкцій, з якими можуть взаємодіяти ПМ в процесі зведення ВБ, наведена на рис. 2.13.

Для уявлення різноманіття конструктивних рішень ЗБ та металевих просторових великопрогонових об'єктів, довільні конструктивні складові, взаємодіючі при зведенні з великим арсеналом підйомних механізмів, в т.ч. з ГПМ, можуть бути представлені наступною множиною:



Рис. 2.13 Розширена класифікація конструкцій, з якими взаємодіють ПМ при зведенні великопрогонових будівель

$$K_i = \{ m_i, v_i, w_i \}, \quad (2.17)$$

де K_i - довільна конструктивна складова ВБ, що зводиться;

m_i - множина, яка описує матеріал, з якого виготовлена конструкція;

v_i - множина, яка описує положення конструкції;

w_i - множина, яка описує форму конструкції.

В якості прикладу взаємодії ПМ з несучими конструкціями в процесі зведення ВБ можна привести приклад підйому блоку монолітного з/б покриття ангару терміналу аеропорту гідравлічними підйомниками [46], які були розташовані між покриттям, що зводиться, та колонами, які підрощувались з використанням методу «верхнього підрощування» (рис. 1.13). Внутрішні несучі сегменти колон можна охарактеризувати, як - конструкція збірна ЗБ (m_1), вертикальна (v_1), об'ємна (w_3).

Згідно видів конструкцій та використовуваних конструкційних матеріалів сучасні великопрогонові каркасні будівлі підрозділяються на ЗБ (монолітні чи збірні), металеві та комбіновані (монолітний та збірний ЗБ, монолітний ЗБ та метал, збірний ЗБ та метал). Загальна кількість варіантів використання ЗБ та

металу в каркасних конструкціях ВБ – вісім (рис. 2.8). З ціллю детального дослідження впливу конструкцій вертикальних та горизонтальних елементів каркасів будівель на ПМ в процесі зведення ВП, в справжній роботі складовій підгрупи ФВ $S_{5.2.3}$ приділялась підвищена увага.

На закладі аналізу варіантів стикування секцій збірних підрощувальних колон, приведеного в попередніх дослідженнях автора [138-141], можна припустити, що конструктивне рішення та просторове положення опорних поверхонь секцій підрощувальних колон має велике значення для вибору варіантів спирання гідроциліндрів ПМ на підрощувальні колони. По цій причині складові підгрупи ФВ $S_{5.4.1}$, $S_{5.4.2}$, $S_{5.4.3}$ включені в список факторів впливу, які детально розглядаються в наступних розділах справжньої роботи.

З великої кількості вимог до груп функцій F_1 та F_5 виділені вимоги точності геометричних параметрів збірних конструкцій, з яких витворюється несучий каркас ВБ та які і визначають якість будівельно-монтажних робіт при зведенні великопрогонових промислових та цивільних об'єктів. Якість монтажних робіт при підрощуванні колон чи фіксації опорних ригелів покриттів в проектному положенні з використанням ПМ, в великій мірі залежить від функціональних допусків, на яких акцентована увага при формулюванні складових підгруп ФВ $S_{5.6.1}$, $S_{5.6.2}$. Практика зведення ЗБ та металевих КВБ з використанням безкранових технологій неодноразово підтверджувала, що кінцева якість процесу підйому повнозбірних конструктивно-технологічних блоків ВП на проектні відмітки та закріплення несучих ригелів ВП між оголовками колон каркасу в значній мірі залежить від спроможності ПМ перемішувати несучі конструкції покриттів в вертикальній площині з максимальною точністю при дотриманні мінімальних значень монтажних допусків [20; 132].

Група ФВ S_2 . При дослідженні впливу складових групи S_2 ««Підйомні модулі – монтажники – місця виконання робіт та монтажники – зони підвищеної небезпеки» на властивості оператора «підйомні модулі», в групі ФВ S_2 були відібрані та сформульовані п'ять підгруп $S_{2,1} \div S_{2,5}$ (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Класифікація факторів впливу групи S_2

Класифікація підгруп та складових підгруп факторів впливу			
Підгрупи факторів впливу		Складові підгруп факторів впливу	
$S_{2.1}$	Антропометричні параметри монтажників та розміри зон виконання монтажних (демонтажних) робіт	$S_{2.1.1}$	Максимальний радіус робочої зони
		$S_{2.1.2}$	Мінімальний радіус робочої зони
		$S_{2.1.3}$	Оптимальний (комфортний) радіус робочої зони
		$S_{2.1.4}$	Максимальна висота робочої зони
		$S_{2.1.5}$	Мінімальна висота робочої зони
		$S_{2.1.6}$	Оптимальна (комфортна) висота робочої зони
$S_{2.2}$	Положення тіла при виконанні монтажних чи демонтажних операцій	$S_{2.2.1}$	Стоячи на нерухомій чи рухомій опорній площині
		$S_{2.2.2}$	Сидячі на нерухомій чи рухомій опорній площині
		$S_{2.2.3}$	Поза вершника на рухомій опорній площині
$S_{2.3}$	Швидкість переміщення людей при виконанні монтажних операцій	$S_{2.3.1}$	В горизонтальному напрямку
		$S_{2.3.2}$	В вертикальному напрямку
		$S_{2.3.3}$	В похилому напрямку
$S_{2.4}$	Максимально допустимі механічні навантаження на тіло людини чи його окремі частини	$S_{2.4.1}$	Маса вантажу, який переміщує людина при виконанні монтажних (демонтажних) операцій
		$S_{2.4.2}$	Зусилля, яке передається через важіль при виконанні монтажних (демонтажних) операцій
$S_{2.5}$	Параметри робочих місць для виконання монтажних та демонтажних операцій	$S_{2.5.1}$	Нерухомі робочі місця
		$S_{2.5.2}$	Рухомі робочі місця
		$S_{2.5.3}$	Індивідуальні робочі місця
		$S_{2.5.4}$	Групові робочі місця
		$S_{2.5.5}$	Рівень обмеженості фронту робіт

Як і при проектуванні будь-яких монтажних машин і механізмів, при розробці конструктивно-технічних рішень ПМ, задіяних в процесах зведення КВБ, акцептувались антропологічні признаки виконавців монтажних робіт. Завдяки антропометричним параметрам (підгрупа ФВ $S_{2,1}$) можливо контролювати відповідність характеристик технічних засобів (в справжньому дослідженні ПМ) граничним антропологічним вимогам монтажників, задіяних в процесах зведення КВБ. З переліку вимог, які висуваються до багатоваріантних компоновок ПМ, передусім розглядались такі, як зниження дискомфорту та підвищення позитивних емоцій при виконанні монтажних операцій, виключення

шкідливих та небезпечних впливів на людей в процесі монтажу. Вказані вимоги пов'язані з антропометричними показниками робітників, які задіяні в просторовому переміщенні складових каркасів КВБ з використанням ПМ з рівня фундаментів до рівня оголовків несучих колон. Основними складовими підгрупи ФВ $S_{2,1}$ являються просторові показники монтажної зони (мінімальні і оптимальні радіуси та висота робочої зони монтажників), використовуємі при зведенні конструкцій ВБ (складові підгрупи ФВ $S_{2,1,1} \div S_{2,1,6}$). Згідно нормативних та науково-технічних джерел [23; 206; 207; 224], в зоні виконання монтажних робіт мінімальна висота проходу – 1600 мм, ширина проходу – 500 мм, висота зони управління будівельними пристосуваннями та механізмами – 1750 мм.

При проектуванні КТМ велика увага приділяється, також, положенню тіла робітника у всіх фазах технологічного процесу зведення КВБ (підгрупа ФВ $S_{2,2}$). Класичними положеннями монтажників, взаємодіючих з ПМ та конструктивними елементами ВБ, що зводяться, є положення «стоячи» на нерухомій опорі (фундаментні плити, настил монтажного риштування) або на рухомій опорі (навісні люльки) (складова підгрупи ФВ $S_{2,2,1}$) та положення «сидячі» на нерухомій чи рухомій опорі (складова підгрупи ФВ $S_{2,2,2}$). Найбільш складною і небезпечною позою людини при зведенні КВБ є поза «вершника», при якій монтажник демонтує навісну люльку після завершення комплексу монтажних робіт, пов'язаних з закріпленням ригелів ВП між оголовками колон (складова підгрупи ФВ $S_{2,2,3}$).

Швидкісні показники переміщення монтажників у горизонтальних, вертикальних і похилих напрямках в зоні підрозування колон в процесі вертикального переміщення РВП чи в зоні остаточного закріплення РВП між оголовками колон з використанням ПМ також впливають на вибір конструктивно-технічних рішень при проектуванні КТМ зведення КВБ (підгрупа ФВ $S_{2,3}$). В першу чергу, йдеться про розробку конструкцій пересувних монтажних площадок, які примикають до корпусів ПМ в зоні підрозування проектних колон чи монтажних стовпів.

Максимально допустимі механічні навантаження на тіло людини чи окремі його частини (підгрупа ФВ $S_{2,4}$) враховуються при розробці ПМ, задіяних в процесах зведення КВБ та комплектів різноманітних монтажних знарядь для підрощування секцій проектних колон чи монтажних стовпів.

В справжній час відсутні науково обґрунтовані гранично допустимі значення статичних та динамічних навантажень на тіло людини чи на окремі його частини при виконанні операцій по зведенню КВБ на висоті в різних робочих позах. Наприклад, невідомо, яка має бути гранично допустима маса вантажу (матеріали, інструменти, приладдя) , яку переміщує робітник при переміщенні по вузьких конструкціях в горизонтальному, вертикальному чи похилому напрямках на значних висотах . Монтажники при виконанні різноманітних операцій прикладають зусилля до важелів (монтажні ломики, гайкові ключі, рукоятки лебідок) і часто знаходяться в незручних позах, таких, як сидячи на вузьких конструкціях, стоячи на приставних драбинах чи на хитних люльках. При цьому, робітники часто однією рукою тримаються за змонтовану конструкцію, а вільною рукою виконують робочі рухи [76].

При розробці новітніх рішень по зведенню КВБ з використанням КТМ необхідно звертати увагу на те, що значення маси вантажу, який переміщує монтажник при виконанні операцій по підрощуванню колон та підйомі ВП (складова підгрупи ФВ $S_{2,4,1}$) , граничних зусиль, які передаються через важелі при зведенні КВБ (складова підгрупи ФВ $S_{2,4,2}$) , напряму залежать від робочої пози людини, задіяної в відповідних монтажних операціях.

Враховуючими фізіологічні характеристики людини при виконанні монтажних операцій, відображенні в джерелах [76; 132], при проектуванні КТМ зведення КВБ необхідно враховувати наступні граничні значення складової підгрупи ФВ $S_{2,4,1}$:

- якщо для виконання робочої операції необхідно прикласти зусилля > 100 Н, тоді використовується робоча поза «стоячи», при прикладанні зусилля в межах $50 \div 100$ Н використовуються пози «стоячи» чи «сидячі», при варіанті прикладанні зусилля < 50 Н використовується поза «сидячи».

Граничне значення складової підгрупи ФВ $S_{2,4,2}$, яке необхідно враховувати при розробці КТМ зведення КВБ наступне:

- зусилля на рукоятках при оточенні (натягу тросу) окремих механічних пристроїв і приладь має бути ≤ 160 Н.

Більша частина комплексу операцій по зведенню конструкцій ВБ з використанням складових КТМ, сконцентрованих в місцях підрощування колон чи остаточного закріплення ригелів ВП в проектному положенні, виконується монтажниками на відповідних робочих місцях. Стисла класифікація підгрупи ФВ $S_{2,5}$ «Параметри робочих місць для виконання монтажних і демонтажних операцій» використовується при проектуванні монтажних площадок, розміщених біля ПМ, на протязі всього процесу зведення КВБ. Згідно [206; 207; 224], робочі місця класифікуються по ступеню рухливості на нерухомі (стаціонарні) (складова підгрупи ФВ $S_{2,5,1}$) та на рухомі з дискретним та непереривним характером переміщення (складова підгрупи ФВ $S_{2,5,2}$). За рівнем вмістимості робочі місця підрозділяються на індивідуальні (складова підгрупи ФВ $S_{2,5,3}$) та на групові (складова підгрупи $S_{2,5,4}$). Для коректного проектування робочих місць із передбаченим монтажним знаряддям необхідно уважно розглядати параметри обмеженості тримірному робочого простору при виконанні монтажних операцій. Рівень якості робіт під час підрощування складних за формою елементів проектних колон та остаточного закріплення ригелів ВП на проектних відмітках насамперед визначається параметрами робочого місця, на які безпосередньо впливає фактор просторової обмеженості фронту робіт (складова підгрупи ФВ $S_{2,5,5}$).

Група ФВ S_3 . При дослідженні впливу зовнішнього середовища на ПМ, як на центральні складові КТМ зведення КВБ (група S_3 «Підйомні модулі – зовнішнє середовище»), в групі ФВ S_3 були відібрані та сформульовані три підгрупи ФВ $S_{3,1} \div S_{3,3}$ (табл. 2.3).

При визначенні впливу підгрупи ФВ $S_{3,1}$ «Технічний рівень розвитку підйомних механізмів» на процес проектування та дослідження ПМ, головна увага

Таблиця 2.3

Класифікація факторів впливу групи S_3

Класифікація підгруп та складових підгруп факторів впливу			
Підгрупи факторів впливу		Складові підгруп факторів впливу	
$S_{3.1}$	Технічний рівень розвитку підйомних механізмів	$S_{3.1.1}$	Рівень патентної чистоти підйомних механізмів
		$S_{3.1.2}$	Рівень типізації та стандартизації механізмів підйому
$S_{3.2}$	Економічний рівень розвитку підйомних механізмів	$S_{3.2.1}$	Рівень цін на компоненти механізмів підйому
		$S_{3.2.2}$	Рівень собівартості використання механізмів підйому
$S_{3.3}$	Екологічний рівень розвитку підйомних механізмів	$S_{3.3.1}$	Відсутність шкідливих виділень при роботі механізмів
		$S_{3.3.2}$	Утилізаційна придатність підйомних механізмів

приділялась визначенню автентичності і патентної захищеності новостворюваних ПМ (складова підгрупи ФВ $S_{3,1,1}$). При розробці ПМ, також, враховується вимога типізації та стандартизації ПМ при їхньому майбутньому використанні для зведення КВБ (складова підгрупи ФВ $S_{3,1,2}$).

Вплив підгрупи ФВ $S_{3,2}$ «Економічний рівень розвитку підйомних механізмів» на процес створення новітніх конструкцій ПМ прослідковується на вартісній пропозиції деталей та механізмів, з яких комплектуються ПМ на гідро- чи пневмо приводах (складова підгрупи ФВ $S_{3,2,1}$). Велика увага при проектуванні ПМ приділяється і показникам собівартості операцій зведення КВБ з залученням в монтажні (демонтажні) процеси новостворюваних ПМ (складова підгрупи ФВ $S_{3,2,2}$).

Екологічність ПМ, взаємодіючих зі складовими КТМ при зведенні КВБ (підгрупа ФВ $S_{3,3}$ «Екологічний рівень розвитку підйомних механізмів») розглядається в розрізі відсутності шкідливих виділень в процесі експлуатації ПМ (складова підгрупи ФВ $S_{3,3,1}$) та утилізації обладнання ПМ після вичерпання ресурсу виробничої придатності комплектуючих гідравлічних та пневматичних підйомних механізмів (складова підгрупи ФВ $S_{3,3,2}$).

Група ФВ S_4 . При дослідженні впливу реального оточення на ПМ та інші складові КТМ зведення КВБ (група S_4 «Підйомні модулі – реальне оточення»), в групі ФВ S_4 були відібрані та сформульовані шість підгруп факторів впливу ФВ $S_{4,1} \div S_{4,6}$ (табл. 2.4)

Таблиця 2.4

Класифікація факторів впливу групи S_4

Підгрупи факторів впливу		Складові підгруп факторів впливу	
$S_{4,1}$	Атмосферний тиск	$S_{4,1,1}$	Критичні значення атмосферного тиску, впливаючи на роботу пневмоприводів підйомних механізмів
$S_{4,2}$	Температура повітря	$S_{4,2,1}$	Екстремальні температурні значення, впливаючи на роботу гідроприводів підйомних механізмів
$S_{4,3}$	Вологість повітря	$S_{4,3,1}$	Граничні значення вологості повітря при виконанні монтажних (демонтажних) робіт
$S_{4,4}$	Повітряні потоки та пориви вітру	$S_{4,4,1}$	Допустимі значення швидкості вітряних потоків та поривів вітру в зоні виконання монтажних робіт
$S_{4,5}$	Потоки сонячного випромінювання	$S_{4,5,1}$	Циклічне денне розрахункове нагрівання поверхонь конструкцій при виконанні монтажних робіт
		$S_{4,5,2}$	Екстремальне нагрівання конструктивних поверхонь при монтажі
$S_{4,6}$	Опади в зоні монтажних робіт	$S_{4,6,1}$	Намокання опорних поверхонь конструкцій в наслідок дощу
		$S_{4,6,2}$	Навантаження на горизонтальні та похилі поверхні конструкцій від снігу і льоду

Вплив підгрупи ФВ $S_{4,1}$ «Атмосферний тиск» на вибір конструктивно-технічних рішень ПМ, як складових КТМ зведення КВБ, розглядається у випадках, коли в арсеналі ПМ передбачені механізми з пневматичним приводом (вертикальні та горизонтальні пневматичні циліндри домкратів, вакуум захвати та вакуумні механізми фіксації РВП). Значні перепади та критичні значення атмосферного тиску (складова підгрупи ФВ $S_{4,1,1}$) можуть негативно впливати на роботу пневматичних ПМ, що призводить до сповільнення технологічних процесів зведення КВБ.

Вплив підгрупи ФВ $S_{4,2}$ «Температура повітря» на розробку конструкцій ПМ, враховується, в першу чергу, для механізмів на гідравлічному приводі, які використовуються в якості силових агрегатів, перемішуючих конструкції підрошувальних колон та ригелів ВП в процесі зведення. Екстремально низькі температури повітря (складова підгрупи ФВ $S_{4,2,1}$) можуть спричинити сповільнення та повну зупинку процесу зведення ВБ із застосуванням підйомних модулів з гідравлічним приводом.

Вплив підгрупи ФВ $S_{4,3}$ «Вологість повітря» розглядається в контексті збільшення тривалості процесів зведення КВБ з використанням КТМ в першу чергу при виконанні монтажних робіт на значних висотах з використанням вузьких монтажних площадок, влаштованих в зоні підрощування колон та підйому ВП на проектні відмітки. Підвищена вологість повітря (складова підгрупи ФВ $S_{4,3,1}$) створює некомфортні умови для переміщення людей в зоні монтажу. Через це процеси підрощування колон та підйому ВП стають більш тривалими і небезпечними, що призводить до зниження продуктивності монтажу конструкцій ВБ.

При плануванні робіт по зведенню КВБ завжди враховуються поточні та прогнозні показники повітряних потоків та поривів вітру (підгрупа ФВ $S_{4,4}$). Задля недопущення ускладнень та зупинки монтажних робіт на висоті при підрощуванні секцій колон чи переміщенні ригелів ВП на проектні відмітки, поточні та прогнозні (період 24 год) значення швидкості вітряних потоків не мають перевищувати допустимі значення (складова підгрупи ФВ $S_{4,4,1}$).

Потоки сонячного випромінювання (підгрупа ФВ $S_{4,5}$), також, мають великий вплив на технологічні процеси зведення КВБ з використанням КТМ. При плануванні етапів зведення враховується нагрів поверхонь конструкцій колон, що підрощуються, піднімаємих ВП та агрегатів ПМ. Акцептування циклічних денних нагрівань поверхонь (підсистема складових ФВ $S_{4,5,1}$) та екстремальних нагрівань конструктивних поверхонь (підсистема складових ФВ $S_{4,5,2}$) вносить корективи в часові графіки виконання монтажних робіт. Так, наприклад, в країнах Близького Сходу та в південних регіонах США (штати Невада, Флорида, Каліфорнія, Техас) роботи по монтажу металевих конструкцій (в т.ч. КВБ) виконуються в період з 19:00 до 8:00 год, коли сонячне випромінювання не впливає на властивості конструкцій, що зводяться.

Вплив підгрупи ФВ $S_{4,5}$ «Опади в зоні монтажних робіт» на технологічні процеси зведення КТМ розглядається в розрізі погіршення взаємодії опорних поверхонь конструкцій, що зводяться, зі штоками гідро (пневмо) циліндрів ПМ в

процесі монтажу, яка виникає внаслідок злив (складова підгрупи ФВ $S_{4,6,1}$).

Додатковими важливими факторами впливу на технологічні процеси зведення КВБ виступають налипання снігу й утворення крижаних прошарків на поверхнях конструкцій, що зводяться, передусім на великих площах ВП (складова підгрупи ФВ $S_{4,6,2}$). Враховуючи те, що переміщувати та монтувати конструкції з прошарками снігу і льоду заборонено [206; 207; 224], проведення регламентних робіт з очищення поверхонь конструкцій від снігу й льоду стає вагомим чинником подовження загальних строків зведення КВБ.

Група ФВ S_6 . При дослідженні впливу взаємодії груп вертикальних та горизонтальних гідроциліндрів подвійної дії на конструктивне наповнення ПМ, як головних складових КТМ, задіяних в процесах зведення КВБ (група S_6 «Групи вертикальних та горизонтальних гідроциліндрів ПМ»), в групі ФВ S_6 були відібрані та сформульовані дві підгрупи ФВ $S_{6,1}$ та $S_{6,2}$ (табл. 2.5).

Вплив підгрупи ФВ $S_{6,1}$ на досліджуємі варіанти конструктивно-технологічних рішень ПМ розглядається на етапі переміщення укрупнених блоків ВП на проектні відмітки. Ригелі ВП спираються при вертикальному переміщенні на опорні рами ГПМ. Останні виштовхують РВП за умови взаємодії з конструкціями колон каркасу декількома способами:

- при підрозшуванні колон каркасів враховується взаємодія між групами вертикальних гідроциліндрів ПМ (складова підгрупи ФВ $S_{6,1,1}$), при цьому, групи вертикальних гідроциліндрів розташовані на одно- чи різнорівневих опорних площадках ПМ і об'єднанні загальною системою синхронної подачі рідини у всі групи гідроциліндрів ПМ. Одночасне використання груп вертикальних гідроциліндрів ПМ дозволяє розширити набір можливих конструктивних рішень секцій підрозшувальних колон [213; 216];
- при переміщенні ригелів ВП в просторі між спареними колонами каркасів зі спиранням на ПМ, підйом РВП виконується завдяки одночасній взаємодії групи горизонтальних гідроциліндрів ПМ з колонами каркасів та групи вертикальних гідроциліндрів ПМ з РВП (складова підгрупи ФВ $S_{6,1,2}$) [211].

Таблиця 2.5

Класифікація факторів впливу групи S_6

Підгрупи факторів впливу		Складові підгруп факторів впливу	
$S_{6,1}$	Вертикальне переміщення ригелів ВП з рівня фундаментів до рівня проектного закріплення	$S_{6,1,1}$	Взаємодія між групами вертикальних гідроциліндрів ПМ при підйомі ригелів ВП
		$S_{6,1,2}$	Взаємодія між групами горизонтальних та вертикальних гідроциліндрів ПМ при підйомі ригелів ВП
		$S_{6,1,3}$	Взаємодія між групами горизонтальних гідроциліндрів ПМ при підйомі ригелів ВП
$S_{6,2}$	Закріплення ригелів ВП в проектному положенні	$S_{6,2,1}$	Взаємодія між групами горизонтальних гідроциліндрів ПМ при наведенні ригелів ВП на оголовки колон
		$S_{6,2,2}$	Взаємодія між групами горизонтальних та вертикальних гідроциліндрів ПМ при закріпленні ригелів ВП на колонах

Циклічний покроковий підйом РВП в просторі між спареними колонами каркасів зі спиранням на ПМ можливий завдяки взаємодії груп горизонтальних гідроциліндрів ПМ з опорними напрямними, закріпленими на внутрішніх поверхнях колон каркасів (складова підгрупи ФВ $S_{6,1,3}$) [111].

Вплив підгрупи ФВ $S_{6,2}$ на досліджуемі варіанти конструктивно-технологічних рішень ПМ розглядається на етапі закріплення ригелів ВП на проектних відмітках. Горизонтальне наведення ригелів ВП виконується при взаємодії груп горизонтальних гідроциліндрів, (складова підгрупи ФВ $S_{6,2,1}$). Опускання РВП між оголовками спарених колон каркасів виконується за умови одночасної взаємодії груп горизонтальних та вертикальних гідроциліндрів ПМ (складова підгрупи ФВ $S_{6,2,2}$).

2.6. Відбір функцій взаємодії та факторів впливу для розробки варіантів конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями

Технологія зведення КВБ з обов'язковим включенням в технологічних комплекс процесів по передпідйомному укрупненню блоків покриттів на монтажних стендах крановими методами та наступний підйомом ВП на проектні відмітки безкрановими методами з використанням ПМ являє собою складну систему, яка залежить від великої кількості функцій взаємодії між складовими

технологічного ланцюжка зведення КВБ, починаючи з першої операції по переміщенню елементів покриттів в зону передпідйомного укрупнення і закінчуючи закріпленням в проектному положенні останнього опорного ригеля повнозбірного блоку ВП. В рамках справжнього дослідження увага була зосереджена на визначенні головних функцій взаємодії між ПМ, як першочерговими складовими КТМ з елементами соціотехнічної системи перетворень та визначення факторів, які суттєво впливають на процеси проектування КТМ зведення КВБ багатоваріантними ПМ при розробці технологічних рішень зведення нових та реконструкції, пошкоджених внаслідок війни, великопрогонових цивільних та промислових будівель на щільно забудованих територіях.

Визначення найбільш важливих функцій взаємодії складових КТМ зведення КВБ зі структурними елементами соціотехнічної системи перетворень та факторів впливу, які призводять до конкретних змін в наповненні функціональної структури та конструктивно-технологічних рішень ПМ, задіяних в підрощуванні колон та переміщенні РВП з рівня фундаментів до рівня проектного закріплення, виконувались з використанням методу порівняльного аналізу конструктивно-технологічних характеристик безкранових варіантів зведення ЗБ та металевих ВП. Досліджувались реалізовані варіанти зведення ВП за допомогою гідравлічних підйомників, взаємодіючих з вертикальними напрямними (ММЗ) – варіанти В1 [126], В2 [132] і зведення ВП з використанням гідравлічних підйомників, задіяних в підрощуванні секцій підрощувальних колон каркаса або секцій стовпів ПМ (ММ4) - варіанти В3 [128], В4 [46], В5 [129].

Технологічні схеми, які були використані в реалізованих проектах зведення ВП (варіанти В1 ÷ В5) відображені в додатку В.

На основі даних з зазначених інформаційних джерел були прораховані конструктивно-технологічні показники реалізованих проектів зведення ВП:

- *швидкість процесу зведення покриття* при виконанні операцій по вертикальному переміщенню покриття з рівня монтажних стендів до рівня оголовків колон та закріплення покриття в проектному положенні V_i (м/год)

$$V_i = \frac{H_i}{T_i}, \quad (2.18)$$

де V_i - швидкість процесу зведення покриття (м/год);

H_i - загальна висота вертикального переміщення покриття з рівня монтажних стендів до рівня остаточного закріплення ригелів покриття (м);

T_i - загальне тривання процесу зведення покриття з моменту початку підйому покриття до моменту остаточного закріплення покриття на оголовках колон несучого каркасу (год):

- *продуктивність монтажників P_i* при виконанні операцій по переміщенню покриття з зони укрупнення в зону проектного закріплення, наведенню та остаточному закріпленню ригелів покриття на оголовках колон :

$$P_i = \frac{M_i}{T_i}, \quad (2.19)$$

де P_i - продуктивність монтажників при зведенні покриття (т/год);

M_i - загальна маса повнозбірного конструктивно-технологічного блоку великопрогонового покриття 100% передпідйомної готовності (т);

T_i - загальне тривання процесу зведення покриття (год);

- *трудомісткість процесу зведення покриття E_i* , яка складається з операцій по переміщенню покриття з рівня монтажних стендів до рівня оголовків колон та закріплення покриття в проектному положенні :

$$E_i = \frac{T_i}{M_i}, \quad (2.20)$$

де E_i - трудомісткість процесу зведення покриття (год/т);

T_i - загальне тривання процесу зведення конструкції ВП (год);

M_i - загальна маса блоку ВП, що зводиться (т);

- *складність процесу зведення покриття K_i* (до складу процесу зведення входять операції по вертикальному переміщенню покриття з зони укрупнення в зону закріплення в проектному положенні):

$$K_i = \frac{N_i}{M_i}, \quad (2.21)$$

де K_i - коефіцієнт складності монтажних процесів при зведенні ВП (1/т);

N_i - загальна кількість монтажних операцій при зведенні покриття (з розрахунку взаємодії підйомників з усіма колонами каркасу) (-);

M_i - загальна маса блоку ВП, що зводиться (т);

Для отримання значення загальної кількості монтажних операцій при зведенні покриття N_i в кожному досліджуваному варіанті зведення ВП попередньо розраховувались наступні дані:

n_{ki} - кількість монтажних операцій для виконання одного циклу підйому покриття при взаємодії підйомника з однією колоною (-);

n_{ti} - загальна кількість монтажних операцій для виконання всіх циклів підйому покриття при взаємодії підйомника з однією колоною (-);

Загальна кількість монтажних операцій по зведення покриттів N_i (-) розраховується по формулі

$$N_i = n_{ti} \times C_i, \quad (2.22)$$

де N_i - загальна кількість монтажних операцій при зведенні покриття (-);

n_{ti} - загальна кількість монтажних операцій для виконання всіх циклів підйому покриття при взаємодії підйомника з однією колоною (-);

C_i - загальна кількість колон, з якими взаємодіють підйомники в процесі вертикального переміщення опорних ригелів блоку покриття (шт);

Для всіх досліджуємих варіантів зведення ВП кількість циклів підйому покриття для вертикального примусового переміщення повнозбірних інтегральних блоків ВП з рівня передпідйомного укрупнення на монтажних стендах на рівень закріплення ригелів ВП в проектному висотному положенні при багатоваріантній функціональній взаємодії підйомників з конструкціями колон каркасу на пряму залежить від робочого ходу штоку гідроциліндрів підйомників, задіяних в переміщенні покриття. При цьому для варіанта В1 (ММ3) крокові ПМ виштовхують РВП за умови використання суцільних колон каркаса ВБ в якості опорних вузлів, для варіанта В2 (ММ3) гідропідйомники підтягують блоки ВП, використовуючи оголовки спарених колон каркаса ВБ в якості опорних площадок, для варіанта В3 (ММ4) гідропідйомники задіяні в *нижньому підрошуванні* колон каркаса, на які спирається ВП, для варіанта В4 (ММ4) гідропідйомники задіяні в

верхньому підрощуванні колон каркас, на які спирається ВП, для варіанта В5 (ММ4) гідропідйомники задіянні в нижньому підрощуванні стовпів ПМ, які слугують тимчасовою опорою в процесі переміщення ВП на проектні відмітки та зміні просторового положення суцільних колон каркаса з передпідйомного горизонтального до проектного вертикального. Конструктивно-технологічні характеристики варіантів зведення ВП використанням методів монтажу ММ3 та ММ4 наведено в додатку В (табл. В.1) та на гістограмах (рис. 2.14, рис. 2.15).

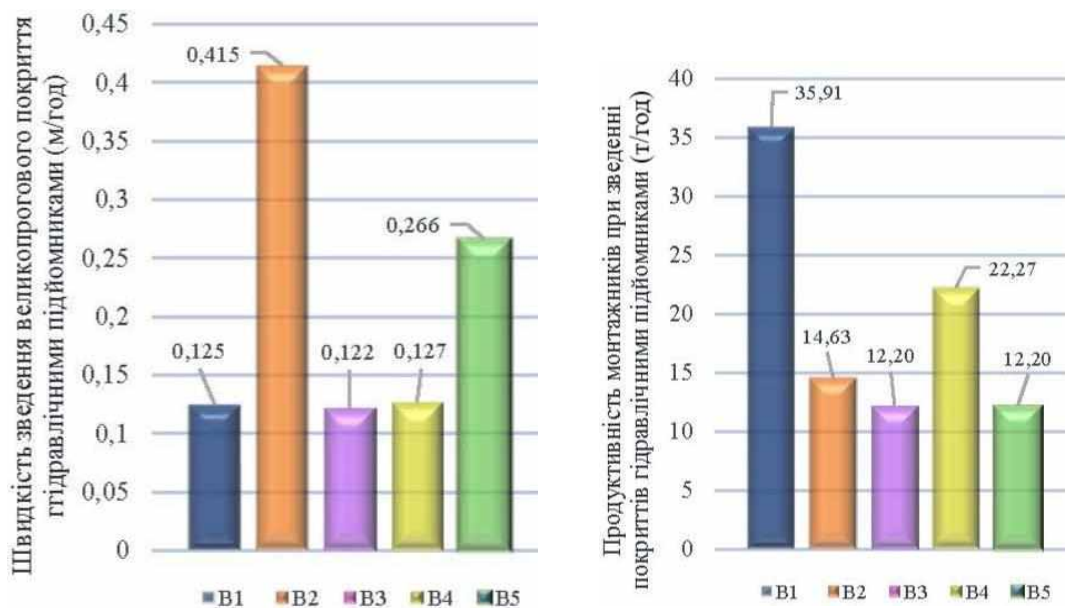


Рис. 2.14 Порівняння значень швидкості зведення ВП та продуктивності монтажників, виконуючих зведення ВП, з використанням підйомників

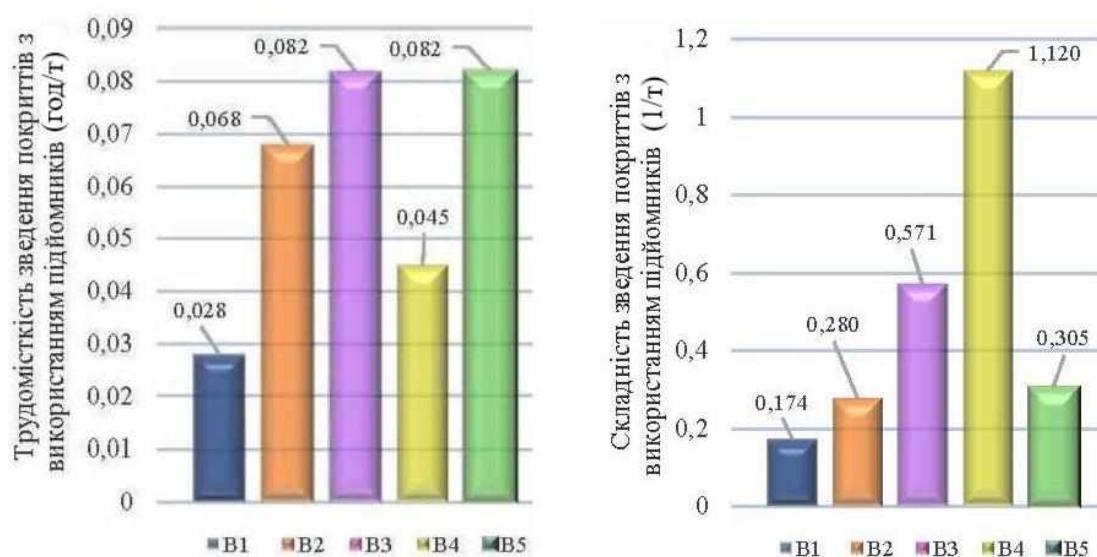


Рис. 2.15 Порівняння значень трудомісткості та складності процесів зведення ВП з використанням підйомників

Визначення оптимального конструктивно-технологічного рішення A_{opt} по зведенню ВП з варіантів (B1 ÷ B5) реалізованих проектів будівництва великопрогонових будівель виконувалось за умови:

$$A_i \rightarrow A_{opt} = \begin{cases} V_i \rightarrow V_{max} \\ P_i \rightarrow P_{max} \\ E_i \rightarrow E_{min} \\ K_i \rightarrow K_{min} \end{cases}, \quad (2.23)$$

де A_{opt} - оптимальне конструктивно-технологічне рішення зведення ВП;

V_i - швидкість зведення ВП для досліджуємого варіанту i (м/год) ;

P_i - продуктивність монтажників при зведенні ВП для досліджуємого варіанту i (т/год) ;

E_i - трудомісткість монтажних операцій процесу зведення ВП для досліджуємого варіанту i (год/т) ;

K_i - коефіцієнт складності монтажних операцій процесу зведення ВП для досліджуємого варіанту i (1/т) .

В умовах сьогодення найбільш важливими вимогами будівництва великопрогонових об'єктів являються максимальна швидкість процесів зведення ВП при мінімальній кількості операцій, в яких задіянні монтажники при переміщенні ВП на проектні відмітки. З усіх варіантів зведення ВП (B1÷ B5) вказаним вимогам в найбільшій мірі відповідають конструктивно-технологічні рішення варіантів B2 та B5. Кращі показники по швидкості зведення ВП при найменшій складності монтажних операцій по зведенню ВП були досягнуті за рахунок наступних факторів та умов:

B2 – гідравлічні підйомники були закріплені на оголовках колон каркасу, підйом ригелів, попередньо укрупненого на монтажних стендах, блоку ВП виконувався методом примусового підтягування між спареними колонами каркасу (рис. 2.16). Ригелі блоку покриття були з'єднанні з підйомниками тяговими стрічками. Спарені колони каркасу будівлі використовувались в якості напрямних, обмежуючих відхилення ригелів ВП при підйомі. Також, колони сприймали навантаження від підйомників та піднімаємого покриття. Висока швидкість процесу підйому забезпечувалась завдяки конструктивно-технічному

рішенню підйомника, робочий хід штоків гідроциліндрів якого був 1120 мм. Підйом ВП виконувався циклічно. За кожен цикл підйому ригелі ВП переміщувались на 6,0 м. Зведення ВП виконувалось в двох монтажних зонах.

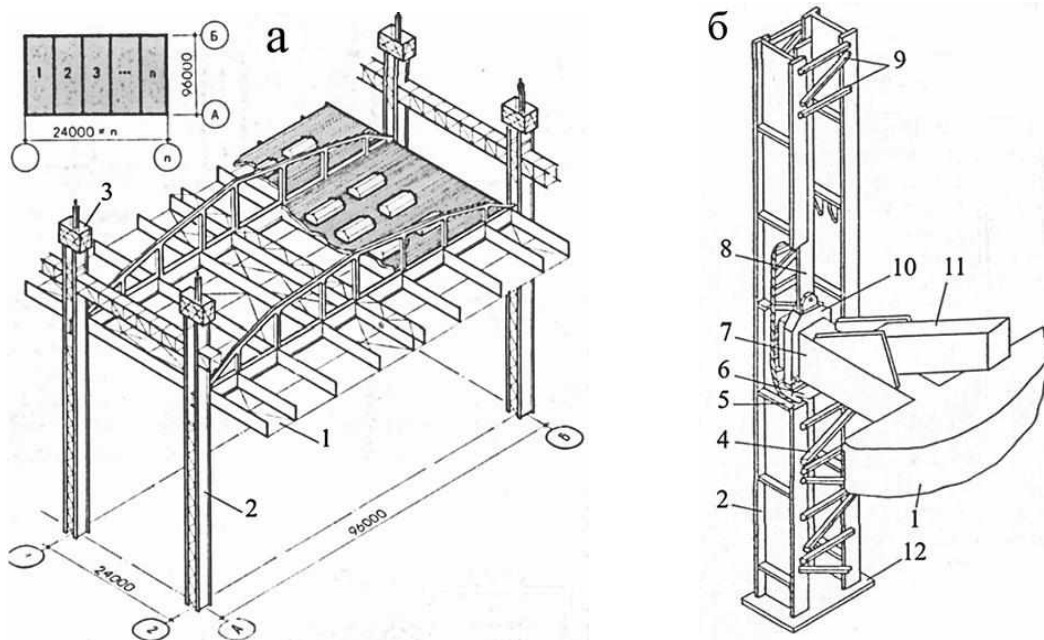


Рис.2. 16 Підйом блоку покриття методом підтягування: а – принципова схема підйому; б – проміжне положення блоку покриття в процесі підйому; 1 – покриття; 2 – опорна колона; 3 – кроковий підйомник ПШ-330; 4 – постійне з'єднання; 5 - упори колони; 6 – опорно-поворотна балка; 7 – опорна консольна частина ригеля; 8 – тягова стрічка; 9 – тимчасове з'єднання; 10 – стропувальна траверса; 11- ригель покриття; 12 – фундамент колони (за: [23, с.26])

Перша зона – стаціонарна монтажна площадка, організована на оголовках колон навколо гідравлічних підйомників, друга зона – пересувна монтажна площадка, передбачена в місці з'єднання ригелів покриттів і тягових стрічок підйомників. Друга монтажна зона – підйомна площадка, яка періодично переміщувалась на 6,0 м по завершенні чергового циклу підйому ВП. Після закріплення ригелів покриття на оголовках спарених колон, підйомники і монтажні площадки демонтувались.

В5 – укрупнення конструкцій блоку ВП виконувалось на монтажних стендах висотою 2,5 м за умови розміщення під несучими ригелями ВП оголовків

підрощувальних стволів підйомників. Проектні колони були шарнірно закріплені на нижній поверхні ригелів ВП. Переміщення несучих ригелів ВП виконувалось методом виштовхування зі спиранням на стовпи підйомників, в підрощуванні яких були задіяні підйомники, закріплені на фундаментах (рис. 2.17).

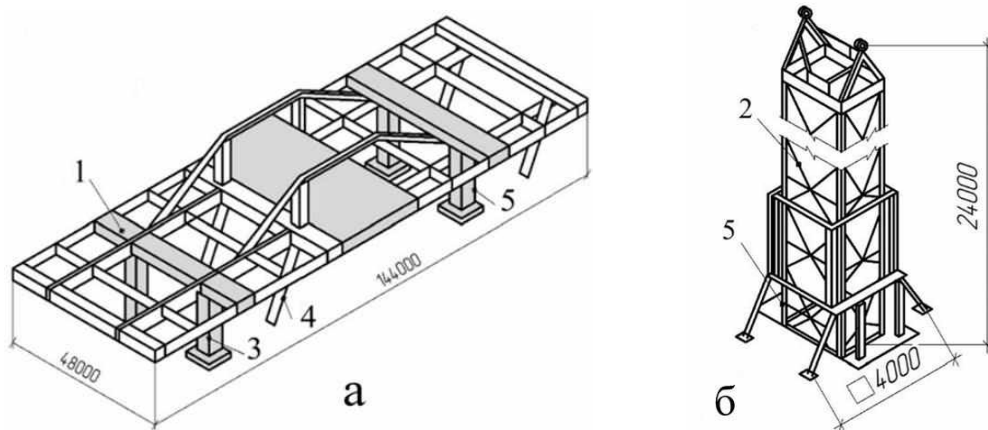


Рис. 2.17 Підйом покриття методом виштовхування зі спиранням несучих ригелів покриття на оголовки підрощувальних стовпів підйомників: а – великопрогонове покриття в процесі підйому, б – підйомний модуль ПГ-300, 1 – покриття, 2 – сегменти ствола підйомника, 3 – підрощений стовп підйомника, 4 – цілісна проектна колона, 5 – гідравлічні домкрати (за: [23, с.43])

Робочий хід штоків гідравлічних підйомників складав 1200мм. В процесі підрощування стволів підйомників проектні колони міняли своє положення з похилого до вертикального. Процес підрощування стволів ПМ був циклічним. Висота переміщення ВП за один цикл підрощування секцій стволів підйомників складала 2,0 м. Більша частина робіт по зведенню повнозбірного блоку покриття була сконцентрована в зоні підрощування колон на рівні фундаментів. В монтажних процесах на висоті 24,0 м монтажники були задіяні тільки на етапі закріплення колон каркасів в проектному положенні.

Головними недоліками вибраних реалізованих варіантів зведення ВП, які не дозволили і надалі використовувати дані технології при будівництві промислових об'єктів з ВП 100 % передпідйомної готовності, були наступні:

В2 – багаточисельні трудомісткі операції по демонтажу конструктивних елементів постійних з'єднань між спареними колонами при підйомі несучих ригелів ВП в просторі між спареними колонами та наступне повернення

демонтованих елементів з'єднань в початкове положення (рис. 2.16), що в свою чергу збільшувало тривання процесів циклічного підйому ВП. Сповільнення підйомного процесу було, також, пов'язане з необхідністю демонтажу секцій тягової стрічки в зоні розміщення підйомника після підйому ригелів ВП на чергові бм. До недоліків, також, можна віднести залучення в процеси передпідйомного закріплення підйомників на оголовках спарених колон ($h=35,0$ м) потужних стрілових самохідних кранів та використання вказаних кранів при демонтажі підйомників після закріплення ригелів ВП на оголовках колон. Для розміщення самохідних кранів використовувались технологічні зони шириною 14,0 м, влаштовані по зовнішньому контуру будівлі, що зводилась. При сучасному будівництві нових та відновленні пошкоджених великопрогонових об'єктів в умовах існуючої забудови населених місць забезпечити зону шириною $\leq 14,0$ м для технологічного переміщення кранів, практично неможливо.

В5 - при підйомі блоку покриття на проектну висоту зі спиранням на оголовки підрощувальних стовпів підйомників, в несучих ригелях ВП виникли значні прогини, які не дозволили встановити проектні колони в вертикальне положення за один технологічний цикл. Для встановлення колон в вертикальному положенні декілька разів були повторені операції підйому покриття на мінімальну висоту 120 – 150 мм. Ця фаза підйому покриття була дуже трудомісткою. Монтажні роботи по закріпленню РВП на оголовках колон виконувались на значних висотах ($h = 24,0-26,0$ м). Для уникнення відхилень в вертикальній площині підрощуваних стволів ПМ (схема спирання стволів ПМ на фундаменти – шарнірна) використовувались громіздкі та металоємні кондуктори (рис.2.17). Додатковий розхід металу для утворення напрямних кондукторів (160 т) та багаточисельні зупинки в процесі підрощування стовпів підйомників, пов'язаних з монтажем секцій кондукторів, доповнювали перелік недоліків технології зведення блоків ВП зі спиранням РВП в процесі підйому на оголовки підрощуваних стовпів ПМ.

Обидві конструктивно-технологічні схеми зведення ВП безкрановими методами з використанням варіантів В2 та В5 мають загальну особливість, яка

відповідає реаліям будівельної індустрії в Україні та за кордоном. Території, які відводяться під забудову нових ВБ в більшості випадків мають розміри, які передбачають мінімальні відстані між ділянками новобудов та, раніше зведеними об'єктами. З використанням варіантів В2 та В5 блоки ВП 100 % передпідйомної готовності і комплектації можуть зводитись на ділянках, розміри яких не перевищують габаритні розміри об'єктів нового будівництва. Складування та передпідйомне укрупнення ВП виконується за допомогою самохідних кранів в межах ділянки, яка формує контур майбутнього піднімаємого блоку покриття. Врахування недоліків конструктивно-технологічних рішень В2 – складність монтажу (демонтажу) підйомників на оголовках колон ($h = 35,0$ м) та В5 - шарнірна схема спирання підрощувальних стовпів підйомників, разом з перевагами варіантів В2 та В5 дозволили з використання методу поетапного синтезування оптимальних рішень [227] визначити пріоритетні напрямки створення системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, яка фокусується на принципах функціональної взаємодії ПМ з РВП і колонами, декількома способами :

- вертикальне переміщення ригелів ВП зі спиранням на ПМ, взаємодіючі з оголовками підрощувальних колон ВБ;
- вертикальне переміщення ригелів ВП в просторі між спареними колонами зі спиранням на оголовки підрощувальних стовпів ПМ за умови розміщення вузла підрощування стовпів ПМ на фундаменті.

Вказані способи взаємодії ПМ зі складовими КТМ зведення дозволили з дворівневої множини функцій взаємодії (рис. 2.12) виділити групи та підгрупи функцій для подальших досліджень (рис. 2.18). Це наступні функції:

- група функцій F5 (підгрупи функцій $f_{5,1} \div f_{5,6}$);
- група функцій F6 (підгрупи функцій $f_{6,1} \div f_{6,4}$).

Фактори впливу, відібрані для формування новітніх КТМ зведення КВБ з використанням ПМ (рис. 2.19) представлені наступними групами ФВ:

- група ФВ S_5 (підгрупи $S_{5,3} \div S_{5,5}$);
- група ФВ S_6 (підгрупи $S_{6,1}, S_{6,2}$).

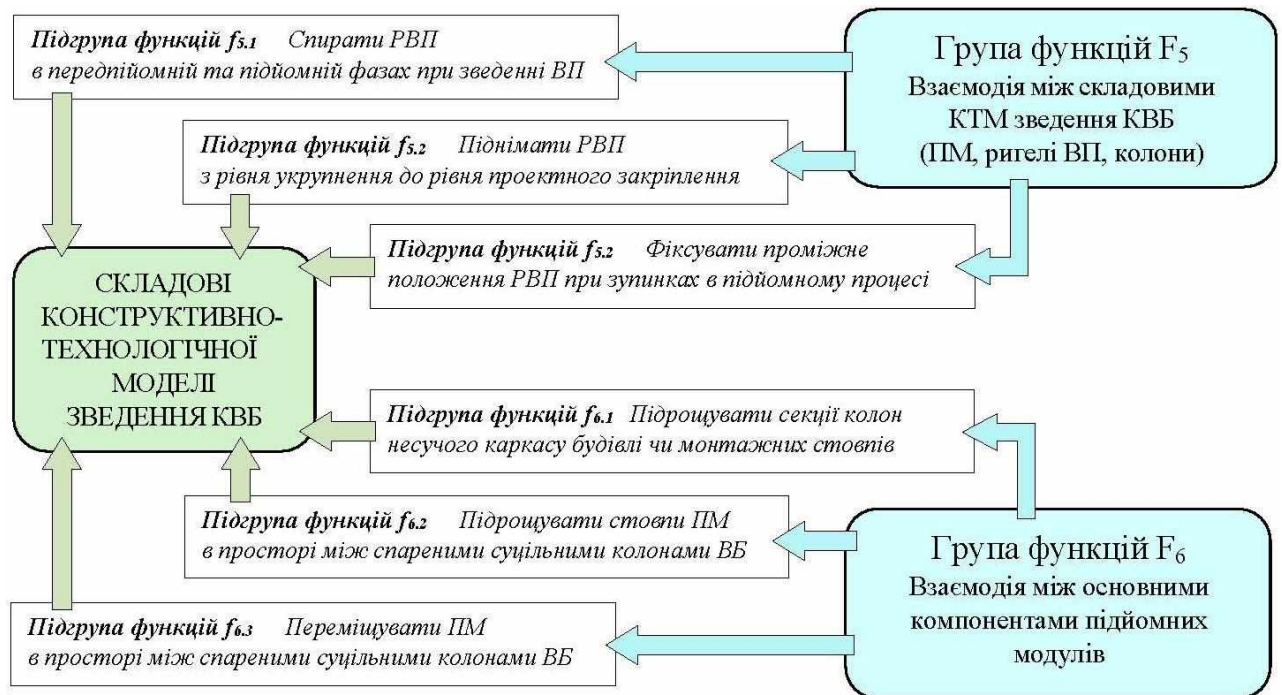


Рис. 2.18 Групи функцій взаємодії, відібрані для формування КТМ зведення великопрогонових будівель з використанням підйомних модулів

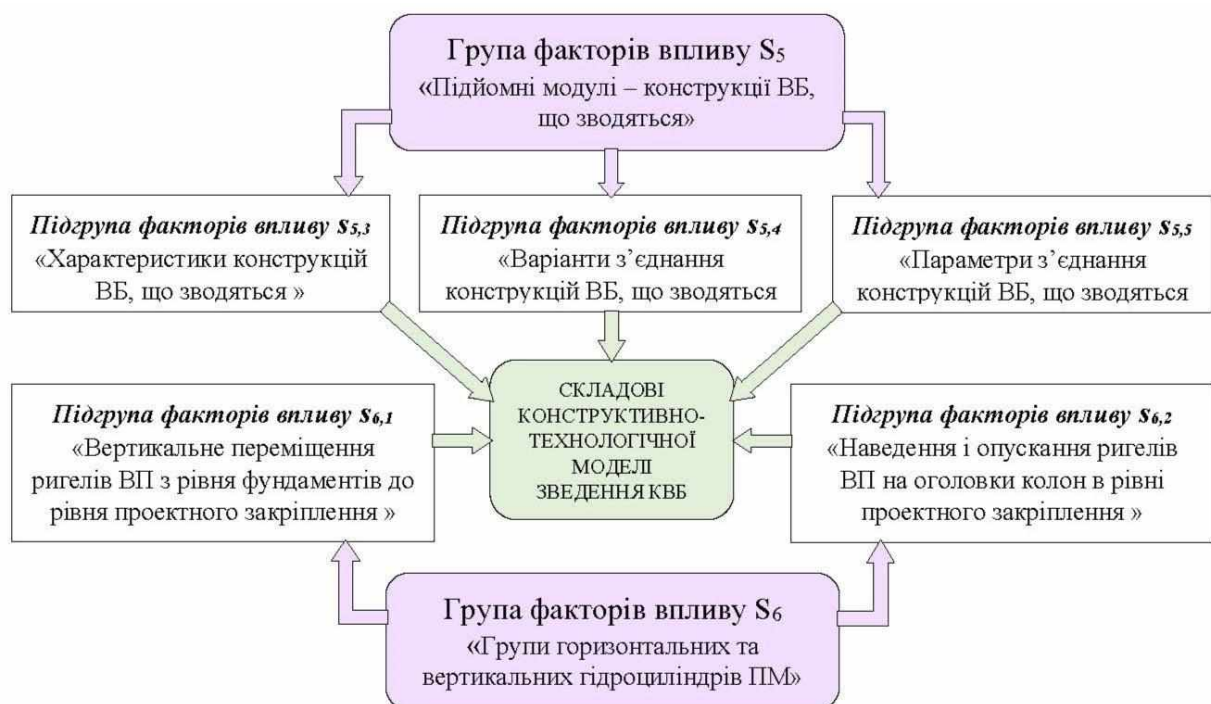


Рис. 2.19 Групи факторів впливу, відібрані для формування КТМ зведення великопрогонових будівель з використанням підйомних модулів

Висновки по другому розділу

1. На закладі аналізу особливостей реалізованих проектів будівництва ВБ з використанням безкранових монтажних технологій, були визначені основні складові КТМ зведення КВБ. а саме, силові технічні агрегати та несучі конструкції ВБ, що зводяться. Силові технічні агрегати представлені ПМ, які класифікуються, як стаціонарні, закріплені в фундаментних плитах, або пересувні, переміщення яких відбувається в вертикальній площині. Несучі конструкції КТМ – збірні підрощуванні або суцільні колони каркасів ВБ та ригелів ВП. Принциповою умовою функціонування КТМ при зведенні ВБ є вертикальне переміщення ригелів ВП методом виштовхування зі спиранням на секції підрощування колон чи на пересувні ПМ.

2. В результаті дослідження структури «технологія зведення будівель» встановлено, що комплексний процес зведення КВБ з використанням складових КТМ може бути представлений, як сукупність операцій, які визначають потрібність в діях (функціях) ПМ. Акцептуючи те, що ПМ реалізують технологічні функції на рівні операцій, система формування КТМ може бути витворена шляхом синтезу функцій багатоваріантної взаємодії ПМ, до складу яких входять групи гідравлічних чи пневматичних домкратів, з опорними поверхнями колон та ригелів покриттів ВБ, що зводяться.

3. В соціотехнічній системі перетворень «технологія будівництва» функціонально-цільовий обрис КТМ зведення розглядається не в конструктивно-технічній формі, а як сукупність характерних функцій. Головні функції складових КТМ зведення представляються у вигляді множини, яка складається з зовнішніх та внутрішніх функцій, об'єднаних в групи відповідно до характеру взаємодії складових моделей зведення з основними елементами соціотехнічної системи перетворень.

4. Визначення та систематизація характерних функцій КТМ зведення КВБ з використанням принципів декомпозиції дали змогу сформуванню дворівневої ієрархічної структури функцій взаємодії складових КТМ з усіма елементами соціотехнічної системи перетворень у процесі зведення КВБ. Також, були

визначені фактори, маючи вплив на функціональні властивості та конструктивно-технічні рішення ПМ, багатоваріантно взаємодіючих з конструктивними складовими КТМ в процесі зведення КВБ.

5. Найбільш важливі функції взаємодії КТМ зведення з елементами системи перетворень та факторів впливу на ПМ, задіяних в зведенні КВБ, були відібрані на закладі аналізу конструктивно-технологічних характеристик проектів будівництва великопрогонових об'єктів, при реалізації яких використовувались безкранові технології зведення методом підтягування по вертикальних напрямних (ММЗ) та методом підрощування колон (ММ4).

6. Відібрані групи функції взаємодії КТМ - F_5 «Взаємодія між складовими КТМ зведення», F_6 «Взаємодія між основними компонентами ПМ» та групи факторів впливу - S_5 «Підйомні модулі – конструкції ВП, що зводяться», S_6 «Групи горизонтальних і вертикальних гідроциліндрів ПМ» дозволяють звузити проектне поле при розробці та поетапному вдосконаленні новітніх КТМ зведення ВП з використанням ПМ, в якій головна увага буде приділятися принципам функціональній взаємодії між компоновками ПМ, колонами та ригелями ВП, за умови виконання комплексу будівельно-монтажних робіт по складуванню елементів несучого каркасу ВБ, передпідйомному укрупненню та інтегруванню блоків ВП на фундаментних монтажних стендах на наступному переміщенню укрупнених блоків ВБ 100 % готовності і комплектації на проектні відмітки в межах будівельних майданчиків, розміри яких не перевищують габаритні розміри конструктивно-технологічних блоків ВП, що зводяться.

Результати даного розділу дисертації опубліковані у наукових статтях, включених до переліку наукових фахових видань України [137; 181; 183; 209], у наукових статтях інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію [101; 210; 214; 215], в статтях у періодичних виданнях, включених до категорії «А» переліку фахових видань України [111; 188], в статтях у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection [203] та Scopus [211].

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДОВИХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЗВЕДЕННЯ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ БУДІВЕЛЬ

При визначенні структурно-логістичної схеми формування складових КТМ, задіяних в процесах вертикального переміщення несучих ригелів ВП з зони передпідйомного укрупнення в зону закріплення та остаточної фіксації РВП в проектному положенні, функціонально-цільовий обрис КТМ зведення розглядається не в конструктивно-технічній формі, а як сукупність функцій багатоваріантної взаємодії складових КТМ зведення КВБ зі структурними елементами соціотехнічної системи перетворень (рис. 2.11). Головний акцент при формуванні складових КТМ в процесі зведення КВБ ставився на функції взаємодії між підйомними модулями, конструкціями ригелів ВП, колонами (підгрупи функцій взаємодії $f_{5,1} \div f_{5,3}$) (рис. 2.18) та на фактори, впливаючи на конструктивно-технічні рішення основних складових КТМ, представлених ПМ і колонами каркасів, сприймаючих навантаження від РВП в процесі вертикального переміщення конструктивно-технологічних блоків ВП з рівні передпідйомного укрупнення на рівень остаточного закріплення на проектних висотних відмітках (підгрупи факторів впливу $s_{5,3} \div s_{5,5}$), (рис. 2.19).

3.1 Структурно-функціональна класифікація груп конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель

КТМ зведення ВБ, які складаються з підйомних модулів, ригелів ВП та колон, являють собою складну функціональну технологічну систему [109], яка характеризується проектною цільовою функцією $\Phi = \{Ц, М\}$, спрямованою на реалізацію процесу безкранового вертикального переміщення повнозбірних великопрогонових конструктивно-технологічних блоків покриттів методом виштовхування з рівня укрупнення до рівня проектного закріплення в умовах існуючої забудови населених місць, та яка визначається ціллю Ц і морфологією М технологічної системи $S_A = \{S, L_{gp}\}$, як сукупності структури S та внутрішніх

сталих зв'язків у вигляді логіки L_{gr} внутрішньої поведінки і функцій взаємодії між складовими КТМ в процесі зведення КВБ.

Технологічна система (S_A –система) в структурному плані є підсистемою процесу зведення КВБ (S_o –системи), а з функціональної точки зору – засобом досягнення цілі процесу зведення КВБ (цілі S_o –системи). Таким чином, цілі процесу зведення Π_m , як системоутворюючого фактору, може бути еквівалентною цілі Π технологічної системи ($\Pi \approx \Pi_m$) при її створенні та подальшому практичному використанні.

Загальні функціональні вимоги до складових КТМ визначаються на закладі наповнення і цільового призначення підгруп $f_{5,1} \div f_{5,3}$ функції F_5 «Взаємодія між складовими КТМ зведення КВБ» (2.15), та обов'язково враховуються при випрацюванні системи формування КТМ зведення КВБ підйомними модулями, та можуть бути сформульовані наступним чином:

- *забезпечення спирання РВП* в передпідйомній та в підйомній фазах на пересувні підйомні модулі чи на оголовки підрощуваних колон;
- *забезпечення вертикального переміщення РВП* методом виштовхування підйомними модулем чи підрощуваними колонами з рівня передпідйомного укрупнення до рівня проектного закріплення РВП на оголовках колон;
- *забезпечення фіксації проміжного положення РВП* при технологічних зупинках в процесі вертикального переміщення ВП на проектну висоту.

З урахуванням вказаних загальних функціональних вимог до формування КТМ зведення КВБ визначаються основні складові елементи (підсистеми) технологічної системи S_A :

- a_1 - підсистема спирання РВП в передпідйомній та підйомній фазах (відповідно до $f_{5,1}$) ;
- a_2 - підсистема вертикального переміщення РВП методом виштовхування (відповідно $f_{5,2}$) ;
- a_3 - підсистема фіксації проміжного положення РВП при технологічних зупинках в підйомному процесі (відповідно до $f_{5,3}$) .

При цьому, структура технологічної системи може бути представлена у вигляді:

$$S = (a_1, a_2, a_3) \text{ або } S = \{a_i\}, i \in \{1,3\}. \quad (3.1)$$

Якщо логіку внутрішньої поведінки $\{l_{ij}\}$ зазначених підсистем $\{s_i\}$ задати відповідними параметрами результату їхньої функціональної взаємодії $\varphi: \{s_i\}, \{l_{ij}\} \rightarrow \{p_{ij}\}$, із множини допустимих параметрів $p_{ij} \in [p_{ij}^{min}, p_{ij}^{max}]$, отримуємо множину ідеальних станів технологічної системи $\{C_z\}$:

$$\{C_z\} = \begin{cases} (p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1k}), \\ (p_{21}, p_{22}, \dots, p_{2l}), \\ (p_{31}, p_{32}, \dots, p_{3m}). \end{cases} \quad p_{ij} \in [p_{ij}^{min}, p_{ij}^{max}]. \quad (3.2)$$

Комбінація станів визначає певну фазу роботи технологічної системи, яка характеризує відповідний етап технологічного процесу переміщення несучих ригелів ВП з рівня передпідйомного укрупнення до рівня проектного закріплення на оголовках колон. Це дозволяє системну властивість $Q(S_A)$ технологічної системи зведення великопрогонових покриттів з використанням гідравлічних підйомних модулів (як S_A -системи) формально представити у наступному вигляді:

$$Q(S_A) = \begin{cases} \Phi = \{Ц, М\}, \\ Ц \approx Ц_M, \\ М = \{S, L_{gp}\}, \\ S = (a_1, a_2, a_3), \quad p_{ij} \in [p_{ij}^{min}, p_{ij}^{max}], i \in \{1,3\}. \\ \{C_z\} = \begin{cases} (p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1k}), \\ (p_{21}, p_{22}, \dots, p_{2l}), \\ (p_{31}, p_{32}, \dots, p_{3m}). \end{cases} \end{cases} \quad (3.3)$$

Системна властивість $Q(S_A)$ технологічної системи зведення ВП задовольняє умові

$$(\forall_r, S_A) \left[\exists! \frac{Q(S_A) = \{Q(s_i)\}}{i = \overline{1, n}; Q_i \cap Q_r} \right] \quad (3.4)$$

для всіх r варіантів декомпозиції S_A -системи на підсистеми існує відповідна їй системна властивість $Q(S_A)$, така, що у множині системних властивостей Q_i і множині властивостей всіх підсистем Q_r можуть існувати загальні елементи, які належать як Q_i , так і Q_r .

За умови того, що весь процес переміщення конструкцій ВП на проектні відмітки реалізується технологічною системою S_A , загальна тривалість процесу зведення покриття T_m може бути представлена як сума тривалості всіх циклів зведення $\sum_{i=1,N} t_i$. Отже розрахунок ефективності функціонування технологічної системи, який враховує витрати часу Ч на передпідйомне закріплення ригелів покриттів на підйомних модулях чи оголовках підрощуваних колон $t^{пз}$, переміщення РВП на проектну висоту $t^{пп}$, остаточне закріплення РВП в проектному положення $t^{оз}$, та демонтаж механізмів підйомних модулів $t^{дп}$ на рівні оголовків колон чи на рівні фундаментних плит, можна представити у вигляді

$$T_m = \sum_{i=1,N} t_i \rightarrow \min \quad (3.5)$$

при умові, що $\text{Ч} = \xrightarrow{opt} \text{Ч}_{min}$,

де Ч_{min} – сумарний мінімальний показник витрат часу на передпідйомне закріплення РВП на опорних поверхнях ПМ або на верхніх секціях підрощуваних колон, переміщення РВП на проектні відмітки зі спиранням на ПМ чи на оголовки підрощуваних колони, остаточне закріплення РВП в проектному положенні та демонтаж ПМ.

З використанням принципів декомпозиції і ієрархії кожен з підгруп $f_{5,1}, f_{5,2}, f_{5,3}$, головної функції взаємодії F_5 можна розділити на функції наступного рівня в залежності від багатоваріантного конструктивно-технічного рішення, функціонального-технологічного призначення складових КТМ та характеру функціональної взаємодії між ними, на всіх етапах вертикального переміщення повнозбірних блоків ВП.

Підгрупа функцій $f_{5,1}$ «спирати РВП в передпідйомний та підйомний фазах зведення КВБ» може бути представлена множиною:

$$f_{5,1} = \{ f_{5,1,1}, f_{5,1,2}, f_{5,1,3}, f_{5,1,4}, f_{5,1,5}, f_{5,1,6} \}, \quad (3.6)$$

Де $f_{5,1,1}$ – спирати РВП на підрощувані колони ВБ;

$f_{5,1,2}$ – спирати РВП на підйомні модулі, які підрощують колони ВБ;

$f_{5,1,3}$ – спирати РВП почергово на підрощувані колони ВБ або на підрощувані монтажні стовпи;

$f_{5,1,4}$ – спирати РВП почергово на підрощувані колони ВБ або на підйомні модулі, які розміщені на підрощуваних монтажних стовпах;

$f_{5,1,5}$ – спирати РВП на підрощувані стовпи ПМ в просторі між суцільними спареними колонами ВБ;

$f_{5,1,6}$ – спирати РВП на пересувні підйомні модулі в просторі між суцільними спареними колонами каркасів ВБ.

Підгрупа функцій $f_{5,2}$ «переміщувати РВП в вертикальній площині з зони передпідйомного укрупнення ВП в зону остаточного закріплення РВП в проектному положенні» може бути представлена множиною:

$$f_{5,2} = \{ f_{5,2,1}, f_{5,2,2}, f_{5,2,3}, f_{5,2,4}, f_{5,2,5}, f_{5,2,6}, f_{5,2,7} \}, \quad (3.7)$$

де $f_{5,2,1}$ – переміщувати РВП зі спираанням на підрощувані колони ВБ, за умови розміщення ПМ на фундаментах;

$f_{5,2,2}$ – переміщувати РВП зі спираанням на підрощувані колони ВБ, за умови розміщення ПМ на нижніх секціях підрощуваних колон ВБ;

$f_{5,2,3}$ – переміщувати РВП зі спираанням на підйомні модулі, за умови розміщення підйомних модулів на оголовках підрощуваних колон ВБ;

$f_{5,2,4}$ – переміщувати РВП з почерговим спираанням на підрощувані колони ВБ або на підрощувані монтажні стовпи, за умови розміщення ПМ на фундаментах;

$f_{5,2,5}$ – переміщувати РВП з почерговим спираанням на підрощувані колони будівлі або на ПМ, при розміщенні ПМ на підрощуваних монтажних стовпах ;

$f_{5,2,6}$ – переміщувати РВП зі спираанням на підрощувані стовпи ПМ, за умови розміщення ПМ в просторі між суцільними спареними колонами ВБ;

$f_{5,2,7}$ – переміщувати РВП зі спираанням на пересувні ПМ, за умови розміщення ПМ в просторі між суцільними спареними колонами ВБ.

Підгрупа функцій $f_{5,3}$ «фіксувати проміжне положення РВП при зупинках в підйомному процесі» може бути представлена множиною:

$$f_{5,3} = \{ f_{5,3,1}, f_{5,3,2}, f_{5,3,3}, f_{5,3,4}, f_{5,3,5}, f_{5,3,6}, f_{5,3,7} \}, \quad (3.8)$$

де $f_{5,3,1}$ – передавати навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, через підрощуванні колони ВБ, на ПМ, розміщені на фундаментах;

$f_{5,3,2}$ – передавати навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, через підрощуванні колони ВБ, на ПМ, розміщені на нижніх секціях підрощуваних колон ВБ;

$f_{5,3,3}$ – передавати навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, через ПМ, на підрощуванні колони ВБ;

$f_{5,3,4}$ – передавати по чергово навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, на підрощуванні колони ВБ або на ПМ, через підрощуванні монтажні стовпи;

$f_{5,3,5}$ – передавати по чергово навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, на підрощуванні колони ВБ або на підрощуванні монтажні стовпи, через ПМ;

$f_{5,3,6}$ – передавати навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, через підрощуванні стовпи ПМ, на суцільні спарені колони ВБ;

$f_{5,3,7}$ – передавати навантаження від РВП під час зупинок в підйомному процесі, через пересувні ПМ, на суцільні спарені колони ВБ;

Множини підгруп функцій $f_{5,1}$ (3.6), $f_{5,2}$ (3.7), $f_{5,3}$ (3.8) наведено в табл.3.1. Використовуючи принципи створення конструктивних функціональних структур технічних систем [228-230] та представлення «предмету-оригіналу предметом його подібності» у вигляді «предметно-фізичної моделі» [189], акцептуючи багатоваріантність функціональної взаємодії між складовими КТМ зведення КВБ (Таб.3.1), для всіх варіантів r системи S_A (3.1) визначаються множини системних властивостей $Q(S_A)$ з відповідними множинами параметрів функціональної взаємодії $\{p_{ij}\}$, що дозволяє сформувати основні групи КТМ зведення КВБ (групи $A1 \div A7$). На закладі порівняльного аналізу технологічних характеристик сформованих груп КТМ зведення КВБ в подальшому визначаються ідеальні стани C_z (3.2) підсистем a_{1i} , a_{2i} , a_{3i} складної технологічної системи S_A і вибираються

оптимальні варіанти КТМ з найкращими параметрами їхньої функціональної взаємодії $p_{i,j}$. Відібранні таким чином КТМ, відповідають цільовому призначенню Π_m технологічної системи S_A - зведення нових та відновлення, пошкоджених великопрогонових громадянських та промислових об'єктів в умовах існуючої забудови населених місць.

Таблиця 3.1

Розгорнута структура підгруп функції взаємодії F_5

Підгрупи функцій взаємодії		Складові підгруп функцій взаємодії	
Позначення	Найменування	Позначення	Найменування
$f_{5,1}$	Спирати ригелі великопрогонових покриттів (РВП) в передпідйомній та підйомній фазах зведення великопрогонових будівель (ВБ)	$f_{5,1,1}$	Спирати РВП на оголовки підрошуваних колон ВБ
		$f_{5,1,2}$	Спирати РВП на підйомні модулі (ПМ), виконуючі підрошування колон ВБ
		$f_{5,1,3}$	Почергово спирати РВП на оголовки підрошуваних колон ВБ або на оголовки підрошуваних монтажних стовпів
		$f_{5,1,4}$	Почергово спирати РВП на оголовки підрошуваних колон ВБ або на ПМ, розташовані на підрошуваних монтажних стовпах
		$f_{5,1,5}$	Спирати РВП на оголовки підрошуваних стовпів ПМ
		$f_{5,1,6}$	Спирати РВП на верхні опорні рами пересувних ПМ
$f_{5,2}$	Переміщувати РВП методом виштовхування в вертикальній площині з зони передпідйомного укрупнення великопрогонових покриттів (ВП) в зону остаточного закріплення РВП в проектному положенні	$f_{5,2,1}$	Виштовхувати РВП підрошуваними колонами ВБ, за умови розміщення ПМ на фундаментах
		$f_{5,2,2}$	Виштовхувати РВП підрошуваними колонами ВБ, за умови розміщення ПМ на нижніх секціях підрошуваних колон
		$f_{5,2,3}$	Виштовхувати РВП підйомними модулями, розміщеними на підрошуваних колонах ВБ
		$f_{5,2,4}$	Виштовхувати РВП почергово підрошуваними колонами ВБ або підрошуваними монтажними стовпами, за умови розміщення ПМ на фундаментах
		$f_{5,2,5}$	Виштовхувати РВП почергово підрошуваними колонами ВБ або ПМ, розміщеними на підрошуваних монтажних стовпах
		$f_{5,2,6}$	Виштовхувати РВП підрошуваними стовпами ПМ, за умови розміщення ПМ між суцільними спареними колонами ВБ
		$f_{5,2,7}$	Виштовхувати РВП пересувними ПМ, за умови вертикального переміщення ПМ між суцільними спареними колонами ВБ
$f_{5,3}$	Фіксувати проміжне положення РВП при зупинках в процесі вертикального переміщення з зони укрупнення в зону остаточного закріплення в проектному положенні	$f_{5,3,1}$	Передавати навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, через підрошувані колони ВБ, на ПМ, розміщені на фундаментах
		$f_{5,3,2}$	Передавати навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, через підрошувані колони ВБ, на ПМ, розміщені на нижніх секціях підрошуваних колон
		$f_{5,3,3}$	Передавати навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, через ПМ, на підрошувані колони ВБ
		$f_{5,3,4}$	Передавати почергово навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, на підрошувані колони ВБ або на ПМ, через підрошувані монтажні стовпи
		$f_{5,3,5}$	Передавати почергово навантаження від РВП, при зупинках в процесі підйому, на підрошувані колони ВБ або на підрошувані монтажні стовпи, через ПМ
		$f_{5,3,6}$	Передавати навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, на суцільні спарені колони ВБ, через підрошувані стовпи ПМ
		$f_{5,3,7}$	Передавати навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, на суцільні спарені колони ВБ, через пересувні ПМ

Групи $A1 \div A7$ можуть бути сформульовані наступним чином :

Група $A1$ Зведення ВП методом нижнього підрошування колон ВБ.

Функціональна взаємодія φ_{A1} між складовими КТМ зведення КВБ з параметрами p_{11} , p_{12} , p_{13} відповідних підсистем a_{11} , a_{12} , a_{13} складної технологічної системи S_{A1} передбачає спирання РВП в передпійомній та підйомній фазах на оголовки підрошуваних колон ВБ, переміщення РВП на проектні відмітки методом нижнього підрошування колон ВБ за умови розміщення ПМ на фундаментах, та передачу навантаження від РВП, під час зупинок в процесі переміщення ВП на проектну висоту, на ПМ, через підрошуванні колони ВБ. Загальну схему взаємодії між складовими КТМ при зведенні ВП методом нижнього підрошування колон каркасу ВБ наведено на рис. 3.1, а .

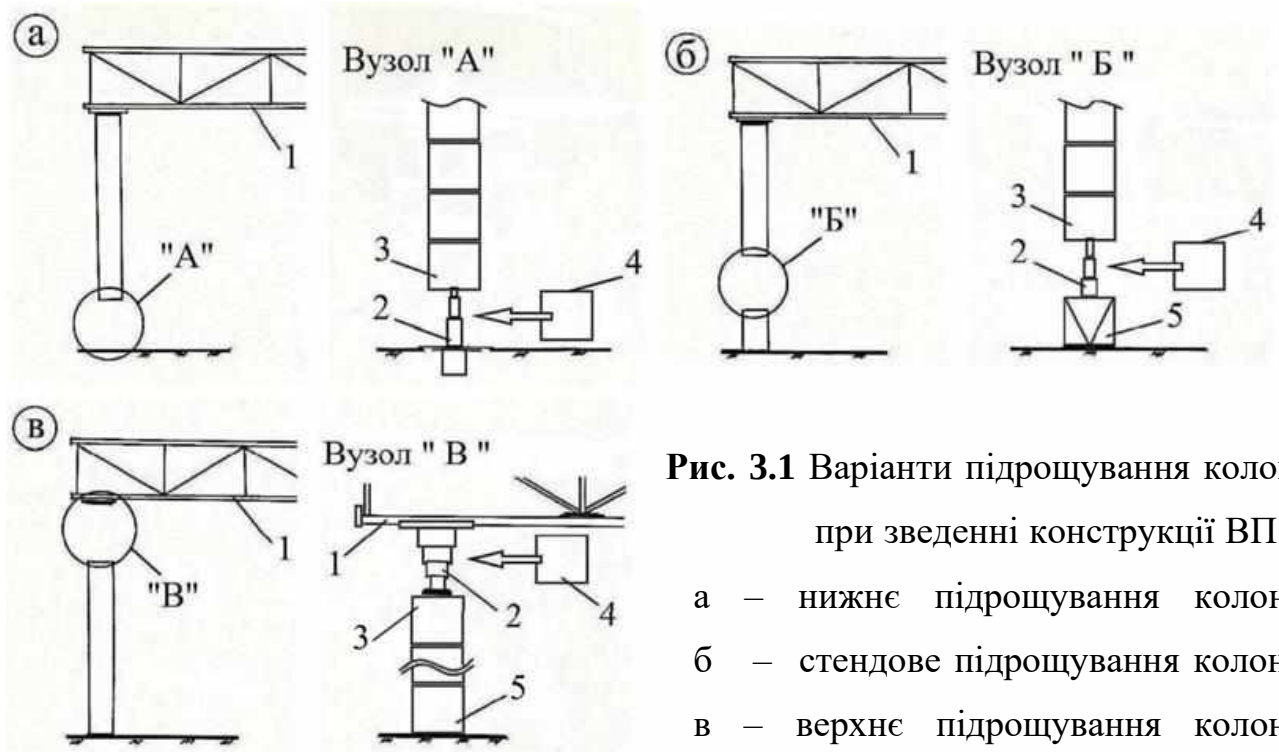


Рис. 3.1 Варіанти підрошування колон при зведенні конструкції ВП :

- а – нижнє підрошування колон,
- б – стендове підрошування колон;
- в – верхнє підрошування колон,

1 - несучий ригель ВП, 2 – гідравлічний домкрат, 3 – підрощена секція колони, 4 – секція колони в зоні підрошування, 5 – нижня секція підрощеної колони

Стан C_{A1} технологічної системи S_{A1} може бути представлений у вигляді:

$$C_{A1} = (a_{11}, a_{12}, a_{13}) \text{ або } C_{A1} = (p_{11}, p_{12}, p_{13}), \quad (3.9)$$

де p_{11} - спирання РВП на підрошуванні колони ВБ, відповідно до $f_{5,1,1}$ (Таб.3.1);

p_{12} - переміщення РВП зі спиранням на підрощуванні колони ВБ, за умови розміщення ПМ на фундаментах, відповідно до $f_{5,2,1}$ (табл. 3.1);

p_{13} - передача навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, через підрощуванні колони ВБ, на ПМ, розміщені на фундаментах, відповідно до $f_{5,3,1}$ (табл. 3.1).

Група А2 *Зведення ВП методом стендового підрощування колон ВБ.*

При використанні методу стендового підрощування колон, укрупнення ВП виконується на монтажних стендах. Одночасно з укрупненням ВП в повнозбірні конструктивно-технологічні блоки на стендах (висота до 2,0 м), на фундаментах закріплюють нижні секції підрощуваних колон ВБ. На нижні секції підрощуваних колон встановлюють ПМ. Висоту нижніх секцій підрощуваних колон передбачають такою, щоб верхні площини стендів передпідйомного укрупнення ВП могли використовуватись в якості напрямних при подачі наступних секцій збірних колон ВБ в зону стендового підрощування (рис. 3.1, б). Надалі весь процес зведення ВП виконується по аналогії з варіантом зведення ВП методом нижнього підрощування колон ВБ.

Стан C_{A2} технологічної системи S_{A2} може бути представлений у вигляді:

$$C_{A2} = (a_{21}, a_{22}, a_{23}) \quad \text{або} \quad C_{A2} = (p_{21}, p_{22}, p_{23}) , \quad (3.10)$$

де p_{21} - спирання РВП на підрощуванні колони ВБ, відповідно до $f_{5,1,1}$ (табл. 3.1);

p_{22} - переміщення РВП зі спиранням на підрощуванні колони ВБ, за умови розміщення ПМ на нижніх секціях підрощуваних колон, відповідно до $f_{5,2,2}$ (табл. 3.1);

p_{23} - передача навантаження від РВП, при зупинках в процесі підйому ВП, через підрощуванні колони ВБ, на ПМ, розміщені на нижніх секціях підрощуваних колон, відповідно до $f_{5,3,2}$ (табл. 3.1).

Група А3 *Зведення ВП методом верхнього підрощування колон ВБ.*

При використанні методу верхнього підрощування колон ВБ в передпідйомній фазі, одночасно з укрупненням ВП на фундаментах, під РВП

встановлюють ПМ. В процесі верхнього підрощування колон складові КТМ зведення функціонально взаємодіють таким чином, що ПМ виштовхує РВП в вертикальній площині на проектні відмітки зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон ВБ (рис. 3.1, в). Поелемента подача секцій колон ВБ в зону верхнього підрощування, традиційно, виконується стріловими кранами, а в умовах щільної забудови секції колон в монтажну зону подаються по напрямних, закріплених на нижніх поверхнях ВП (всі секції підрощуваних колон закріплюються на напрямних ВП одночасно з укрупненням блоків покриттів на монтажних стендах).

Стан C_{A3} технологічної системи S_{A3} може бути представлений у вигляді:

$$C_{A3} = (a_{31}, a_{32}, a_{33}) \quad \text{або} \quad C_{A3} = (p_{31}, p_{32}, p_{33}), \quad (3.11)$$

де p_{31} - спирання РВП на підйомні модулі, задіянні в підрощуванні колон ВБ, відповідно до $f_{5,1,2}$ (табл. 3.1);

p_{32} - переміщення РВП підйомними модулями, розміщеними на оголовках підрощуваних колон ВБ, відповідно до $f_{5,2,3}$ (табл. 3.1);

p_{33} - передача навантаження від РВП, при зупинках в процесі підйому ВП на підрощуванні колони ВБ через ПМ, відповідно до $f_{5,3,3}$ (табл. 3.1).

Для забезпечення стійкості підрощуваних колон каркаса в процесі їхнього підрощування при шарнірній схемі спирання колон на фундаменти (Групи А1 та А2) передбачається використання габаритних металевих підкосів, які розміщують по зовнішньому контуру ВБ, що зводиться. В умовах сьогодення на щільно забудованих територіях розміщення стабілізаційних відкосів по контуру об'єкта зведення неможливе. З цих припущень в подальшому дослідженні формування та аналіз функціональної взаємодії складових КТМ груп А1 та А2 при зведенні КВБ не виконувались.

Група А4 Зведення ВП методом нижнього підрощування колон ВБ та монтажних стовпів.

При використанні методу нижнього підрощування колон ВБ та монтажних стовпів всі технологічні процеси по підрощуванню вертикальних конструктивних елементів сконцентровані на фундаментах.. Для цього, в передпідйомний фазі

спочатку в фундаментних нішах розміщують корпуси домкратів ПМ, закріплення яких передбачається під підрощуваними монтажними стовпами (рис. 3.2).

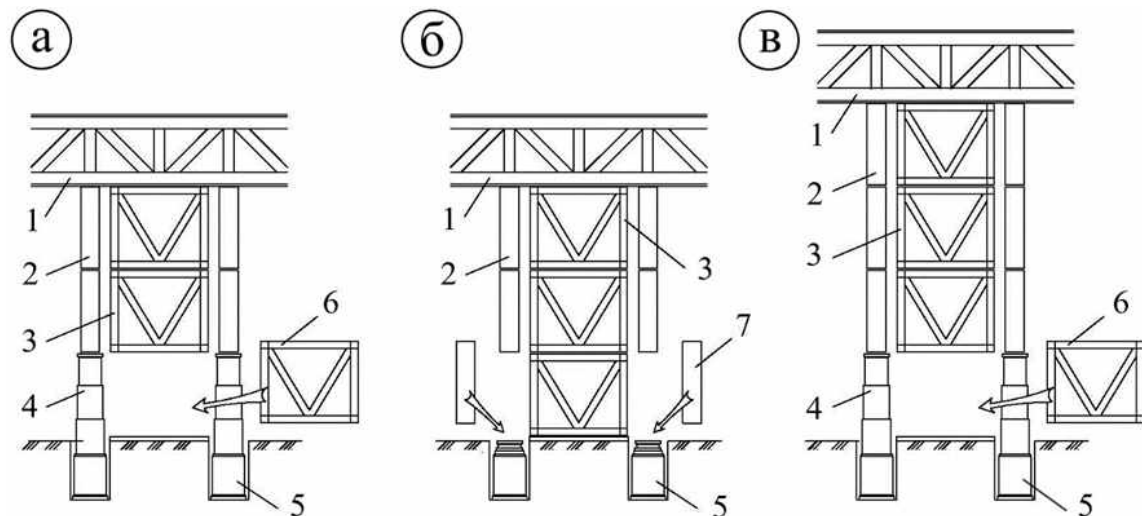


Рис. 3.2 Зведення ВП методом нижнього підрощування колон ВБ та монтажних стовпів: а – підрощування колони ВБ, б – підрощування монтажного стовпа, в – передача навантаження від ВП на ПМ, 1 – ВП , 2 – підрощена секція монтажного стовпа, 3 – підрощена секція колони ВБ, 4 - шток домкрата ПМ, 5 – корпус домкрата ПМ, 6 – секція колони ВБ в зоні підрощування, 7 – секція монтажного стовпа в зоні підрощування

Після укрупнення блоків покриттів на монтажних стендах, виконується циклічне покрокове вертикальне переміщення РВП. В кожному циклі переміщення РВП складові КТМ зведення функціонально взаємодіють між собою таким чином, що спочатку домкрати ПМ виштовхують РВП на висоту, яка дорівнюється висоті робочого ходу штоків домкратів ПМ, далі в простір між штоками домкратів ПМ подають оголовки підрощуваних колон ВБ. Виконують з'єднання оголовків підрощуваних колон ВБ та ригелів ВП. Звільненні від навантаження, штоки домкратів ПМ опускають в корпуси, при цьому навантаження від ригелів ВП передається на оголовки підрощуваних колон ВБ. В витворений монтажний простір між РВП і корпусами домкратів ПМ подають секції першого ярусу підрощуваних монтажних колон. Далі штоки домкратів ПМ переміщують секції першого ярусу підрощуваних монтажних колон, а разом з ними РВП і оголовки підрощуваних колон ВБ, на висоту робочого ходу штоків домкратів ПМ. В монтажний простір, між штоками домкратів ПМ, фундаментами

і нижньою площиною підрощених колон ВБ, подають наступну секцію збірної колони ВБ для виконання процесу підрощування. Після досягнення РВП проектної висоти з почерговим спиранням на підрощувані колони та на монтажні стовпи, виконують демонтаж секцій підрощених монтажних стовпів та ПМ.

Стан C_{A4} технологічної системи S_{A4} може бути представлений у вигляді:

$$C_{A4} = (a_{41}, a_{42}, a_{43}) \quad \text{або} \quad C_{A4} = (p_{41}, p_{42}, p_{43}), \quad (3.12)$$

де p_{41} - почергове спирання РВП на оголовки підрощуваних колон ВБ або монтажних стовпів, відповідно до $f_{5,1,3}$ (табл. 3.1);

p_{42} - почергове переміщення РВП підрощуваними колонами ВБ або монтажними стовпами, за умови розміщення ПМ на фундаментах, під підрощуваними монтажними стовпами, відповідно до $f_{5,2,4}$ (табл. 3.1);

p_{43} - почергова передача навантаження від РВП, під час зупинок в процесі підйому ВП, на підрощуванні колони ВБ або на ПМ, через підрощуванні монтажні стовпи, відповідно до $f_{5,3,4}$ (табл. 3.1).

Група А5 Зведення ВП методом верхнього підрощування колон ВБ та монтажних стовпів.

При використанні методу верхнього підрощування колон ВБ та монтажних стовпів в передпідйомний фазі одночасно з укрупненням ВП закріплюють корпуси домкратів ПМ в просторі між верхніми і нижніми ребрами жорсткості конструкцій ВП. При цьому передбачається попарне закріплення корпусів домкратів ПМ з бокових сторін РВП (рис. 3.3). Покроковий підйом РВП виконується циклічно. В кожному циклі підйому РВП складові КТМ зведення функціонально взаємодіють таким чином, що спочатку ПМ зі спиранням на фундаменти виштовхують РВП на висоту, яка дорівнюється висоті робочого ходу штоків домкратів ПМ. В простір між штоками домкратів ПМ подають нижню секцію підрощуваної колони ВБ. Закріплюють нижню секцію збірної колони ВБ на фундаментах. Переміщують штоки в корпуси домкратів ПМ і опускають РВП на нижню секцію підрощуваної колони ВБ. В простір між РВП та фундаментами подають секції нижнього ярусу підрощуваних монтажних стовпів. Закріплюють

нижні секції монтажних стовпів в фундаментах. Зі спиранням на нижні секції підрощуваних монтажних стовпів висувають штоки домкратів ПМ.

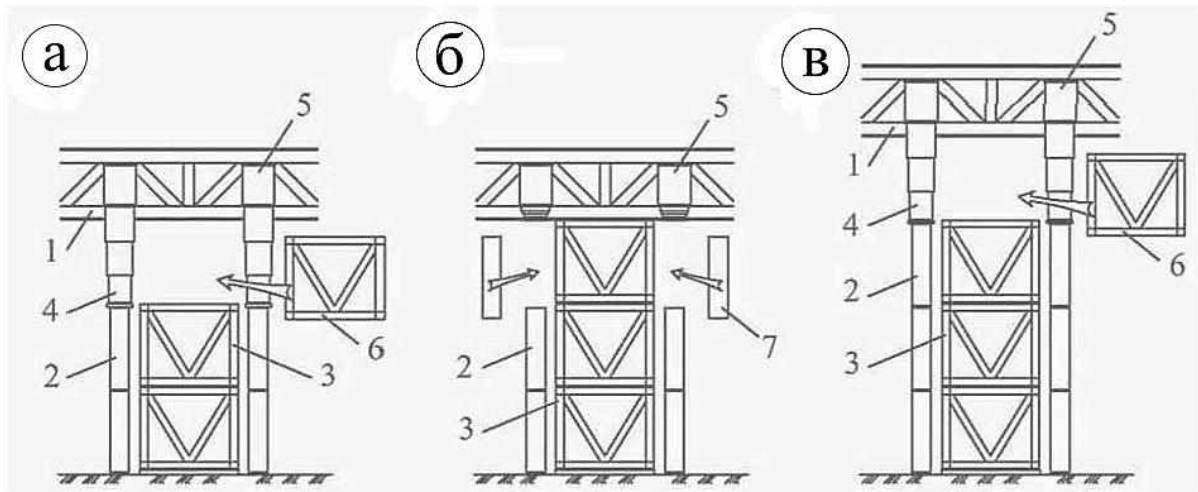


Рис. 3.3 Зведення ВП методом верхнього підрощування колон ВБ та монтажних стовпів: а – підрощування колони ВБ, б – підрощування монтажних стовпів, в – передача навантаження від ВП на ПМ, 1 – ВП , 2 – підрощена секція монтажного стовпа, 3 – підрощена секція колони ВБ, 4 - шток домкрата ПМ, 5 – корпус домкрата ПМ, 6 – секція колони ВБ в зоні підрощування, 7 – секція монтажного стовпа в зоні підрощування

В монтажний простір між РВП і нижнім ярусом підрощених колон ВБ подають секції другого ярусу колон ВБ для виконання процесу підрощування. Далі цикл почергового підрощування колон ВБ та монтажних стовпів повторюють до моменту переміщення РВП на висоту проектного закріплення.

Стан C_{A5} технологічної системи S_{A5} може бути представлений у вигляді:

$$C_{A5} = (a_{51}, a_{52}, a_{53}) \text{ або } C_{A5} = (p_{51}, p_{52}, p_{53}), \quad (3.13)$$

де p_{51} - почергове спирання РВП на підрощувані колони ВБ або на ПМ, виконуючі підрощування монтажних стовпів, відповідно до $f_{5,1,4}$ (табл. 3.1);

p_{52} - почергове переміщення РВП оголовками підрощуваних колон ВБ або ПМ, розміщеними на оголовках підрощуваних монтажних стовпів, відповідно до $f_{5,2,5}$ (табл. 3.1);

p_{53} - почергова передача навантаження від РВП, при зупинках в процесі підйому ВП, на підрощувані колони ВБ або на підрощувані монтажні стовпи, через ПМ, відповідно до $f_{5,3,5}$ (табл. 3.1).

Група А6 Зведення ВП зі спиранням на збірні стовпи підйомних модулі, які підрошуються між спареними суцільними колонами каркасу ВБ, що зводиться.

При використанні справжнього методу зведення ВП, функціональна взаємодія між складовими КТМ передбачає переміщення РВП в вертикальній площині в просторі між суцільними спареними колонами ВБ зі спиранням на збірні стовпи ПМ, в підрошуванні яких задіянні домкрати ПМ, розміщені на фундаментах (рис. 3.4).

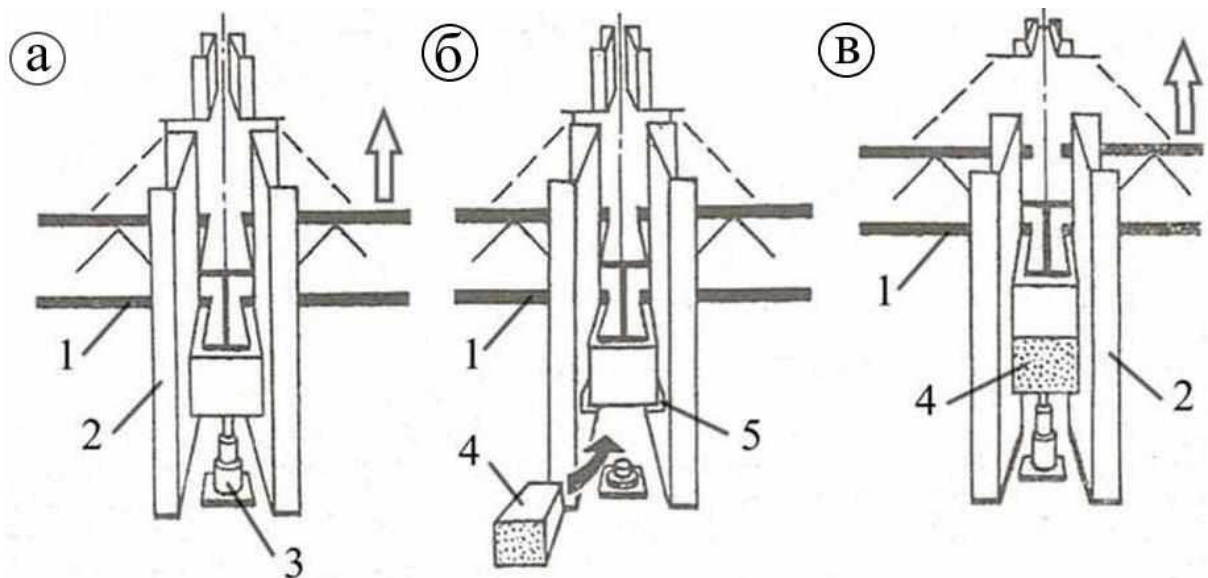


Рис. 3.4 Технологічний процес вертикального переміщення ригелів ВП зі спиранням на збірні стовпи ПМ, які підрошуються між спареними колонами каркасу ВБ : а – підйом РВП та секції підрошуваного стовпа ПМ, б – передача навантаження від РВП та секції підрошуваного стовпа ПМ на фіксатори підйому, в – підрошування другої секції стовпа ПМ, 1 - ВП, 2 – суцільна спарена колона каркасу ВБ, 3 – вертикальний домкрат ПМ, 4 - підрошувана секція стовпа ПМ , 5 – фіксатори підйому, закріплені на спарених колонах

В передпідйомній фазі спочатку між спареними колонами ВБ на фундаментах розміщують домкрати ПМ. Потім на домкрати ПМ спирають РВП. Покроковий підйом РВП має циклічний характер. Спочатку ПМ переміщують РВП на висоту робочого ходу штоків домкратів ПМ. Фіксатори ПМ, закріплені попарно на внутрішніх поверхнях спарених колон ВБ, заводять під нижню поверхню РВП. Це дозволяє повернути штоки домкратів ПМ в домкратні корпуси. В простір між домкратами ПМ та нижньою поверхнею РВП подають першу секцію

підрощуваного стовпа ПМ. Домкратами починають переміщувати першу секцію стовпа ПМ та РВП, за умови сприйняття навантаження від піднімаємих конструкцій домкратами ПМ. Це дозволяє повернути фіксатори підйому ПМ в початкове положення. Першу секцію стовпа ПМ та РВП переміщують на висоту, еквівалентну робочому ходу штоків домкратів ПМ. Потім навантаження від РВП та першої секції стовпа ПМ передають на фіксатори підйому, а штоки домкратів ПМ повертають в домкратні корпуси і подають наступну секцію стовпа ПМ в зону підрощування. Стан C_{A6} технологічної системи S_{A6} може бути представлений у вигляді:

$$C_{A6} = (a_{61}, a_{62}, a_{63}) \quad \text{або} \quad C_{A6} = (p_{61}, p_{62}, p_{63}) \quad , \quad (3.14)$$

де p_{61} - спирання РВП на оголовки підрощуваних стовпів ПМ, відповідно до $f_{5,1,5}$ (табл. 3.1);

p_{62} - переміщення РВП підрощуваними стовпами ПМ в просторі між суцільними спареними колонами каркасів ВБ, відповідно до $f_{5,2,6}$ (табл.3.1);

p_{63} - передача навантаження від РВП, при зупинках в процесі підйому, на спарені колони, через підрощувані стовпи ПМ, відповідно до $f_{5,3,6}$ (табл.3.1).

Група А7 *Зведення ВП зі спиранням на пересувні підйомні модулі, які переміщуються в просторі між спареними колонами каркасу ВБ, що зводиться.*

Функціональна взаємодія між складовими КТМ зведення ВП з використанням пересувних ПМ передбачає в передпідйомний фазі при формуванні інтегрованих просторових покрівельних блоків на фундаментних монтажних стендах з одночасним виконанням процесів формування покрівельних конструкцій, закріплення в просторі між вертикальними і горизонтальними елементами покриттів комплекту технологічного обладнання, утворення всіх ізоляційних покрівельних прошарків, заведенні в простір між спареними колонами каркасів ригелів ВП, та наступне спирання ригелів ВП на верхні рами ПМ. Підйом РВП з рівня укрупнення на рівень закріплення в проектному положенні, зі спиранням на пересувні ПМ, має циклічний характер. Основні фази циклу підйому ВП зі спиранням на ПМ, які переміщуються в просторі між спареними колонами каркасу ВБ, що зводиться, наведені на рис. 3.5.

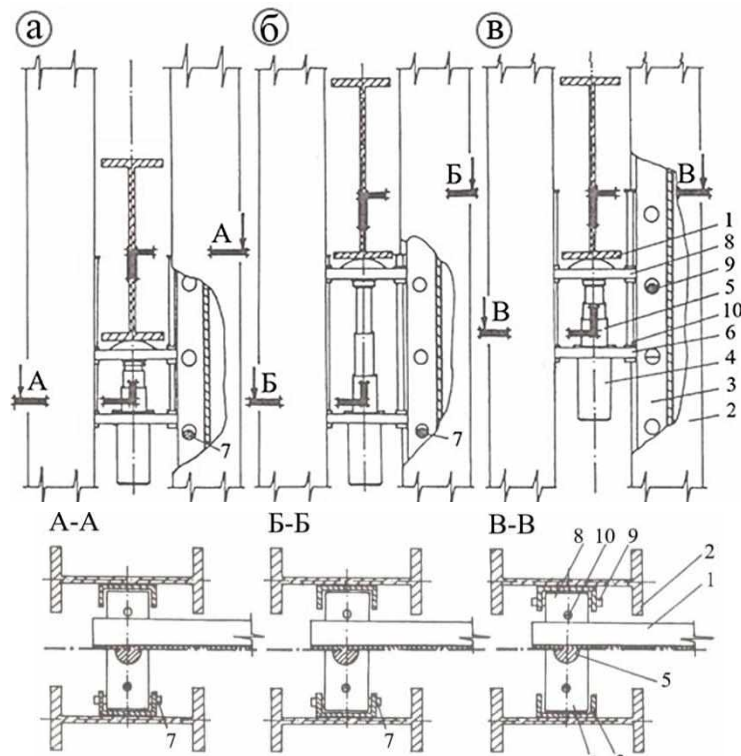


Рис. 3.5 Цикл вертикального перемещения РВП зі спиранням на кроковий ПМ: а – початкова фаза циклу підйому РВП, б – завершальна фаза циклу підйому РВП, в – фаза підтягування піддомкратної балки ПМ, 1 – РВП, 2 – колона, 3 - напрямний профіль, 4 - корпус гідроциліндра, 5 – шток гідроциліндра, 6 – нижня рама ПМ, 7 – нижній фіксатор підйому, 8 – верхня рама ПМ, 9 – верхній фіксатор підйому, 10 – страхувальні стрижні

Технологічною відмінною рисою варіантів групи А7 КТМ зведення ВП є функціональна взаємодія крокових ПМ при підйомі ригелів ВП з внутрішніми поверхнями спарених колон, які разом зі зв'язками та вітровими балками утворюють поперечні ребра жорсткості ВБ, що зводиться. Для виконання вертикального переміщення пересувними ПМ, на внутрішніх поверхнях спарених колон ВБ передбачені напрямні профілі з отворами. Фіксатори підйому нижніх та верхніх рам ПМ по чергово передають навантаження від піднімаємих РВП на напрямні профілі спарених колон ВБ. Так, спочатку фіксатори підйому нижніх рам ПМ заводять в отвори напрямних профілів спарених колон ВБ. Це дозволяє ПМ перемістити РВП на висоту робочого ходу штоків вертикальних гідроциліндрів ПМ. Далі в отвори в напрямних колон ВБ заводять фіксатори підйому верхніх рам ПМ. Звільнені від навантаження, фіксатори підйому нижніх

рам ПМ повертають в початкове положення. Корпуси гідроциліндрів та нижні рами ПМ підтягують до верхніх рам ПМ. Потім фіксатори підйому нижніх рам ПМ заводять в отвори напрямних профілів колон каркасів ВБ.

Стан C_{A7} технологічної системи S_{A7} може бути представлений у вигляді:

$$C_{A7} = (a_{71}, a_{72}, a_{73}) \quad \text{або} \quad C_{A7} = (p_{71}, p_{72}, p_{73}), \quad (3.15)$$

де p_{71} - спирання РВП на пересувні ПМ, відповідно до $f_{5,1,6}$ (Таб.3.1);

p_{72} - переміщення РВП пересувними ПМ в просторі між суцільними спареними колонами ВБ, відповідно до $f_{5,2,7}$ (таб.3.1);

p_{73} - передача навантаження від РВП, під час зупинок в процесі підйому ВП, на суцільні спарені колони ВБ, через пересувні ПМ, відповідно до $f_{5,3,7}$ (табл.3.1).

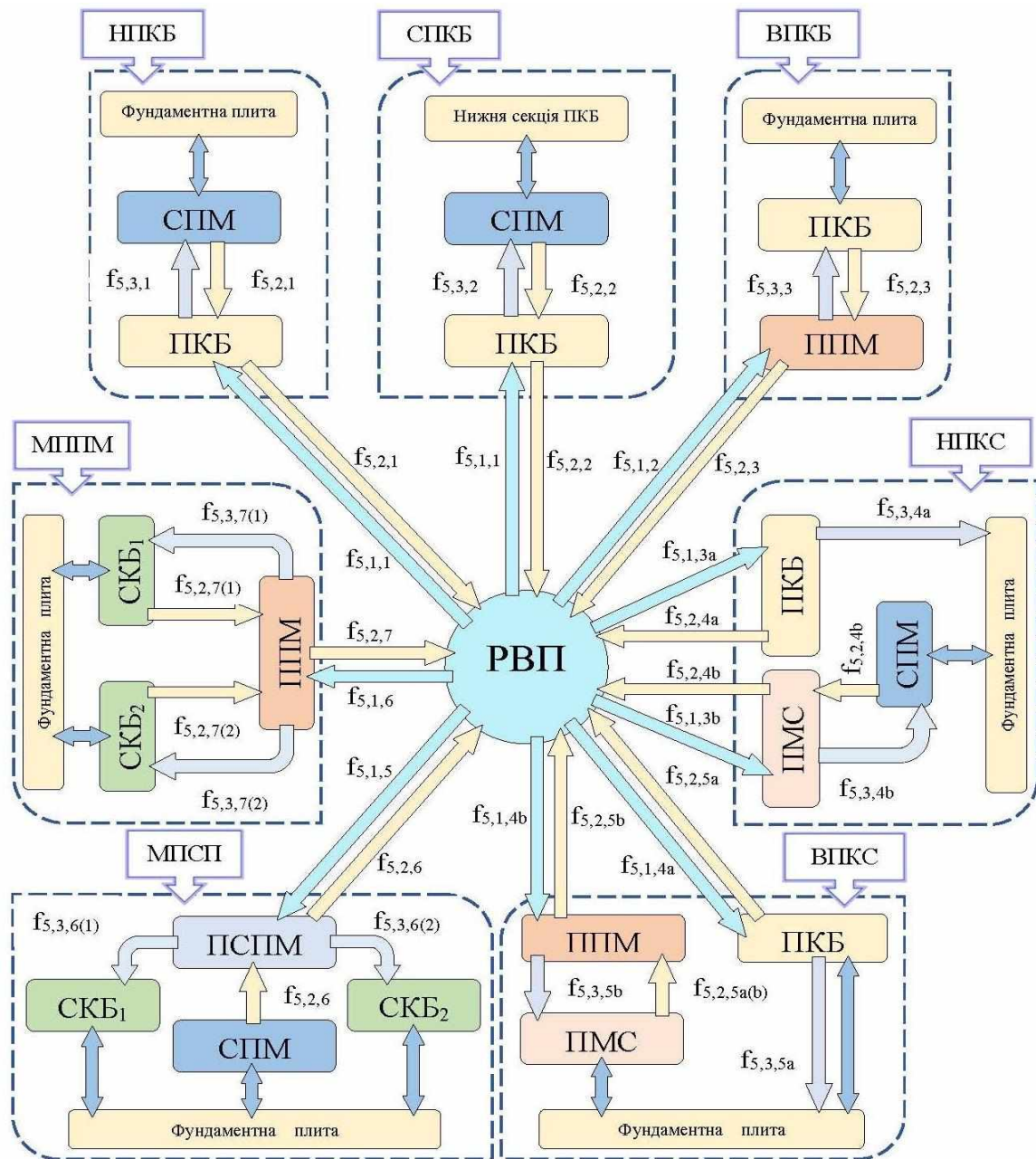
Багатоваріантна функціональна взаємодія ПМ з конструктивними складовими КТМ зведення ВБ наведена в табл.3.2 .

Таблиця 3.2

Морфологічна таблиця багатоваріантної функціональної взаємодії ПМ з конструктивними складовими КТМ зведення великопрогонових будівель

Сформовані групи КТМ зведення ВБ підйомними модулями	Головні функції взаємодії підйомних модулів з конструктивними складовими КТМ при зведенні великопрогонових просторових інтегрованих блоків покриттів					
	Забезпечення спирання РВП на колони каркаса ВБ в підйомній та післяпідйомній фазах		Забезпечення переміщення РВП в вертикальній площині методом виштовхування зі спирання на колони каркаса		Забезпечення фіксації проміжного положення РВП піз час технологічних зупинок	
	Параметри складної технологічної системи $p_{i,1}$	Відповідність складовим підгрупи функцій $f_{5,1,i}$	Параметри складної технологічної системи $p_{i,2}$	Відповідність складовим підгрупи функцій $f_{5,2,i}$	Параметри складної технологічної системи $p_{i,3}$	Відповідність складовим підгрупи функцій $f_{5,3,i}$
Група А1	$p_{1,1}$	$f_{5,1,1}$	$p_{1,2}$	$f_{5,2,1}$	$p_{1,3}$	$f_{5,3,1}$
Група А2	$p_{2,1}$	$f_{5,1,1}$	$p_{2,2}$	$f_{5,2,2}$	$p_{2,3}$	$f_{5,3,2}$
Група А3	$p_{3,1}$	$f_{5,1,2}$	$p_{3,2}$	$f_{5,2,3}$	$p_{3,3}$	$f_{5,3,3}$
Група А4	$p_{4,1}$	$f_{5,1,3}$	$p_{4,2}$	$f_{5,2,4}$	$p_{4,3}$	$f_{5,3,4}$
Група А5	$p_{5,1}$	$f_{5,1,4}$	$p_{5,2}$	$f_{5,2,5}$	$p_{5,3}$	$f_{5,3,5}$
Група А6	$p_{6,1}$	$f_{5,1,5}$	$p_{6,2}$	$f_{5,2,6}$	$p_{6,3}$	$f_{5,3,6}$
Група А7	$p_{7,1}$	$f_{5,1,6}$	$p_{7,2}$	$f_{5,2,7}$	$p_{7,3}$	$f_{5,3,7}$

Морфологія багатоваріантної функціональної взаємодії між складовими КТМ зведення ВБ підйомними модулями з представленням ригелів ВП, як центральних елементів КТМ, наведена на рис. 3.6 .



Підгрупи функцій F_{5i} « Взаємодія між складовими КТМ зведення великопрогонових будівель »

← $f_{5,1i}$ (спирати РВП під час підйому) ← $f_{5,2i}$ (перемішувати РВП в вертикальній площині)
 ← $f_{5,3i}$ (фіксувати положення РВП під час технологічних зупинок в підйомному процесі)

Складові конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель

РВП – ригель великопрогонового покриття
 СПІМ – стаціонарний підйомний модуль
 ППМ – пересувний підйомний модуль
 ПКБ – підрошувана колона будівлі
 СКБ – суцільна колона будівлі
 ПМС – підрошуваний монтажний стовп
 ПСПМ – підрошуваний стовп підйомного модуля

Основні групи КТМ зведення великопрогонових будівель з використанням підйомних модулів

A1 НПКБ – нижнє підрошування колон будівлі
 A2 СПКБ – стендове підрошування колон будівлі
 A3 BPKB – верхнє підрошування колон будівлі
 A4 НПКС – нижнє підрошування колон будівлі та монтажних стовпів
 A5 BPKS – верхнє підрошування колон будівлі та монтажних стовпів
 A6 MPSP – міжколонне підрошування стовпів підйомних модулів
 A7 MPIM – міжколонне переміщення підйомних модулів

Рис. 3.6 Морфологія багатоваріантної функціональної взаємодії між складовими КТМ зведення великопрогонових будівель

За умови розміщення ПМ на фундаментах під підрощуваними монтажними стовпами (Група А4 КТМ), отримуємо декілька варіантів функціональної взаємодії основних та додаткових конструктивних складових КТМ та ПМ при вертикальному переміщенні ригелів ВП з почерговим спиранням на підрощувані колони каркаса та на підрощувані монтажні стовпи.

Варіанти Групи А8 КТМ зведення ВП методом почергового підрощування колон каркаса і монтажних стовпів при розміщенні ПМ під підрощуваними монтажними стовпами наведені на рис. 3.7. Технологічні відмінності кожного варіанту Групи А8 КТМ зведення ВП наступні:

δa_1 – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон каркаса або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ на фундаментах під підрощуваними монтажними стовпами за умови почергового верхнього підрощування секцій колон каркаса та нижнього підрощування монтажних стовпів (рис. 3.7, а).

δa_2 – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон каркаса або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ на фундаментах під підрощуваними монтажними стовпами за умови почергового верхнього підрощування секцій колон каркаса та верхнього підрощування монтажних стовпів (рис. 3.7, б).

δa_3 – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон каркаса або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ на фундаментах під підрощуваними монтажними стовпами за умови почергового послідовного нижнього підрощування секцій колон каркаса та нижнього підрощування секцій монтажних стовпів (рис. 3.7, в).

δa_4 – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон

каркаса або на оголовки підрозшуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ на фундаментах під підрозшуваними монтажними стовпами за умови почергового нижнього підрозшування секцій колон каркаса та верхнього підрозшування монтажних стовпів (рис. 3.7, г).

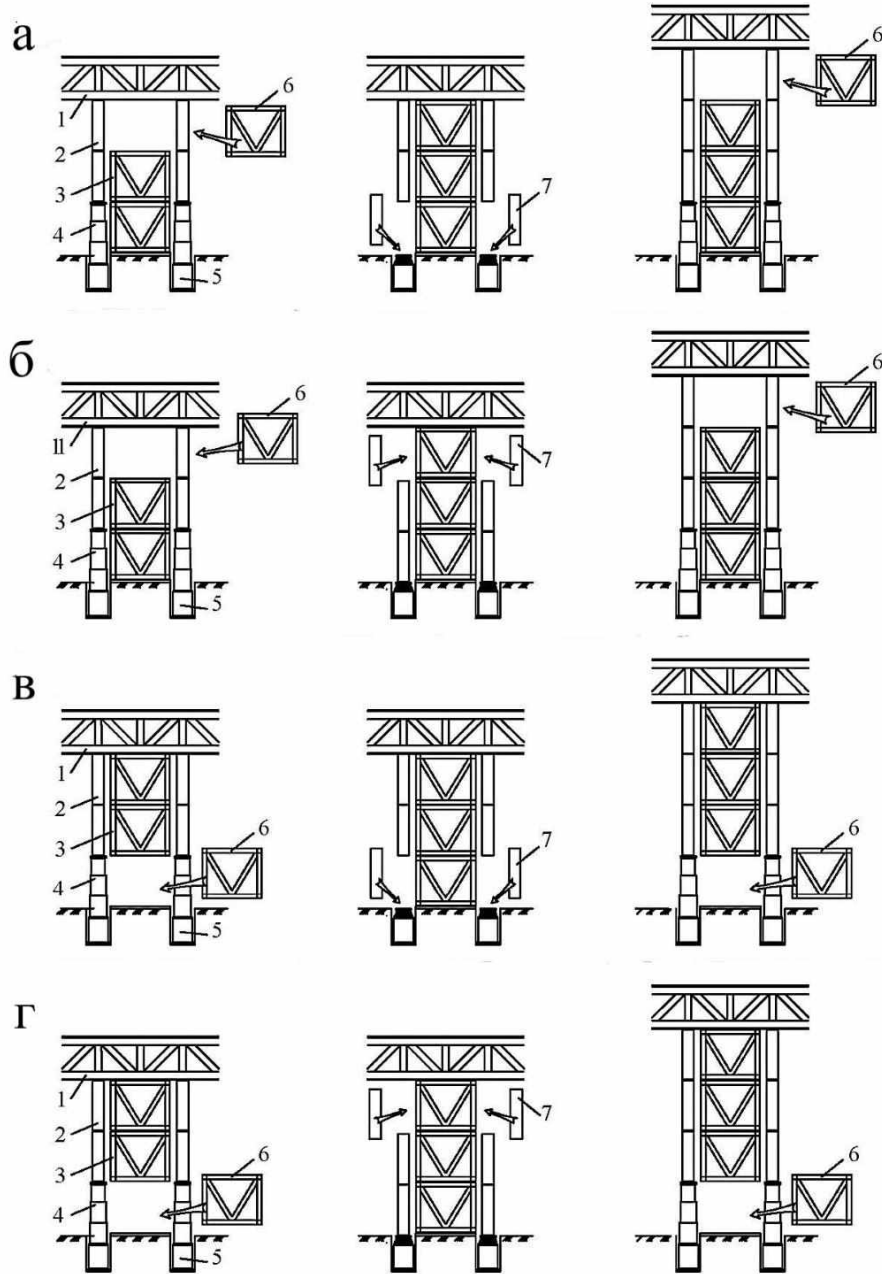


Рис. 3.7 Варіанти Групи А8 КТМ зведення ВП: а – варіант 8а₁, б – варіант 8а₂, в – варіант 8а₃, г – варіант 8а₄, 1 – великопрогонове покриття, 2 – підрозшена секція монтажнього стовпа, 3 – підрозшена секція колони каркаса, 4 – шток домкрата ПМ, 5 - корпус домкрата ПМ, 6 – секція колони каркаса в зоні підрозшування, 7 – секція монтажнього стовпа в зоні підрозшування

За умови розміщення ПМ на фундаментах під підрощуваними колонами каркаса будівлі, що зводиться, отримуємо декілька варіантів функціональної взаємодії основних та додаткових конструктивних складових КТМ та ПМ при вертикальному переміщенні ригелів ВП з почерговим спиранням на підрощувані колони каркаса та на підрощувані монтажні стовпи.

Варіанти Групи А9 КТМ зведення ВП методом почергового підрощування колон каркаса і монтажних стовпів при розміщенні ПМ під підрощуваними колонами каркаса наведені на рис. 3.8. Технологічні відмінності кожного варіанту Групи А9 КТМ зведення ВП наступні:

$9a_1$ – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон каркаса або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ на фундаментах під підрощуваними колонами каркаса за умови почергового нижнього підрощування секцій колон каркаса та нижнього підрощування монтажних стовпів (рис. 3.8, а).

$9a_2$ – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон каркаса або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ на фундаментах під підрощуваними колонами каркаса за умови почергового верхнього підрощування секцій монтажних стовпів та нижнього підрощування колон каркаса (рис. 3.8, б).

$9a_3$ – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон каркаса або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ на фундаментах під підрощуваними колонами каркаса за умови почергового нижнього підрощування секцій монтажних стовпів та верхнього підрощування секцій колон каркаса (рис. 3.8, в).

$9a_4$ – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон каркаса або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ на

фундаментах під підрозуваними колонами каркаса за умови почергового верхнього підрозування секцій монтажних стовпів та верхнього підрозування секцій колон каркаса (рис. 3.8, г).

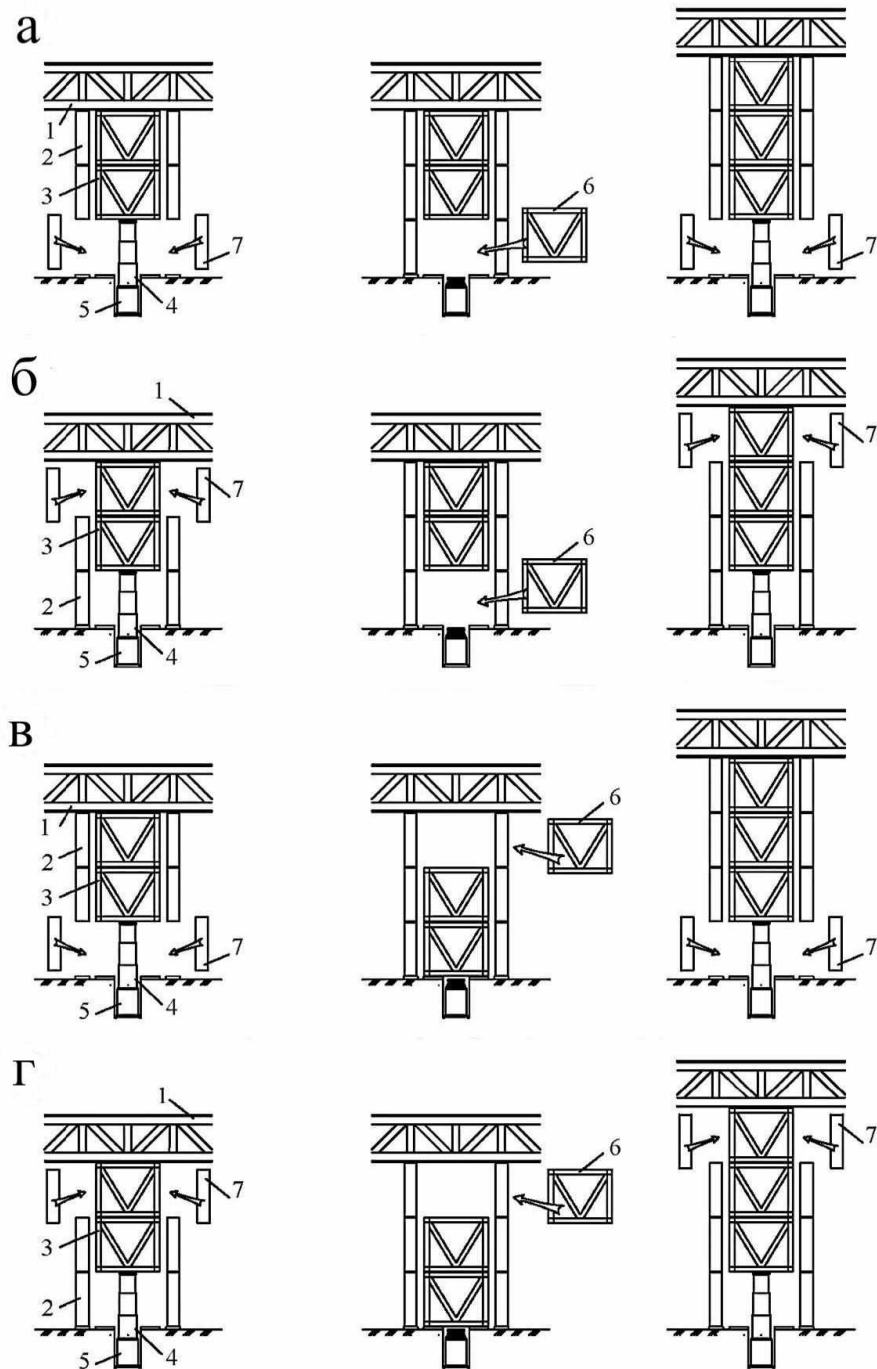


Рис. 3.8 Варіанти Групи А9 КТМ зведення ВП: а – варіант 9а₁, б – варіант 9а₂, в – варіант 9а₃, г – варіант 9а₄, 1 – ВП, 2 – підрозена секція монтажного стовпа, 3 – підрозена секція колони каркаса, 4 – шток домкрата ПМ, 5 - корпус домкрата ПМ, 6 – секція колони каркаса в зоні підрозування, 7 – секція монтажного стовпа в зоні підрозування

За умови закріплення корпусів домкратів ПМ в нижній частині ВП, що зводиться над підрощуваними секціями монтажних стовпів (Група А5), отримуємо декілька варіантів функціональної взаємодії основних та додаткових конструктивних складових КТМ та ПМ при вертикальному переміщенні ригелів ВП з почерговим спиранням на підрощувані колони каркаса та на підрощувані монтажні стовпи.

Варіанти Групи А10 КТМ зведення ВП методом почергового підрощування колон каркаса і монтажних стовпів при розміщенні ПМ над підрощуваними монтажними стовпами наведені на рис. 3.9. Технологічні відмінності кожного варіанту Групи А10 КТМ зведення ВП наступні:

10a₁ – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон каркаса або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ над підрощуваними монтажними стовпами за умови почергового верхнього підрощування секцій колон каркаса та верхнього підрощування секцій монтажних стовпів (рис. 3.9, а).

10a₂ – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон каркаса або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ над підрощуваними монтажними стовпами за умови почергового верхнього підрощування секцій колон каркаса та нижнього підрощування секцій монтажних стовпів (рис. 3.9, б).

10a₃ – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон каркаса або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ над підрощуваними монтажними стовпами за умови почергового нижнього підрощування секцій колон каркаса та нижнього підрощування секцій монтажних стовпів (рис. 3.9, в).

10a₄ – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон

каркаса або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ над підрощуваними монтажними стовпами за умови почергового нижнього підрощування секцій колон каркаса та верхнього підрощування секцій монтажних стовпів (рис. 3.9, г).

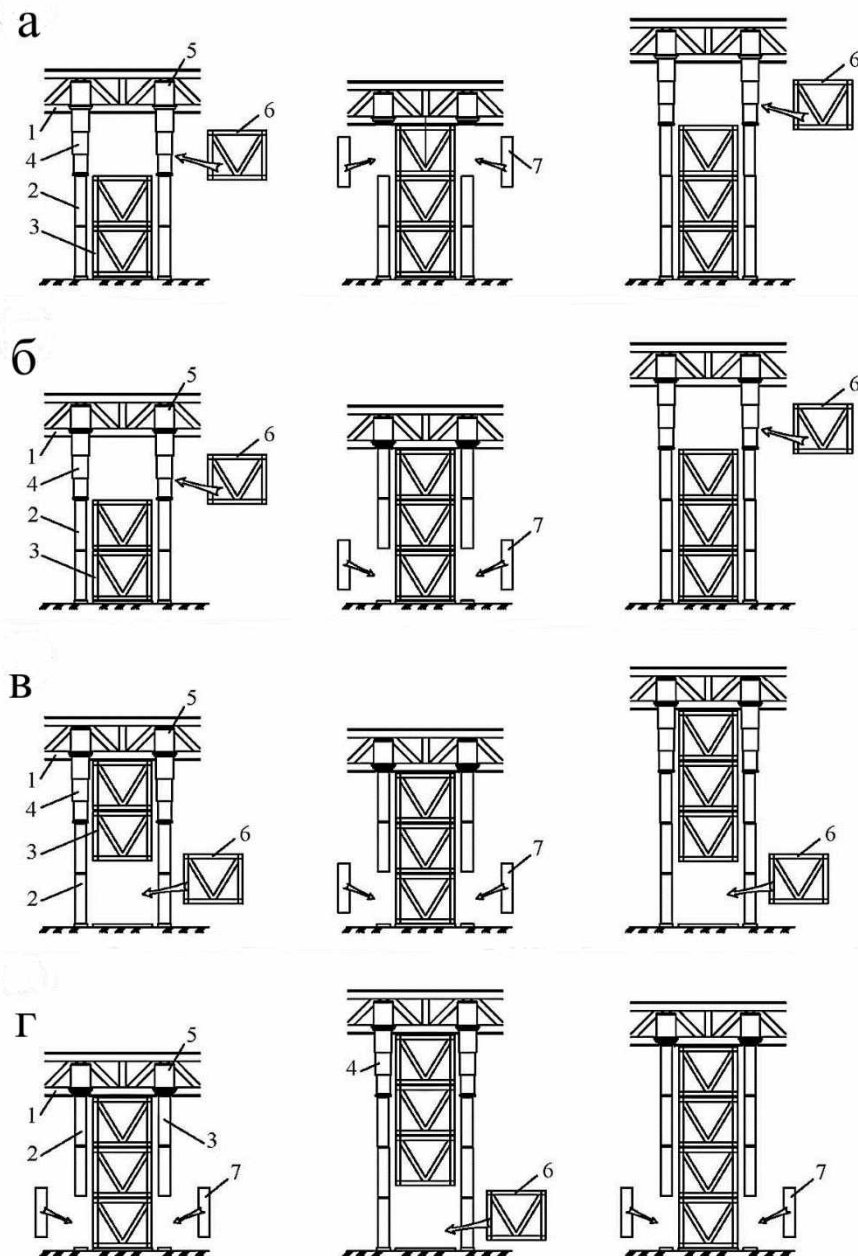


Рис. 3.9 Варіанти Групи А10 КТМ зведення ВП: а – варіант 10а₁, б – варіант 10а₂, в – варіант 10а₃, г – варіант 10а₄, 1 – ВП, 2 – підрощена секція монтажнього стовпа, 3 – підрощена секція колони каркаса, 4 – шток домкрата ПМ, 5 - корпус домкрата ПМ, 6 – секція колони каркаса в зоні підрощування, 7 – секція монтажнього стовпа в зоні підрощування

За умови закріплення корпусів домкратів ПМ в нижній частині ВП, що зводиться, над підрощуваними секціями колон каркаса, отримуємо декілька варіантів функціональної взаємодії основних та додаткових конструктивних складових КТМ та ПМ при вертикальному переміщенні ригелів ВП з почерговим спиранням на підрощувані колони каркаса та на підрощувані монтажні стовпи.

Варіанти Групи А11 КТМ зведення ВП методом почергового підрощування колон каркаса і монтажних стовпів при розміщенні ПМ над підрощуваними секціями колон каркаса наведені на рис. 3.10. Технологічні відмінності кожного варіанту Групи А11 КТМ зведення ВП наступні:

11a₁ – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон каркаса або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ над підрощуваними колонами каркаса за умови почергового верхнього підрощування секцій колон каркаса та верхнього підрощування секцій монтажних стовпів (рис. 3.10, а).

11a₂ – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон каркаса або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ над підрощуваними колонами каркаса за умови почергового нижнього підрощування монтажних стовпів та верхнього підрощування секцій колон каркаса (Рис. 3.10, б).

11a₃ – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон каркаса або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ над підрощуваними колонами каркаса за умови почергового нижнього підрощування секцій монтажних стовпів та нижнього підрощування секцій колон каркаса (Рис. 3.10, в).

11a₄ – ригель ВП вертикально переміщується на проектну висоту методом примусового виштовхування зі спиранням на верхні секції підрощуваних колон каркаса або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів при розміщенні ПМ

над підрощуваними колонами каркаса за умови почергового верхнього підрощування монтажних стовпів та нижнього підрощування секцій колон каркаса (Рис. 3.10, г).

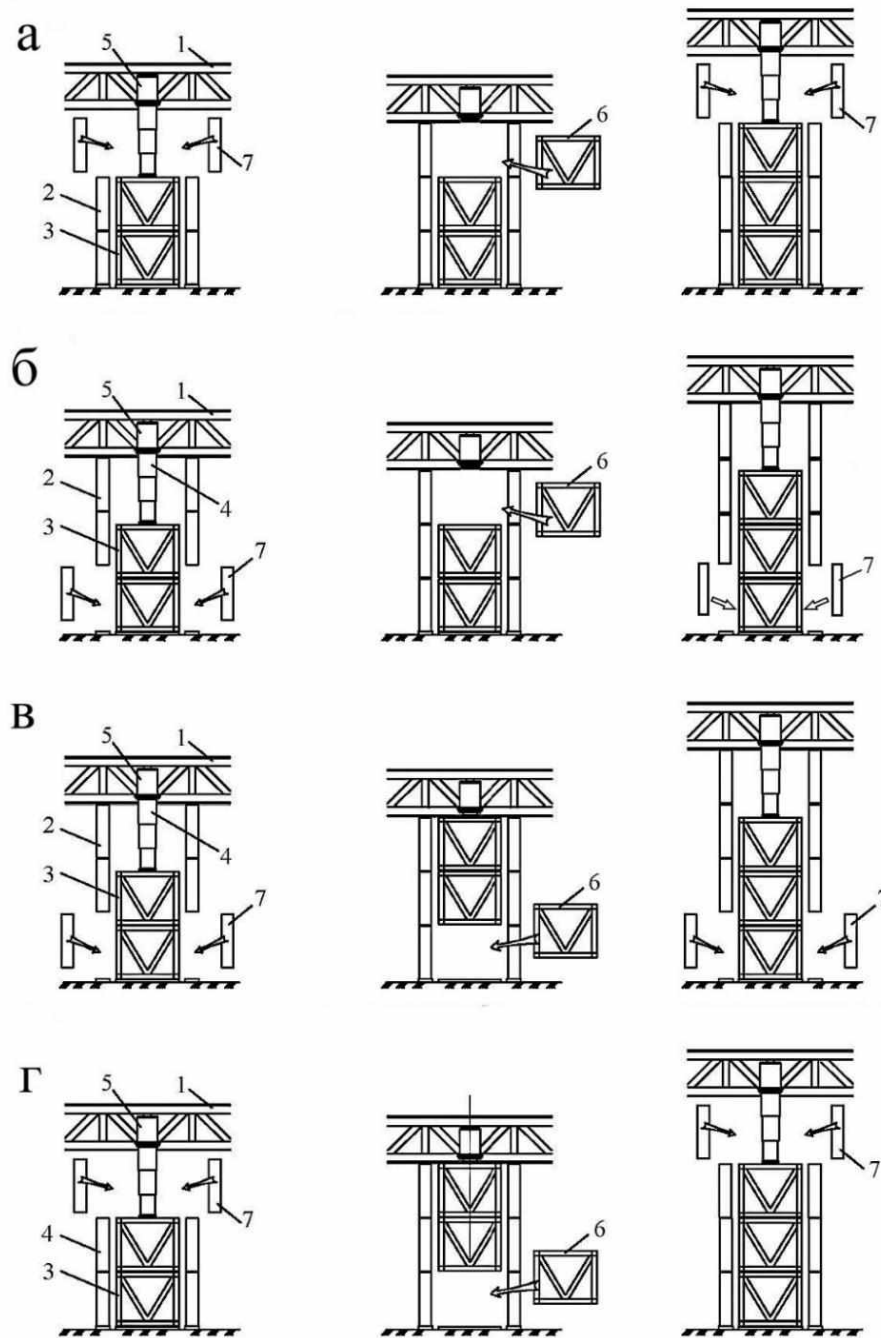


Рис. 3.10 Варіанти Групи А11 КТМ зведення ВП: а – варіант 11а₁, б – варіант 11а₂, в – варіант 11а₃, г – варіант 11а₄, 1 – ВП, 2 – підрощена секція монтажнього стовпа, 3 – підрощена секція колони каркаса, 4 – шток домкрата ПМ, 5 - корпус домкрата ПМ, 6 – секція колони каркаса в зоні підрощування, 7 – секція монтажнього стовпа в зоні підрощування

Варіанти груп А8, А9, А10 та А11 КТМ зведення ВП з використанням ПМ, розміщення якого передбачається в зоні *нижнього підрошування* на фундаментах (під підрошуваними монтажними стовпами чи під підрошуваними колонами каркаса) або в зоні *верхнього підрошування* (над підрошуваними монтажними стовпами чи підрошуваними колонами каркаса) детально відображені в роботах автора [162; 170; 204].

Концепція багатоваріантної почергової функціональної взаємодії між ПМ та підрошуваними колонами каркаса і підрошуваними монтажними стовпами, як основними та додатковими складовими КТМ зведення ВП, характерна для Груп А8 ÷ А11, послужила теоретичним підґрунтям для формування та подальшого вдосконалення КТМ зведення ВП, в яких збірні монтажні стовпи трансформуються в суцільні спарені колони каркаса, а підрошування стовпів ПМ відбувається між спареними колонами каркаса. Останні, при цьому, виконують функцію обмежувачів відхилень при підйомі ригелів ВП в горизонтальній площині та функцію вертикальних напрямних для секцій підрошуваних стовпів ПМ (варіанти Група А6) [25; 26; 94; 103; 108; 205].

3.2 Функціонально-фізичний аналіз груп конструктивно-технологічних моделей зведення покриттів великопрогонових будівель

Принцип структурної декомпозиції технічних пристроїв на конструктивні вузли та побудова дворівневої функціональної ієрархії складних технічних моделей детально представлені у працях провідних вчених [76; 77; 80; 227].

Функціонально-фізичний аналіз КТМ зведення ВП виконувався за умови представлення Груп А3, А6, А7 (рис. 3.6) складної технологічної системи S_A , як об'єднаних функціональних та матеріальних моделей. В даному дослідженні при конструктивно-структурній декомпозиції моделей зведення отримуємо основні (ПМ, РВП, колони каркасів ВБ) та додаткові (монтажні стовпи) складові КТМ зведення ВП. В основу функціонально-фізичного аналізу КТМ покладено принцип відокремлення та розгляду конструктивно-функціональних структур з дворівневою ієрархією, сформульований в контексті дослідження КТМ зведення конструкцій ВП, як:

верхній (головний) рівень функціональної структури КТМ – зведення конструктивно-технологічних блоків ВП 100% передпідйомної готовності ;

нижній (внутрішній) рівень функціональної структури КТМ - функції технологічного призначення складових КТМ та функції взаємодії між складовими КТМ на всіх етапах вертикального переміщення повнозбірних конструктивно-технологічних блоків ВП з рівня передпідйомного укрупнення на монтажних стендах зі змонтованим технологічним обладнанням і влаштованими покрівельними прошарками до рівня остаточного закріплення ВП на оголовках колон каркасу ВБ, що зводиться.

Комплексна мета функціонально-фізичного аналізу Груп А3, А6, А7 КТМ зведення ВП полягає в визначенні фізико-технічних ефектів, на основі яких працюють складові моделі зведення, глибокого аналізу функцій технологічного призначення кожної складової КТМ та функцій взаємодії між складовими КТМ на всіх етапах вертикального переміщення ВП з рівня передпідйомного укрупнення на монтажних стендах до рівня закріплення в проектному положенні , аналіз фізичних операцій , виконуваних окремими елементами складових КТМ в процесі зведення ВП.

Функції технологічного призначення складових КТМ зведення конструкцій великопрогонових покриттів W_{Ti} можуть бути представлені у вигляді:

$$W_{Ti} = \{w_{T1i}, w_{T2i}, w_{T3i}\}, \quad (3.16)$$

де w_{T1i} – передача навантаження від ВП на складові КТМ зведення при вертикальному переміщенні;

w_{T2i} – виштовхування ВП в вертикальній площині складовими КТМ зведення;

w_{T3i} – утримання ВП в проміжному положенні складовими КТМ зведення при зупинках в процесі вертикального переміщення.

На рис. 3.11 наведена загальна ієрархічна дворівнева функціональна структура КТМ зведення ВП з урахуванням наявності в складі внутрішнього рівня функціональної структури моделі зведення ВП функцій технологічного

призначення W_{Ti} (3.16) та функцій взаємодії між складовими КТМ зведення F_{5i} великопрогонових покриттів (2.15).

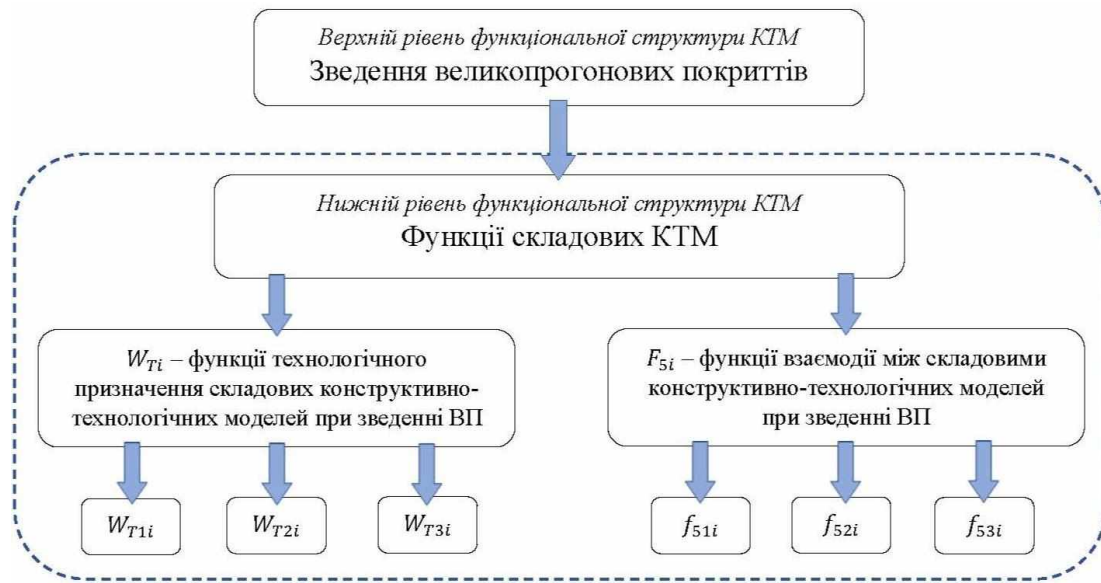


Рис. 3.11 Загальна ієрархічна дворівнева функціональна структура КТМ зведення ВП підйомними модулями

Функції технологічного призначення складових КТМ та функції взаємодії між основними до допоміжними складовими КТМ детально аналізуються на прикладах трьох відібраних Груп КТМ, в яких ПМ багатоваріантно взаємодіють з вертикальними (збірні чи суцільні колони каркаса) і горизонтальними (ригелі повнозбірних блоків ВП) складовими КТМ, а саме, при спиранні ПМ на підрощуванні колони каркаса (варіанти Групи А3), при підрощуванні стволів ПМ між спареними колонами каркаса (варіанти Групи А6), при покроковому вертикальному переміщенні ПМ між спареними колонами каркаса (варіанти Групи А7).

3.2.1 Конструктивно-функціональна структура конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями, які спираються на підрощуванні колони будівлі

Фізико-технічний ефект від використання варіантів Групи А3 КТМ при зведенні ВП досягається за рахунок виштовхування РВП верхніми рамами ПМ за умови спирання ПМ в процесі підйому покриття на підрощуванні секції колон несучого каркасу будівлі. В справжньому дослідженні розглядаються три варіанти

КТМ зведення ВП методом верхнього підрощування колон несучого каркаса ВБ, представлені в роботах автора [213; 216; 217]. В якості вихідних конструкцій, які використовувались для утворення підрощуваних колон каркаса ВБ, були використанні залізобетонні елементи заводського виготовлення. Граф нижнього рівня конструктивно-функціональної структури (КФС) варіантів Групи А3 КТМ зведення ВП наведено на рис. 3.12.

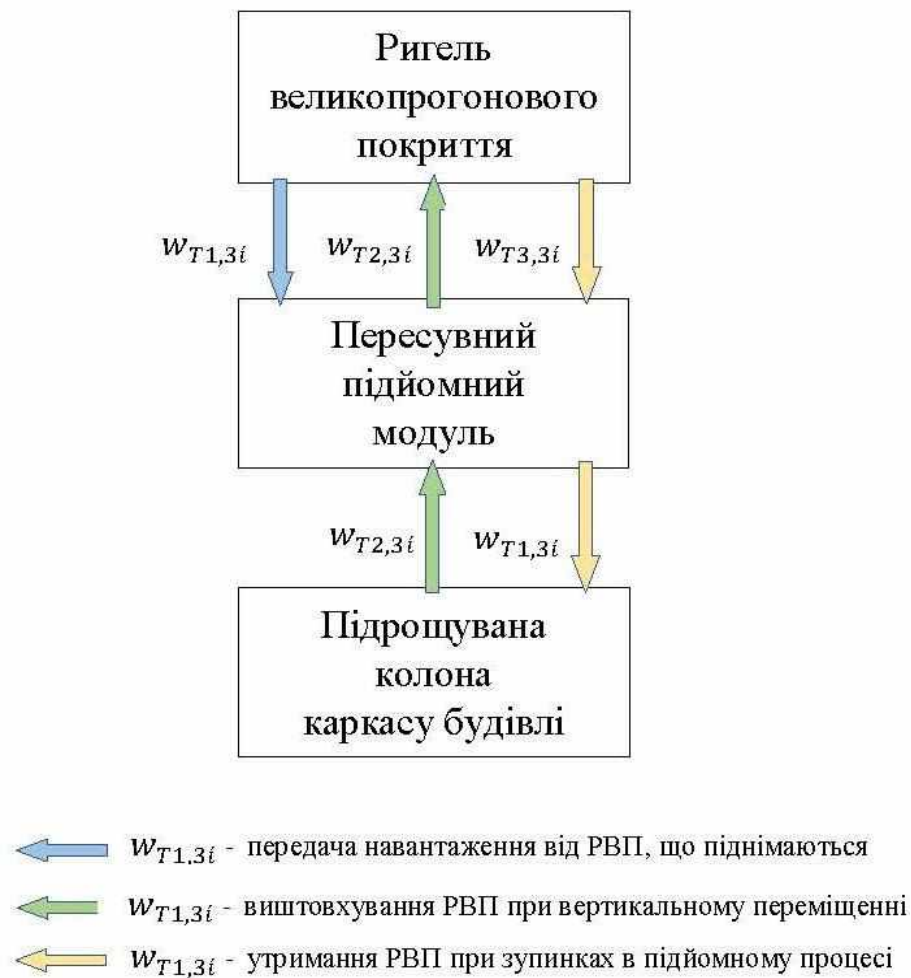


Рис. 3.12 Нижній рівень КФС для варіантів Групи А3 КТМ зведення ВП

При схожих функціях передачі навантаження від ригелів ВП на ПМ в передпідйомній і підйомній фазах ($w_{T1,i}$), виштовхування ригелів ВП на проектну висота ($w_{T2,i}$) та утримання ригелів ВП під час технологічних пауз ($w_{T3,i}$), кожен з досліджуємих варіантів групи А3 КТМ зведення ВП має, тільки йому притаманну, технологічну особливість подачі секцій збірних колон в зону підрощування та наступного закріплення секцій колон в проектному положенні.

Варіант 3а. Головний функціонально-фізичний принцип зведення ВП з використанням даного варіанту КТМ полягає в покроковому виштовхуванні ВП опорними рамами ПМ за рахунок почергового підрощування секцій колон будівлі групами вертикальних домкратів, закріплених на опорних рамах ПМ в поздовжньому і поперечному напрямках відносно монтажних вісей. При цьому, в секціях підрощування колон передбачені консольні виступи для спирання штоків ПМ [213] (рис. 3.13). Важливою умовою використання даного варіанту підрощування секцій колон є синхронна робота груп домкратів ПМ,

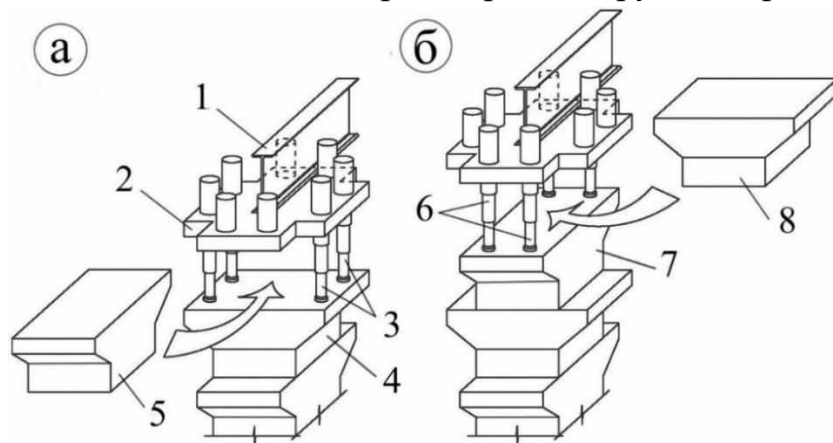


Рис. 3.13 Варіант 3а Групи А3 КТМ зведення ВП: а – подача секції підрощуваної колони в поздовжньому напрямку, б – подача секції підрощуваної колони в поперечному напрямку, 1 – ригель покриття, 2 – рама підйомного модуля, 3 - штоки поперечних домкратів ПМ, 4 – змонтована поперечна секція колони, 5 – поздовжня секція колони перед підрощуванням, 6 - штоки поздовжніх домкратів ПМ, 7 - змонтована поздовжня секція колони, 8 – поперечна секція колони перед підрощуванням

З урахуванням функціональної синергії, нижній рівень КФС варіанту 3а КТМ зведення ВП може бути представлений, як:

$$LS_{3a} = \begin{cases} w_{T1,3a} \cup f_{5,1,3a} \\ w_{T2,3a} \cup f_{5,2,3a} \\ w_{T3,3a} \cup f_{5,3,3a} \end{cases}, \quad (3.17)$$

де $w_{T1,3a} \cup f_{5,1,3a}$ – об'єднання функцій технологічного призначення та функцій взаємодії, при якому РВП в передпійомній та підйомній фазах при вертикальному переміщенні ВП спираються на опорні рами ПМ;

$w_{T2,3a} \cup f_{5,2,3a}$ – об'єднанні функції технологічного призначення та функції взаємодії при покроковому підйомі РВП зі спиранням на ПМ, групи домкратів яких закріпленні на опорній рамі ПМ в поздовжньому та поперечному напрямках відносно монтажних вісей та по чергово виштовхують опорну раму ПМ разом з РВП зі спиранням на консольні виступи змонтованих секцій підрозумування секції колон. При цьому, секції колон подаються в зону підрозумування в поздовжньому напрямку між штоками поперечної групи домкратів ПМ, а подача секцій колон в зону підрозумування в поперечному напрямку виконується між штоками поздовжньої групи домкратів ПМ;

$w_{T3,3a} \cup f_{5,3,3a}$ – фіксація проміжного положення РВП при зупинках в процесі підйому ВП за умови передачі навантаження від блоку ВП на верхні площини змонтованих секції підрозумування колон через штоки ПМ.

Серед головних операцій, які виконують центральні компоненти ПМ, групи поздовжніх та поперечних домкратів, слід відзначити по чергове спирання штоків домкратів поздовжньої та поперечної груп на консольні виступи змонтованих секцій підрозумування колон. З урахуванням того, що підрозумування колон відбувається в просторі між опорною рамою ПМ і, раніше змонтованими секціями колон, конструктивні розміри секцій колон (фактор впливу $S_{5,3,3a}$, табл. 2.1, рис. 2.19) підбираються з урахуванням параметрів робочого ходу штоків домкратів ПМ та відстані між групами домкратів, задіяних в операціях підрозумування колон. Сегмент секції колони висотою 1,0м має в нижній частині квадрат зі стороною 0,8 м. Маса ЗБ сегменту підрозумуваної складає колони $m_{3a} = 1,944$ т. Загальна кількість гідроциліндрів ПМ, задіяних в підрозумуванні довільної секції колони ВБ, $n_{3a} = 8$ шт. Тривалість процесу підрозумування однієї секції колони (подача секції в зону підрозумування між опорною рамою ПМ та раніше змонтованою секцією колони, наведення, орієнтування вивіряння, первинне та остаточне закріплення секції підрозумуваної колони в проектному положенні, виштовхування гідроциліндрами опорної рами ПМ та ригелів ВП на висоту, достатню для встановлення в проектне положення

секції підрощуваної колони) $t_{м3а} = 1,91$ год . Для підрощування секцій колон каркасу передбачені монтажні площадки . Тривалість монтажу лісів висотою 2,0 м по контуру підрощуваної колони, утворення поярусного настилу монтажної площадки і закріплення огорожень $t_{р3а} = 1,50$ год .

Варіант 3б. Функціонально-фізичний принцип зведення ВП з використанням КТМ в відповідності до справжнього варіанту полягає в покроковому виштовхуванні блоку покриття гідроциліндра ПМ зі спиранням на підрощувані секції колон будівлі за умови почергової передачі навантаження від піднімаємого покриття на опоні рами ПМ та на штоки гідроциліндрів ПМ, оснащени поворотними опорними п'ятами [217] (рис. 3.14).

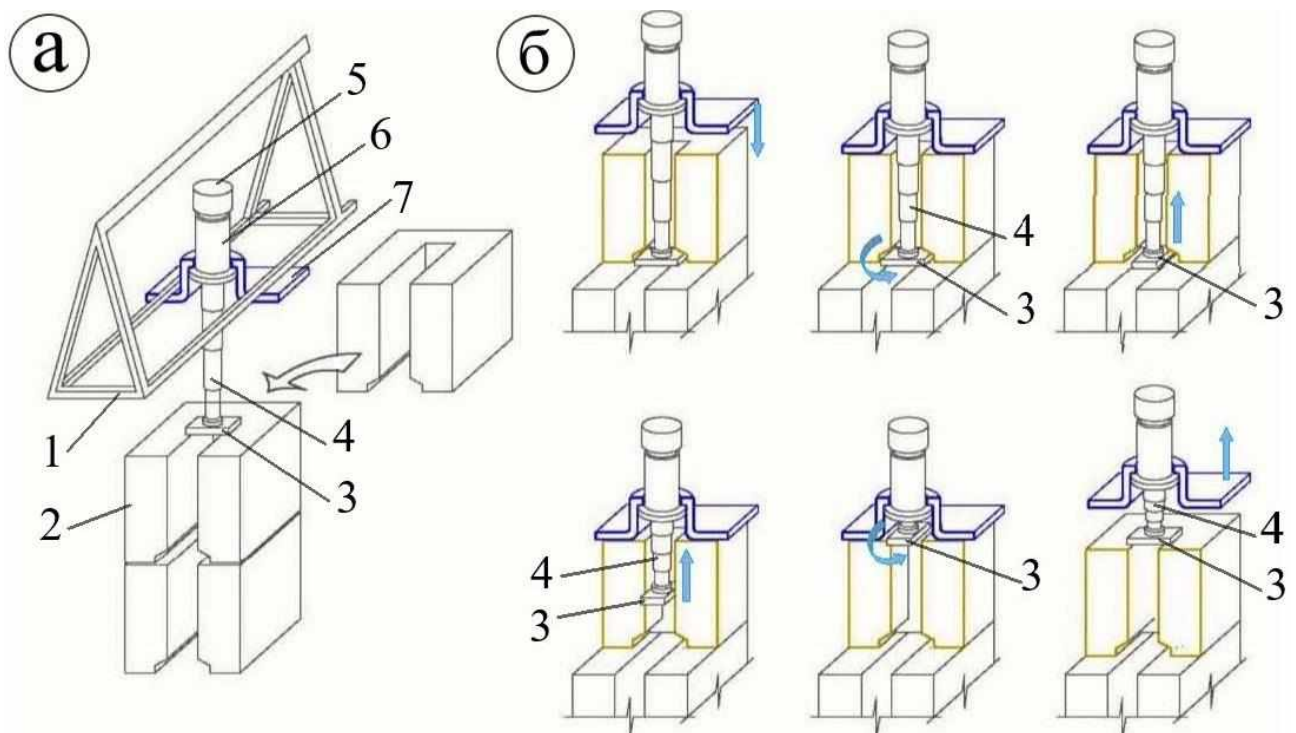


Рис. 3.14 Варіант 3б Групи А3 КТМ зведення ВП: а – подача секції збірної колони в зону підрощування, б – послідовність передачі навантаження від ВП на опорні рами гідроциліндрів ПМ при підрощуванні колон , 1 – ригель ВП, 2 – змонтована секція підрощуваної колони, 3 - опорна п'ята гідроциліндру ПМ, 4 – шток гідроциліндра ПМ, 5 – поворотний механізм ПМ, 6 – корпус гідроциліндра ПМ, 7 – опорна рама ПМ

Для використання гідроциліндра ПМ, задіяного в підрощуванні колон, в центральній частині конструкції секцій підрощуваних колон ($h = 1,0$ м)

передбачені вертикальні монтажні ніші, в яких, при встановленні секцій колон в проектному положенні, безперешкодно переміщуються штоки та опоні п'яти гідроциліндрів ПМ (фактор впливу $S_{5,3,3b}$, табл. 2.1, рис. 2.19). Також, важливою особливістю варіанту 3b є використання поворотного механізму в конструкції ПМ, який в комплексі з опорною рамою та гідроциліндрами ПМ забезпечує почергову передачу навантаження від піднімаємого покриття на поворотні опорні п'яти штоків вертикальних гідроциліндрів та опорні рами ПМ в процесі підрозування колон. В нижній частині монтажних ніш секцій підрозуваних колон передбачені розширення, які дозволяють повертати опоні п'яти штоків ПМ на 90° . Опорна рама ПМ, виконана з можливістю повороту п'яти штоку ПМ. Для цього в опорній рамі ПМ в місці закріплення корпусу гідроциліндра витворене розширення у вигляді усіченого конуса, орієнтованого меншим діаметром конуса нагору.

Нижній рівень КФС варіанту 3b КТМ зведення ВП може бути представлений, як:

$$LS_{3b} = \begin{cases} w_{T1,3b} \cup f_{5,1,3b} \\ w_{T2,3b} \cup f_{5,2,3b} \\ w_{T3,3b} \cup f_{5,3,3b} \end{cases}, \quad (3.18)$$

де $w_{T1,3b} \cup f_{5,1,3b}$ – об'єднання функцій технологічного призначення та функцій взаємодії, яке передбачає спирання РВП на опорні рами ПМ в передпідйомній та підйомній фазах;

$w_{T2,3b} \cup f_{5,2,3b}$ – об'єднання функцій технологічного призначення та функцій взаємодії при покроковому підйомі РВП з почерговою передачею навантаження від піднімаємого покриття на опорні п'яти ПМ при подачі чергової секції збірної колони ВБ в зону підрозування між опорними рамами ПМ і верхніми поверхнями змонтованих секцій підрозуваних колон ВБ, та на опорні рами ПМ, при спиранні останніх на секції підрозуваних колон. Для цього в ПМ передбачені механізми повороту, які повертають опорні п'яти штоків на 90° при сприйнятті навантаження від РВП опорними рамами ПМ.

$w_{T3,3b} \cup f_{5,3,3b}$ – передача навантаження від ВП на верхні площини підрощених секцій колон ВБ через опоні п'яти та опорні рами ПМ для утримання РВП в проміжному положенні при зупинках в процесі підйому ВП.

Серед головних операцій, які виконуються компонентами ПМ, як головними складовими КТМ зведення ВП, для варіанту 3b слід відмітити циклічно повторювані операції по виштовхуванню РВП штоками гідроциліндрів ПМ за умови спирання опорних п'ят штоків ПМ на змонтовані секції підрощуваних колон, подальше переміщення штоків в корпуси гідроциліндрів ПМ з одночасною передачею навантаження від РВП на опорні рами ПМ, поворот, звільнених від навантаження, опорних п'ят штоків ПМ на 90° , переміщення штоків в корпуси гідроциліндрів ПМ з наступним поворотом опорних п'ят в зворотньому напрямку на 90° , та передача навантаження від РВП на опорні п'яти штоків ПМ, які спираються на змонтовані секції колон. Сегмент секції колони висотою 1,0м має в нижній частині квадрат зі стороною 1,0 м. Розміри монтажною ніші: $0,2 \times 0,6 \times 1,0$ м. Маса ЗБ сегменту підрощуваної колони $m_{3b} = 2,112$ т. Загальна кількість гідроциліндрів ПМ, задіяних в процесах по підрощуванню однієї секції колони, $n_{3b} = 2$ шт. Тривалість процесу підрощування однієї секції колони $t_{M3b} = 1,67$ год . [138]. Збірка 1 ярусу лісів ($h = 2,0$ м) і монтажною площадки триває $t_{p3b} = 1,35$ год .

Варіант 3с. Головний функціонально-фізичних принцип, використовує в справжньому варіанті зведення ВП, полягає в виштовхуванні РВП опорними рамами ПМ, задіяними в підрощуванні Г-подібних секцій ярусів колон [216] (рис. 3.15). Кожен ярус підрощуваних колон складається з чотирьох Г- подібних просторових сегментів. В верхній частині Г- подібного сегменту передбачені монтажні ніші для спирання штоків гідроциліндрів ПМ (фактор впливу $S_{5,3,3c}$, табл. 2.1, рис. 2.19).

Нижній рівень КФС варіанту 3с КТМ зведення ВП може бути представлений, як:

$$LS_{3c} = \begin{cases} w_{T1,3c} \cup f_{5,1,3c} \\ w_{T2,3c} \cup f_{5,2,3c} \\ w_{T3,3c} \cup f_{5,3,3c} \end{cases}, \quad (3.19)$$

де $w_{T1,3c} \cup f_{5,1,3c}$ – об'єднання функцій технологічного призначення та функцій

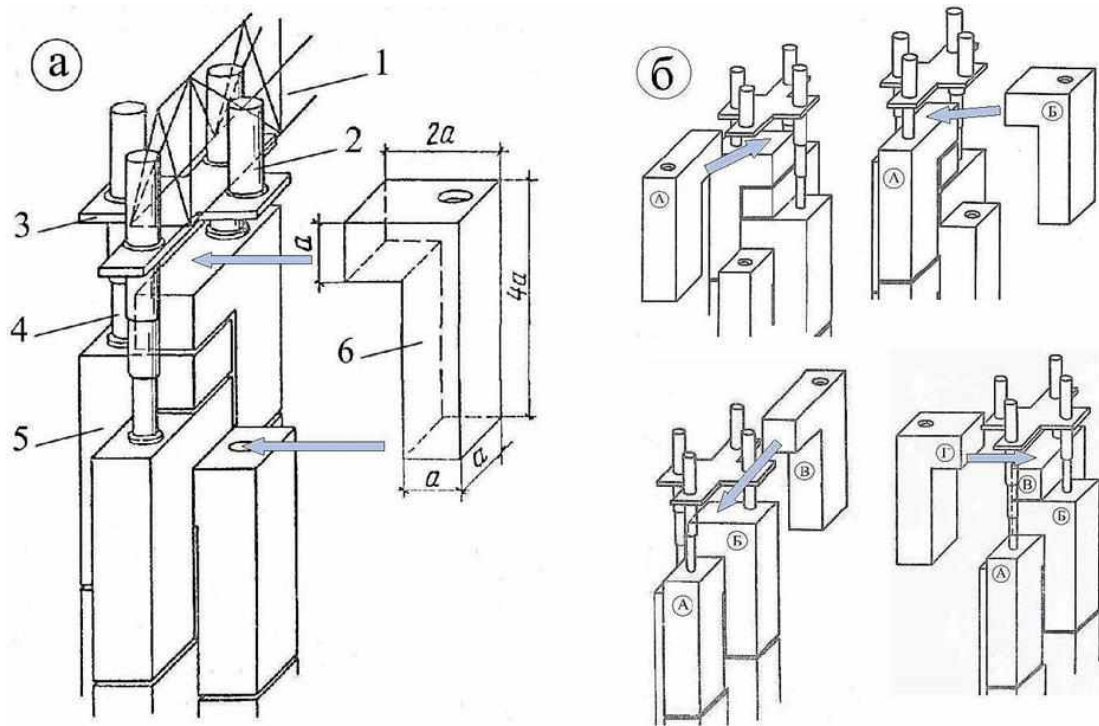


Рис. 3.15 Варіант 3с Групи А3 КТМ зведення ВП: а – загальна схема підрощування колони , б – послідовність подачі сегментів ярусу колони в зону підрощування , 1 – ригель ВП, 2 – корпус гідроциліндра ПМ, 3 - опорна рама ПМ, 4 – шток гідроциліндра ПМ, 5 – збірна підрощена колона; б – Г-подібна секція підрощуваної колони

взаємодії , яке передбачає спирання РВП на опорні рами ПМ на протязі всього процесу вертикального переміщення ВП;

$w_{T2,3c} \cup f_{5,2,3c}$ – об'єднання функцій технологічного призначення та функцій взаємодії при покроковому підйомі РВП з передачею навантаження від піднімаємого покриття на штоки гідроциліндрів ПМ, які задіянні в почерговому підрощуванні Г- подібних сегментів колон. В верхній частині кожного Г- подібного сегменту передбачені консольні виступи, завдяки яким можлива перев'язка сегментів між собою по висоті. Підрощувана колона, при цьому, має

хрестоподібний переріз. Кожен ярус підрощуваної колони складається з чотирьох сегментів. В процесі підрощування колони витворюється монтажний простір між опорною рамою ПМ та оголовком підрощеної хрестоподібної колони, куди і подається Г- подібний колонний сегмент. В підрощуванні сегментів колон задіяні три гідроциліндри ПМ, які спираються на консольні виступи, раніше змонтованих, бокових та, розміщеного з протилежної сторони, Г- подібних сегментів. Шток четвертого гідроциліндра знаходиться в початковому положенні в корпусі гідроциліндра на опорній рамі ПМ. В простір між піднятим штоком гідроциліндра ПМ та верхнім підрощеним сегментом колони і подається наступний сегмент.

$w_{T3,3c} \cup f_{5,,3,3c}$ – передача навантаження від РВП при зупинках в процесі підйому ВП на консольні виступи Г- подібних сегментів ярусів підрощених колон ВБ через штоки гідроциліндрів ПМ.

Серед головних операцій, які виконуються компонентами ПМ, як центральними складовими КТМ зведення ВП, для варіанту 3с слід відзначити синхронну роботу штоків гідроциліндрів ПМ при підйомі опорної рами ПМ разом з РВП для утворення монтажного простору і подачі чергового Г- подібного сегменту хрестоподібної колони в зону підрощування. Синхронне переміщення трьох штоків гідроциліндрів ПМ передбачає висування штоку першого гідроциліндра з корпусу на довжину «3а», висування другого штоку – на довжину «2а» та висування третього штоку - на довжину «а» (де «а» - довжина сторони квадратного перерізу Г- подібного сегменту підрощуваної колони, $a = 0,5\text{м}$). Шток четвертого гідроциліндра, при цьому, завжди повертається в корпус гідроциліндра, закріпленого на опорній рамі ПМ. Маса 3Б Г-подібного сегменту (рис. 3.11) підрощуваної колони $m_{3c} = 2,700 \text{ тонн}$. Кількість гідроциліндрів ПМ, задіяних в процесі підрощування одного Г- подібного сегменту ярусу колони, $n_{3c} = 4 \text{ шт.}$ Для коректного порівняння конструктивно-технологічних характеристик варіантів КТМ 3а, 3б та 3с , розрахункова висота одного ярусу підрощування колон була прийнята – 1,0 м. Для виконання подальших розрахунків технологічності варіантів зведення ВП, акцептувалась тривалість

підрощування двох Г-подібних сегментів колон (сумарна висота горизонтальних полок в зоні центральної перев'язки – 1,0 м) $t_{M3c} = 2,54$ год. Відповідно, маса 2-х підрощуваних Г-подібних сегментів колони $m_{3c} = 5,400$ т. Монтаж одного ярусу лісів ($h = 2,0$ м) та утворення монтажної площадки навколо підрощуваної колони хрестоподібного перерізу $t_{P3c} = 2,20$ год.

Беручи до уваги головну умову функціонально-технічного аналізу, згідно з якою, при розділенні складових КТМ на елементи, кожен елемент має певну фізичну функцію і на рівні елементарних фізичних операцій досягає один фізико-технічний ефект, порівняння сумарного функціонального ефекту, який отримується компонентами складових КТМ варіантів Групи А3 при переміщені ВП з рівня передпідйомного укрупнення на рівень оголовків колон каркасу ВБ, може бути виконане на закладі порівняння відповідних значень швидкості процесу вертикального переміщення ВП зі спиранням на ПМ, задіянні в підрощуванні ярусів колон, коефіцієнту складності підрощування секцій колон, продуктивності монтажних бригад при виконанні всього комплексу операцій по підрощуванню колон та трудомісткості процесу підрощування колон з використанням ПМ. Були прийняті єдині конструктивні початкові умови для всіх варіантів Групи А3 КТМ, а саме - кількість ярусів підрощуваних колон – 24, кількість ярусів лісів і монтажних площадок для підрощування колон - 12. Значення конструктивно-технологічних показників варіантів Групи А3 КТМ зведення ВП представлені в табл. 3.3.

Швидкість процесу зведення ВП « V_{Ei} » розраховувалась за формулою:

$$V_{Ei} = \frac{H_{Ei}}{T_{Ei}} \quad (\text{м/год}), \quad (3.20)$$

де H_{Ei} - висота проектного закріплення конструкції ВП (м);

T_{Ei} - сумарна тривалість процесу переміщення ВП на проектну висоту з урахуванням тривалості всіх операцій по підрощуванню кожного Г-подібного ярусу колон каркаса, утворення ярусів опорних лісів та відповідних ярусів монтажних площадок по контуру підрощуваних колон через кожні 2,0-2,1 м підйому ВП (год).

Таблиця 3.3

Конструктивно-технологічні показники варіантів Групи А 3 КТМ зведення ВП

Конструктивно-технологічні характеристики досліджуваних варіантів зведення великопрогонових будівель	Позначення	Одиниця виміру	Варіанти КТМ зведення ВП підйомними модулями, задіяними в підрошуванні колон		
			Варіант 3а	Варіант 3б	Варіант 3с
Кількість гідроциліндрів, задіяних в підрошуванні однієї колони	n_{ji}	шт	8	2	4
Кількість операцій, виконуваних при підрошуванні одного ярусу колони	N_{Ei}	–	5	8	14
Тривалість підрошування одного ярусу колони будівлі	t_{Mi}	год	1,91	1,67	2,54
Тривалість монтажу ярусу лісів та площадок для підрошування колон	t_{Pi}	год	1,50	1,35	2,20
Маса одного ярусу ЗБ підрошуваної колони будівлі	m_{Ei}	т	1,944	2,112	5,400
Проектна висота зведення повнозбірних великопрогонових покриттів	H_{Ei}	м	24,00	24,00	24,00
Сумарна тривалість процесу переміщення ВП на проектну висоту	T_{Ei}	год	63,84	56,28	87,36
Швидкість вертикального переміщення ВП на рівень проектного закріплення	V_{Ei}	м/год	0,376	0,426	0,275
Складність зведення ВП підйомними модулями, задіяними в підрошуванні колон	K_{Ei}	–	0,800	0,875	0,929
Продуктивність монтажників при підрошуванні ярусів колон будівлі	P_{Ei}	т/год	1,018	1,265	2,125
Трудовітність процесу підрошування ярусів колон будівлі	W_{Ei}	год/т	0,983	0,791	0,470

Коефіцієнт складності підрошування колон « K_{Ei} » розраховувався за формулою:

$$K_{Ei} = 1 - \frac{1}{N_{Ei}} \quad (-), \quad (3.21)$$

де N_{Ei} - кількість операцій циклу підрошування одного ярусу колон ВБ (-)

Продуктивність монтажної бригади, задіяної в процесах верхнього підрошування залізобетонних секцій колон каркаса ВБ, що зводилась « P_{Ei} » розраховувалась за формулою:

$$P_{Ei} = \frac{m_{Ei}}{t_{MEi}} \quad (\text{т/год}), \quad (3.22)$$

де P_{Ei} – продуктивність монтажників при підрошуванні секцій колон (т/год);

m_{Ei} – маса одного ЗБ сегменту підрошуваної колони (т);

t_{MEi} – тривання процесу підрошування одного сегменту колони (год).

Трудомісткість підрощування секцій колон « W_{Ei} » розраховувалась за формулою:

$$W_{Ei} = \frac{t_{Ei}}{m_{Ei}} \quad (\text{год/т}), \quad (3.23)$$

де W_{Ei} – трудомісткість процесу підрощування секцій колон (год/т);

t_{Ei} – тривання процесу підрощування одного сегменту колони (год);

m_{Ei} – маса одного з/б сегменту підрощуваної колони (т).

Відповідно до умов оптимізації конструктивно-технологічних показників A_{opt} (3.21), максимальна швидкість переміщення ВП на проектну висоту може бути забезпечена при використанні *варіанту 3б*. Найбільші показники продуктивності монтажників при підрощуванні колон при мінімальних показниках трудомісткості підрощування колон має *варіант 3с*. Найменш складним є процес підрощування колон ПМ згідно з *варіантом 3а*. Для визначення з трьох варіантів Групи А 3 КТМ зведення ВП варіантного рішення, яке задовольняє умовам зведення ВП з використанням ПМ в умовах цільної забудови, додатково проаналізуємо особливості запропонованих варіантів КТМ зведення ВП методом верхнього підрощування колон.

$$A_{Ei} \rightarrow A_{opt} = \begin{cases} V_{Ei} \rightarrow V_{E \max} \\ K_{Ei} \rightarrow K_{E \min} \\ P_{Ei} \rightarrow P_{E \max} \\ W_{Ei} \rightarrow W_{E \min} \end{cases}, \quad (3.24)$$

Варіант 3б. Після встановлення верхньої секції підрощуваної колони необхідно розмістити арматуру по всій висоті колони в просторі, утвореному монтажними нішами секцій колони, закріпити опалубку і заповнити бетоном простір монтажних ніш. Для виконання бетонних робіт колона розділяється по висоті на шість захваток (висота захватки 4,0 м). Загальний строк виконання бетонних робіт в просторі монтажних ніш – 6 змін (48 год). З урахуванням того, що додаткові роботи по бетонуванню монтажних ніш сегментів колон збільшують загальні строки робіт по зведенню ВП та значно підвищують показники трудомісткості процесів по утворенню збірно-монолітних колон каркасу ВБ, варіант 3б не розглядається при випрацюванні оптимальних КТМ зведення ВП підйомними модулями.

Варіант 3с. Для подачі Г-подібних сегментів колон в зону підрощування використовуються напрямні. Сегменти колон закріплюються на напрямних в передпійомній фазі на рівні фундаментів. Три з чотирьох напрямних закріплюються на нижніх поверхнях просторових покриттів. Четверта напрямна закріплюється до ферми, яка виходить за габаритний контур ВП, що зводиться. Для конструктивного рішення варіанту 3с ферма з напрямними та Г-подібними сегментами колон має виступати за контур зовнішніх стін ВБ, що зводиться, на 12,5 м. В умовах щільної забудови забезпечення відстані між раніше побудованими об'єктами і ВБ, що зводиться, $\geq 12,5$ м, для вертикального переміщення блоків покриттів разом з зовнішніми напрямним Г-подібних сегментів, проблематичне, а в більшості випадків будівництва – неможливе. Враховуючи вказані обмеження по використанню справжнього варіанту підрощування колон, *варіант 3с*, також, не розглядається при випрацюванні оптимальних КТМ зведення ВП підйомними модулями.

Особливості функціональної взаємодії ПМ та секцій підрощуваних колон при переміщенні ригелів ВП на проектну висоту згідно *варіанту 3а*, а саме, вертикальне виштовхування РВП штоками домкратів ПМ, які спираються на змонтовані секції підрощуваних колон, та подача нових секцій колон в зону підрощування між опорними рамами ПМ та змонтованими секціями колон з одночасною передачею навантаження від РВП на штоки домкратів ПМ, були взяті за основу при подальшому випрацюванні та оптимізації варіантів КТМ зведення ВП, які передбачають спирання РВП на підрощувані стволи ПМ в просторі між спареними колонами каркасів великопрогонових будівель.

3.2.2 Конструктивно-функціональна структура конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель зі спиранням на стволи підйомних модулів, які підрощуються між спареними колонами каркаса

Принципи функціональної взаємодії між складовими КТМ зведення ВП варіантів Груп А3, А4 та А5 були акцептовані при розробці варіантів моделей зведення покрівельних конструкцій Групи А6. Так, з варіантів Групи А3 був

використаний принцип подачі сегментів підрощуваних колон в монтажний простір між опорною рамою ПМ та оголовками раніше встановлених секцій збірних колон. З технологічної схеми варіантів Груп А4 та А5 були використані принципи вертикального переміщення ригелів ВП в просторі між підрощуваними монтажними стовпами та почергової передачі навантаження від ригелів ВП під час зупинок в підйомному процесі на підрощувані монтажні стовпи і колони ВБ. Завдяки синергії особливостей функціональної взаємодії між складовими КТМ зведення ВП Груп А3, А4 та А5, для варіантів Групи А6 був досягнутий фізико-технічний ефект, який полягає в можливості зведення конструкцій ВП на ділянках, розміри яких не виходять за межі зовнішніх стін об'єкту будівництва, за умови переміщення ригелів ВП з рівня передпідйомного укрупнення до рівня проектного закріплення між спареними колонами каркасів ВБ зі спиранням на підрощувані стовпи ПМ [205].

Для варіантів Групи А6 в ієрархічній дворівневій функціональній структурі КТМ функції технологічного призначення складових КТМ зведення конструктивно-технологічних блоків ВП та функції взаємодії між складовими можуть бути представлені у вигляді загальної множини:

$$LS_{6i} = \begin{cases} w_{T1,6i} \cup f_{5,1,6i} \\ w_{T2,6i} \cup f_{5,2,6i} \\ w_{T3,6i} \cup f_{5,3,6i} \end{cases}, \quad (3.25)$$

де $w_{T1,6i} \cup f_{5,1,6i}$ – об'єднання функцій технологічного призначення та функцій взаємодії, згідно з яким для всіх варіантів Групи А6, в передпідйомній і підйомній фазах РВП спираються на оголовки підрощуваних стовпів ПМ;

$w_{T2,6i} \cup f_{5,2,6i}$ – об'єднання функцій технологічного призначення та функцій взаємодії, які спостерігаються при вертикальному покроковому переміщенні РВП методом виштовхування в просторі між спареними суцільними колонами каркасів за умови спиранням РВП на оголовки підрощуваних стовпів ПМ. При цьому, висота кожного кроку ітераційного переміщення РВП еквівалента робочому ходу штоків домкратів ПМ, задіяних в процесі підрощування;

$w_{T3,6i} \cup f_{5,3,6i}$ – функції технологічного призначення та функції взаємодії можуть бути об'єднані при передачі навантаження від РВП під час технологічних зупинок в підйомному процесі з використанням колон каркасів ВБ, які через горизонтальні фіксатори ПМ сприймають сумарне навантаження від РВП та стовпів ПМ в момент подачі чергової секції ствола ПМ в зону підрощування між спареними суцільними колонами ВБ, що зводиться.

Граф нижнього рівня КФС варіантів Групи А6 КТМ наведено на рис.3. 16.

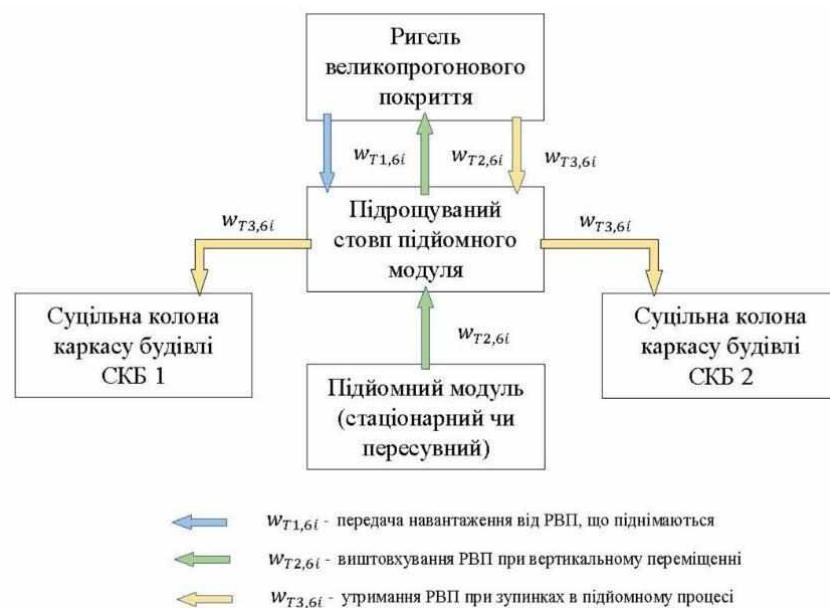


Рис. 3.16 Нижній рівень КФС для варіантів Групи А6 КТМ зведення ВП

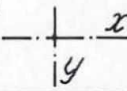
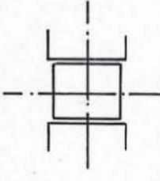
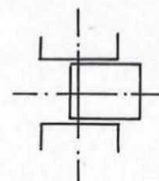
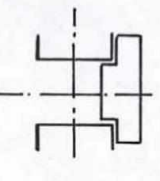
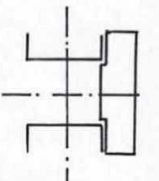
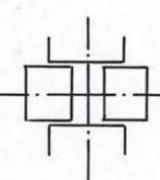
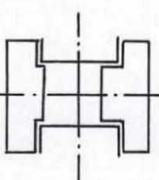
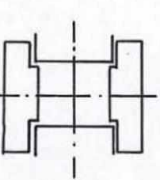
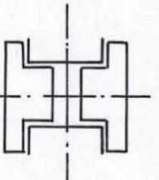
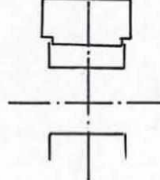
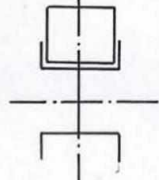
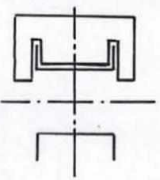
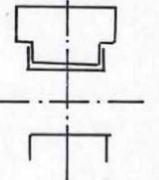
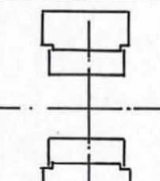
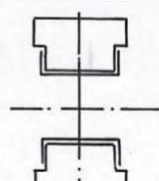
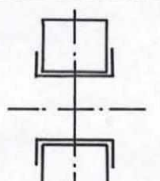
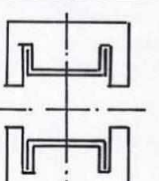
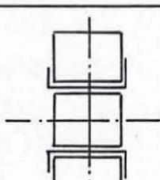
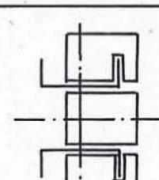
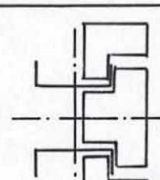
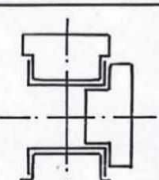
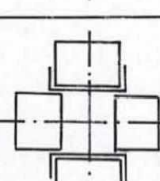
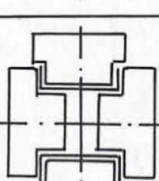
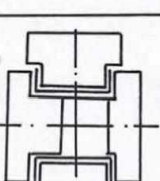
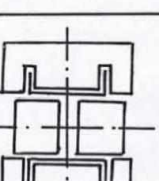
При використанні будь-якого варіанту Групи А6, РВП буде спиратись, виключно, на оголовки підрощувальних стовпів ПМ на протязі всього періоду переміщення РВП з рівня передпідйомного укрупнення на монтажних стендах до рівня закріплення ригелів ВП між оголовками спарених колон ($w_{T1,6i}$). При цьому суцільні колони каркасу ВБ будуть сприймати навантаження від РВП та секцій ствола ПМ через фіксатори ПМ при зупинках в процесі вертикального переміщення ригелів ВП ($w_{T3,6i}$).

При переміщенні РВП між спареними колонами каркасів функції технологічного призначення ($w_{T2,6i}$) та функції взаємодії ($f_{5,2,6i}$) для всіх варіантів Групи А6 залежать від декількох факторів, а саме, кількість стовпів ПМ, які підрощуються, ступінь інтеракції стовпів ПМ зі спареними суцільними колонами в процесі підрощування перших, та висотні рівні розміщення ПМ.

Кількість підрошуваних стовпів ПМ. Для варіантів Групи А6 розглядаються наступні конструктивні рішення (один, два, три або чотири) підрошуваних стовпів ПМ (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Варіанти розміщення підрошуваних стовпів ПМ відносно колон каркаса ВБ

Монтажні осі	Кількість підрошуваних стовпів ПМ "n"	Варіанти інтеракції підрошуваних стовпів підйомних модулів та суцільних спарених колон каркасів будівлі при зведенні великопрогонових покриттів			
					
x_m	1				
	2				
y_m	1				
	2				
x_m, y_m	3				
	4				

В даній роботі для всіх варіантів Групи А6 для кожної спареної колони каркасу передбачена взаємодія з одним підрощуваним стовпом ПМ.

Ступінь інтеракції стовпів ПМ з суцільними спареними колонами ВБ. Для розрахунку взаємодії між колонами каркасу та секціями підрощуваного ствола ПМ використовувалась колона з П-подібним перерізом та секції ствола ПМ прямокутного перерізу (рис. 3.17). Коефіцієнт інтеракції (взаємодії) K_{Ri} між суцільними колонами каркасу ВБ та секціями підрощуваних стовпів ПМ розраховується за формулою :

$$K_{Ri} = \frac{a_{pi}}{a_{pi} - c_{m1}} = \frac{a_{pi}}{a_{pi} - (a_{m1} - a_{m2})} \quad (-), \quad (3.26)$$

де K_{Ri} - коефіцієнт інтеракції між спареними колонами та стовпом ПМ (-);
 a_{pi} - довжина бокової полки П-подібної колони каркасу будівлі (мм) ;
 c_{mi} - довжина ділянки заведення секції підрощуваного стовпа ПМ в простір між боковими полками П-подібної колони каркасу будівлі (мм);
 a_{m1} - загальна довжина секції стовпа ПМ прямокутного перерізу (мм);
 a_{m2} - довжина частини секції стовпа ПМ, яка не заведена в простір між боковими полками П-подібної колони каркасу будівлі (мм).

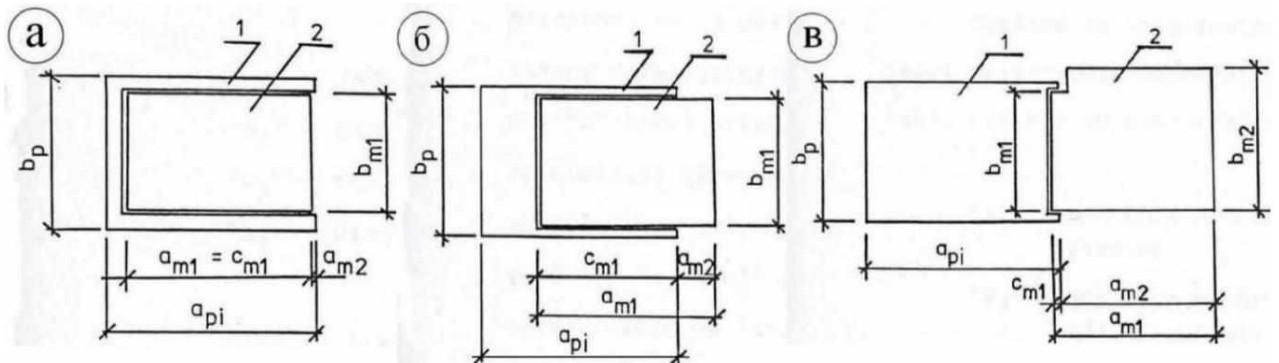


Рис. 3.17 Варіанти інтеракції суцільних колон каркасу будівлі з секціями підрощуваних стовпів ПМ в процесі зведення великопрогонових покриттів: а - високий ступінь інтеракції, б – середній ступінь інтеракції, в – низький ступінь інтеракції, 1 – суцільна колона каркасу будівлі, 2 – секція стовпа ПМ

З використанням рівняння (3.23) інтеракція спарених суцільних колон каркасу (колони двотаврового або швелерного перерізу) з секціями стовпів ПМ в

процесі циклічного підйому РВП зі спиранням на оголовки підрощуваних стовпів ПМ, може бути розділений до трьох груп:

- група з високим ступенем інтеракції $K_{Ri} \geq 10$ (–) ;
- група з середнім ступенем інтеракції $1,1 \leq K_{Ri} \leq 10$ (–) ;
- група з низьким ступенем інтеракції $K_{Ri} < 1,1$ (–) .

Висотні рівні розміщення ПМ. Використовуючи класифікаційні характеристики станів складної технологічної системи S_{Ai} Груп А1 (3.9) , А2 (3.10), та А3 (3.11) КТМ зведення КВБ, отримуємо три варіанти висотного розміщення ПМ, задіяних в процесах підрощування секцій стовпів ПМ:

- домкрати і опорні рами ПМ розміщені в рівні фундаментів і виконують нижнє підрощування секцій стовпів ПМ (згідно 3.9);
- домкрати і опорні рами ПМ розміщені на монтажних стендах і задіянні в стендовому підрощуванні секцій стовпів ПМ (згідно 3.10);
- домкрати і опорні рами ПМ розміщені на оголовках підрощуваних секцій стовпів ПМ (згідно 3.11).

Загальною умовою для всіх варіантів справжньої групи є використання підрощуваних стволів ПМ або пересувних опорних рам ПМ в якості постійних опор для ригелів ВП, що зводяться методом виштовхування, на протязі всього процесу підйому блоків покриттів на проектні відмітки, за умови обов'язкового примусового переміщення РВП в просторі між суцільними спареними колонами каркасів. Важливою умовою дотримання принципів функціональної взаємодії F_{5i} для варіантів КТМ групи А6 зведення ВБ є спирання ригелів ВП в передпідйомній фазі на оголовки підрощуваних стовпів ПМ (варіанти нижнього та стендового підрощування) або на пересувні рами ПМ (варіант верхнього підрощування). При цьому, жорстко закріплені колони каркасів можуть виконувати декілька функцій при взаємодії з РВП та ПМ. Вони слугують в якості обмежувачів відхилень в горизонтальній площині для піднімаємих РВП, виконують функції вертикальних напрямних для підрощуваних стовпів ПМ. З урахуванням інтеракції спарених колон каркасів з підрощуваними стовпами ПМ та багатоваріантного висотного розміщення ПМ, отримуємо 12 варіантів Групи А6 КТМ зведення ВП (табл.3.5).

Таблиця 3.5

Варіанти Групи А6 КТМ підрозування стовпів підйомних модулів

Висотні рівні розміщення вертикальних гідроциліндрів підйомних модулів, задіяних в процесах підрозування			Ступінь інтеракції суцільних колон та підрозуваних стовпів ПМ
на фундаментних плитах в рівні висотної відмітки 0,000	в рівні стелів передпідйомного укрупнення блоків покриттів	в рівні оголовків підрозуваних стовпів підйомних модулів	
6a	6b	6c	$K_{Ri} \leq 1,1$
6d	6e	6f	$1,0 < K_{Ri} \leq 10,0$
6g	6h	6i	$K_{Ri} > 10,0$
6j	6k	6l	$1,0 < K_{Ri} \leq 10,0$
1 - суцільна колона каркасу будівлі, 2 - ригель великопрогонового покриття, 3 - підрозуваний стовп підйомного модуля, 4 - секція стовпа підйомного модуля в зоні підрозування, 5 - гідроциліндр підйомного модуля, 6 - стелі для закріплення підйомного модуля			

Для порівняння фізико-технічного ефекту, який може бути досягнутий при зведенні повнозбірних конструктивно-технологічних блоків ВП в умовах існуючої забудови населених місць з залученням в процеси вертикального переміщення ВП варіантів Групи А6 КТМ, були використанні технічні характеристики крокового підйомника ПГШ-300, спроектованого в інституті «Укрспецмонтажпроект» [98]. Так, при використанні в процесі вертикального переміщення гідравлічних підйомників GP 185/1120 з характеристиками (вантажопідйомність 185 тон, робочих хід штоків гідроциліндрів 1120мм), була розрахована тривалість комплексу монтажних робіт по підрощуванню довільної секції стовпа ПМ t_{mi} (висота металевої секції стовпа ПМ $h_{mi} = 1000$ мм), в залежності від ступеня інтеракції між спареними колонами каркасів ВБ, що зводиться, та секціями підрощуваних стовпів ПМ:

- при високому ступені інтеракції $t_{mi} \leq 0.139$ (год) ;
- при середньому ступені інтеракції $0,139 < t_{mi} \leq 0.195$ (год) ;
- при низькому ступені інтеракції $0,195 < t_{mi} \leq 0.283$ (год) .

Тривалість доставки секції стовпа ПМ в зону підрощування (висота розміщення монтажної зони 1,0 – 24,0м) :

$$0,025 \leq t_{mhi} \leq 0.097 \quad (\text{год})$$

Тривалість робіт по влаштуванню ярусу монтажних лісів на висоті 2,0 -24,0 м:

$$0,058 \leq t_{mli} \leq 0.108 \quad (\text{год})$$

Загальна тривалість процесу переміщення РВП на висоту 1,0м зі спиранням на стовпи ПМ, які підрощуються при взаємодії з суцільними спареними колонами каркас ВБ T_{vmi} , може бути розрахована за формулою:

$$T_{vmi} = t_{mi} + t_{mhi} + t_{mli} \quad (\text{год}) \quad (3.27)$$

Фізико-технічний ефект, який досягається з використанням варіантів Груп А6 КТМ при зведенні ВП, може бути визначений з акцептуванням показників швидкості V_{zi} процесів вертикального переміщення РВП зі спиранням на підрощуванні стовпи ПМ :

$$V_{zi} = \frac{H_{zi}}{T_{vmi}} \quad (\text{м / год}) , \quad (3.28)$$

де V_{zi} - швидкість вертикального переміщення РВП зі спиранням на стовпи ПМ, які підрошуються між спареними колонами (м / год);
 H_{zi} - контрольні висотні відмітки переміщення РВП зі спиранням на підрошувані стовпи ПМ (1,0 ; 4,0; 8,0; 12,0; 16,0; 20,0; 24,0) м;
 T_{zmi} - загальна тривалість всіх складових процесу вертикального переміщення РВП зі спиранням на підрошуванні стовпи ПМ (год).

Найбільша швидкість вертикального переміщення РВП між спареними колонами ВБ зі спиранням на підрошуванні стовпи ПМ характерна для варіанту 6g Групи А6 - $V_{\max zi} = V_{z 6.g} = 6,09$ (м/год). Значення швидкості зведення РВП для варіантів Групи А6 наведено на рис. 3.18.

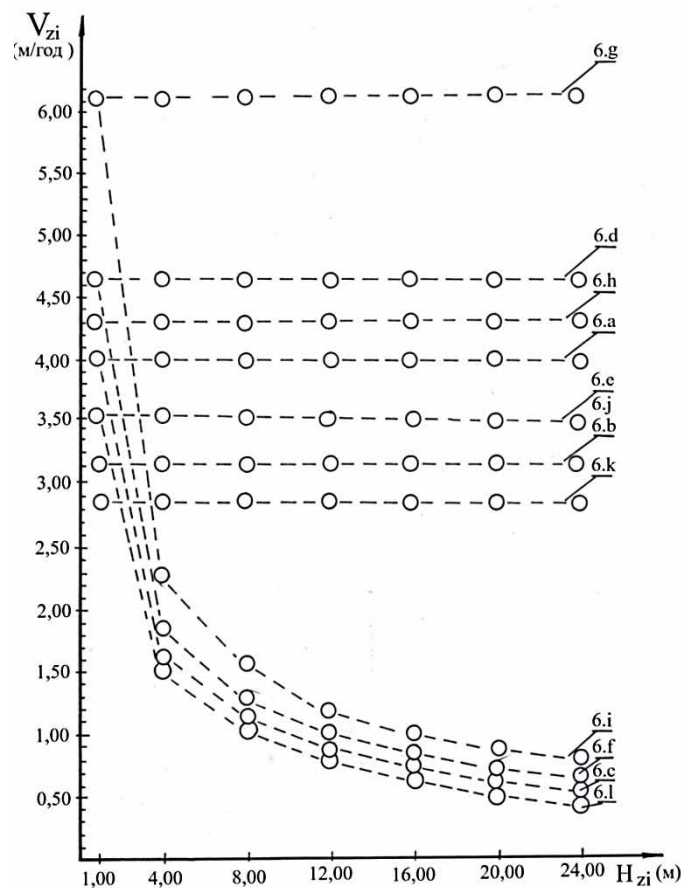


Рис.3.18 Швидкість зведення РВП з використанням варіантів КТМ Групи А6

Об'єднання функцій технологічного призначення та функцій взаємодії між складовими КТМ при вертикальному переміщенні РВП ($w_{T2,6i} \cup f_{5,2,6i}$) для варіанту 6g може бути сформульоване, як покрокове переміщення ригелів ВП в вертикальній площині між спареними колонами каркасів ВБ зі спиранням на

оголовки збірних стовпів ПМ, які підрощуються в просторі між спареними колонами будівлі, за умови розміщення силових агрегатів ПМ, які представлені вертикальними домкратами односторонньої дії задіяних в циклічному підрощуванні секцій стовпів ПМ, на фундаментах за зовнішнім контуром спарених колон каркасу.

Автором розроблені два варіанти Групи А6 КТМ зведення ККВ підйомними модулями. Це варіант 6g₁ [104; 110] та варіант 6g₂ [25; 205]. Загальний вигляд блоку ВП, піднімаемого з використанням варіанту 6g₁ та конструкція ПМ, задіяного в зведенні ВП, представлені на рис. 3.19.

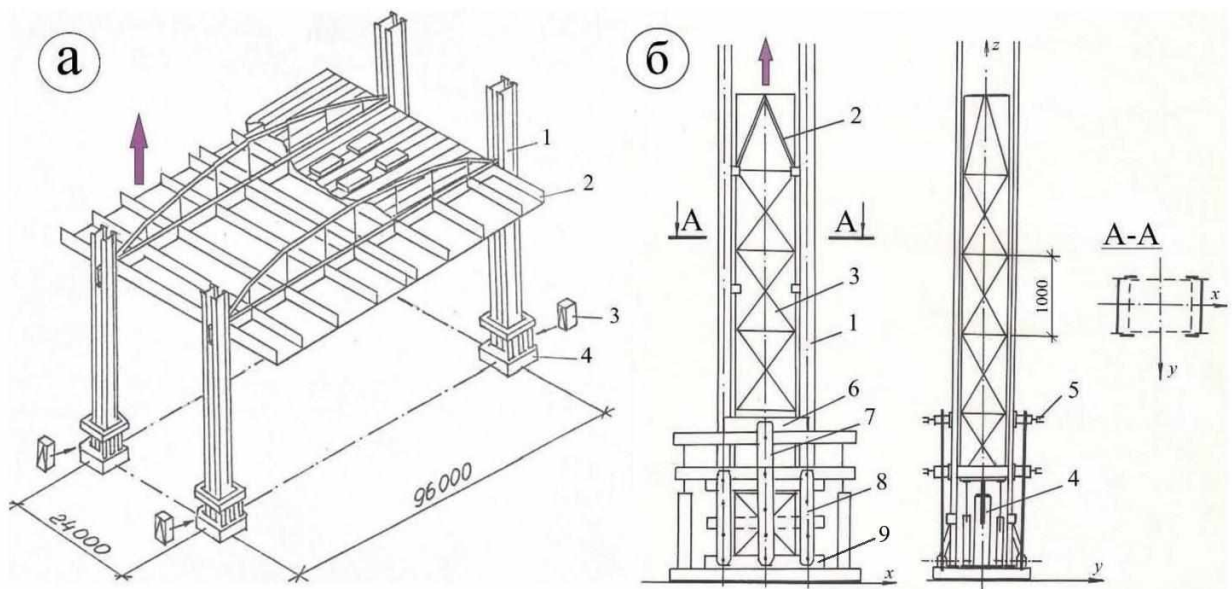
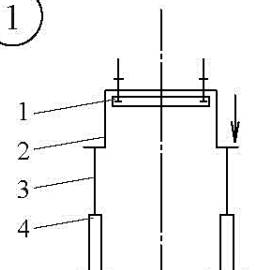
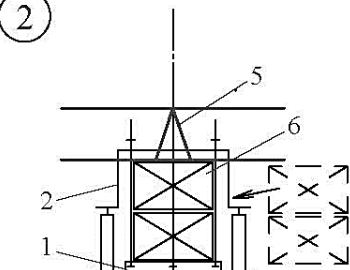
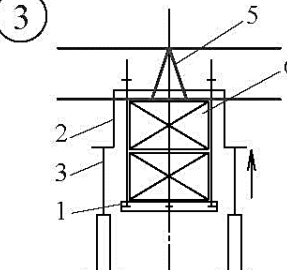
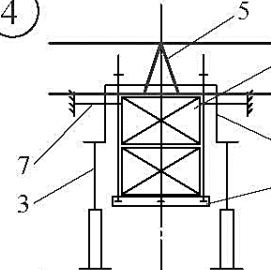
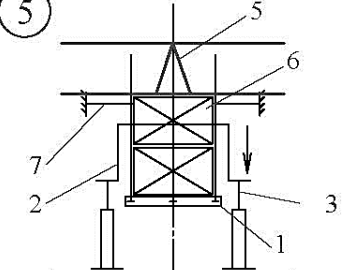
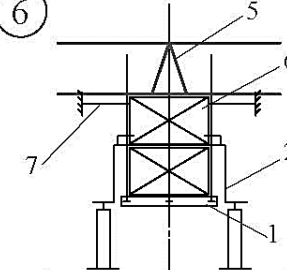
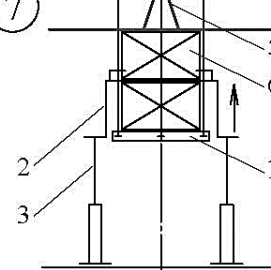
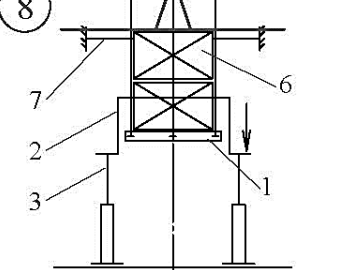
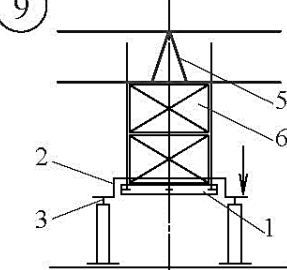
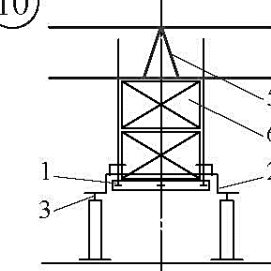
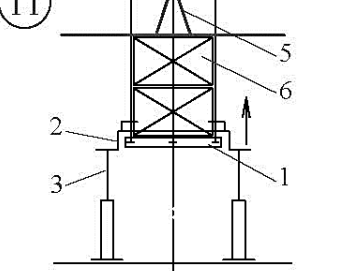
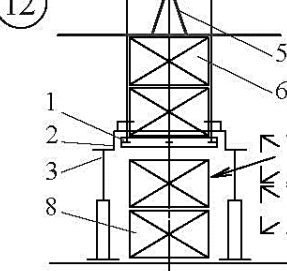


Рис. 3.19 Технологія зведення великопрогонового покриття зі спиранням на збірні стовпи ПМ, які підрощуються між спареними колонами каркасу : а – блок ВП в процесі зведення, б – загальний вигляд ПМ вузла підрощування стовпів ПМ, 1- суцільна колона, 2 – великопрогонове покриття, 3 – секція підрощуваного стовпа ПМ, 4 – вертикальні домкрати ПМ, 5 – горизонтальні фіксатори ПМ, 6 – підйомна рама ПМ, 7 – центральна тягова стрічка ПМ, 8 – бокова тягова стрічка ПМ, 9 – несуча платформа ПМ

Технологічна послідовність процесу вертикального переміщення РВП в просторі між спареними колонами каркасу ВБ, що зводиться, за умови спирання РВП в процесі підйому на оголовки підрощуваних стовпів ПМ згідно варіанту 6g₁ групи А6 КТМ, наведена в табл. 3 .6 .

Таблиця 3.6

Цикл процесу підрощування секцій стовпів ПМ згідно варіанта 6g₁ групи А6 КТМ зведення ВБ підйомними модулями

Послідовність технологічного процесу зведення ВП зі спираанням на підрощувані стовпи ПМ в просторі між спареними колонами будівлі		
①  переміщення опорної рами та несучої платформи ПМ в зону підрощування	②  подача першого яруса ствола ПМ в зону підрощування	③  підйом першого яруса ствола ПМ на висоту h = 1000 мм
④  передача навантаження від РВП та ствола ПМ на колонні фіксатори	⑤  переміщення опорної рами ПМ вниз на 1000 мм	⑥  передача навантаження від РВП на опорну раму ПМ
⑦  підйом першого яруса ствола ПМ на наступні 1000 мм	⑧  передача навантаження від РВП та ствола ПМ на колонні фіксатори	⑨  переміщення опорної рами ПМ в напрямку несучої платформи ПМ
⑩  передача навантаження від РВП та яруса ствола ПМ на опорну раму	⑪  переміщення ствола ПМ разом з РВП на 1000 мм	⑫  подача другого яруса ствола ПМ в зону підрощування
1 - несуча платформа підйомного модуля (ПМ), 2 - опорна рама ПМ, 3 - шток домкрата ПМ, 4 - корпус домкрата ПМ, 5 - ригель великопрогоного покриття (РВП), 6 - перший ярус підрощуваного стовпа ПМ, 7 - фіксатор підйому, 8 - другий ярус підрощуваного стовпа ПМ		

Переваги варіантів $6g_1$ та $6g_2$ Групи А6 КТМ, а саме, використання принципу нижнього підрощування стовпів ПМ в просторі між спареними колонами каркасів ВБ, що зводиться, при якому складові всього комплексу монтажних робіт по зведенню ВП сконцентровані на фундаментах з забезпеченням мінімальних часових затрат на доставку секцій стовпів ПМ в монтажну зону та підрощування секцій стовпів ПМ в комфортних умовах (верхня висотна відмітка монтажної зони $+2,000$), послужили підґрунтям для вдосконалення КТМ зведення КВБ з використанням ПМ в умовах існуючої забудови населених місць. Процес оптимізації КТМ зведення ВП, в якому передбачається використання переваг варіанту $6g_2$ Групи А6, представлений в наступних розділах справжнього дослідження.

3.2.3 Конструктивно-функціональна структура конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель зі спиранням на підйомні модулі, які переміщуються між спареними колонами каркаса

Умови функціональної взаємодії, характерні для варіанту $6g$, визначеного з дванадцяти варіантів Групи А6 КТМ, як найбільш ефективний для зведення ВП, були акцептовані при розробці варіантів Групи А7. В першу чергу, була врахована умова взаємодії між напрямними профілями суцільних колон каркасів і секціями підрощуваних стовпів ПМ, при якому напрямні профілі колон каркасів елімінують відхилення секцій підрощуваних стовпів ПМ у вертикальній площині. Також, враховувалась умова обов'язкового переміщення опорних частин РВП в міжколонному просторі, при якому спарені колони виконують функцію обмежувачів відхилень покриттів в горизонтальній площині при їхньому вертикальному переміщенні на проектні відмітки. Важливий принцип, характерний для КТМ варіанту $6g$, який був використаний при розробці варіантів Групи А7 КТМ, це принцип жорсткого закріплення спарених колон каркасів ВБ в фундаментах, при якому вертикальні навантаження (вертикальні сили стиснення або розтягування), горизонтальні навантаження (горизонтальні сили зсуву від вітрових або сейсмічних впливів) та згинальні моменти повністю

передаються від суцільних спарених колон каркасів ВБ на збірні або монолітні ЗБ фундаменти.

Головною технологічною особливістю використання варіантів Групи А7 КТМ при зведенні ВП є забезпечення контрольованого вертикального переміщення РВП з рівня передпідйомного укрупнення до рівня остаточного закріплення на проектних відмітках за умови примусового виштовхування опорних частин ригелів ВП пересувними ПМ, які переміщуються між спареними колонами каркасів і використовують напрямні профілі спарених колон каркасів ВБ в якості опорних вузлів. [109; 211]. Принципова відміна технологічної концепції варіантів Групи А7 КТМ зведення ВП від варіанту 6g Групи А6 полягає в трансформації методу виштовхування РВП у просторі між спареними колонами каркасів ВБ зі спиранням на оголовки підрозумованих стовпів ПМ, висотна відмітка яких збільшується пропорційно висоті підйому ВП, на метод виштовхування РВП у просторі між спареними колонами каркасів ВБ зі спиранням на пересувні ПМ, переміщення яких у вертикальній площині здійснюється між спареними колонами каркасів ВБ, що зводиться. Граф нижнього рівня КФС Групи А7 КТМ зведення ВП наведено на рис. 3.20.

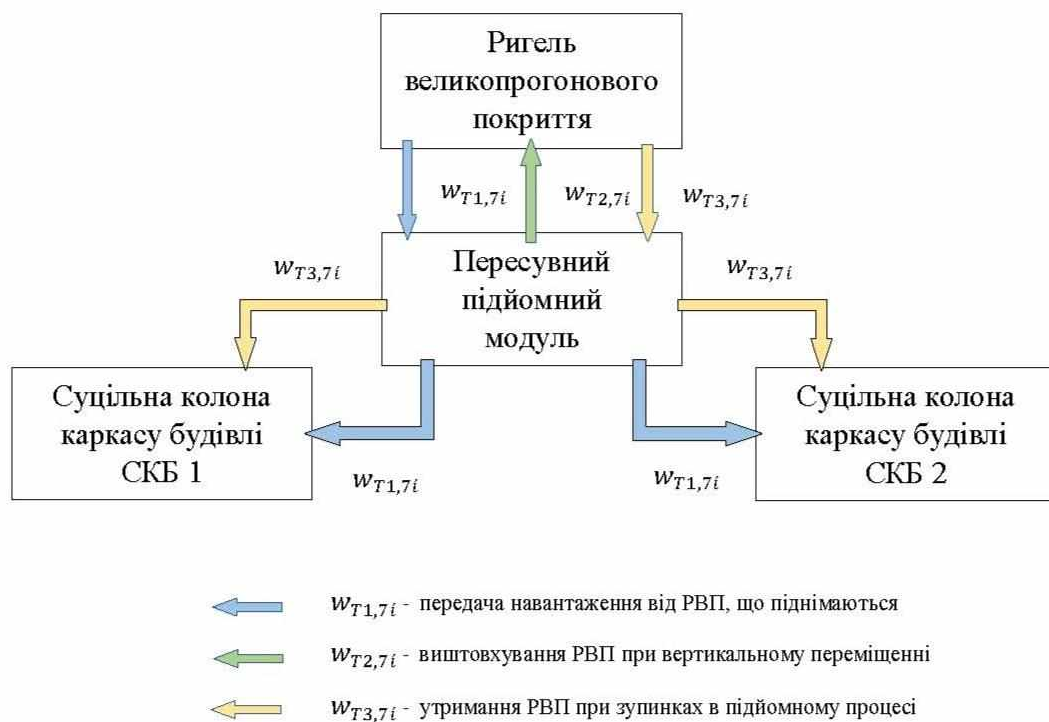


Рис. 3.20 Нижній рівень КФС для варіантів Групи А7 КТМ зведення ВП

Можливі варіанти Групи А7 КТМ зведення ВП підйомними модулями: *варіант 7a* – виштовхування РВП у просторі між спареними суцільними колонами каркасів ВБ при покроковому підйомі конструкції ВП здійснюється за допомогою пересувних ПМ, до складу яких входить один вертикальний гідроциліндр подвійної дії, два страхувальних стрижня, закріплених на нижніх рамах ПМ, горизонтальні гідроциліндри, виконуючі функцію фіксаторів підйому, та закріплені в нижній і верхній рамах ПМ, [21; 141; 142], (рис. 3.5);

варіант 7b - для виштовхування РВП в просторі між спареними колонами каркасів ВБ використовуються пересувні ПМ, до складу кожного з яких входять центральні вертикальні гідроциліндри подвійної дії (один чи два), чотири страхувальні стрижні, верхня та нижня опорні рами з горизонтальними гідроциліндрами і фіксаторами підйому [182; 187] (рис. 3.21).

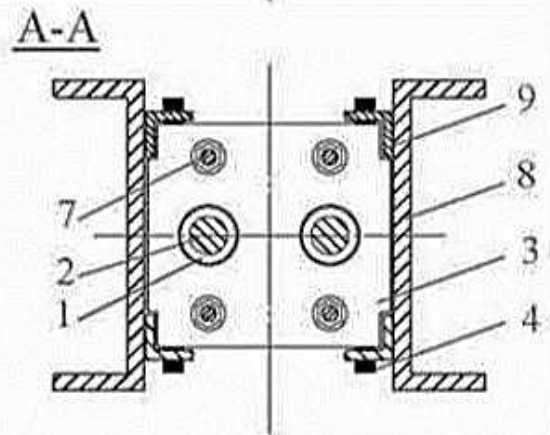
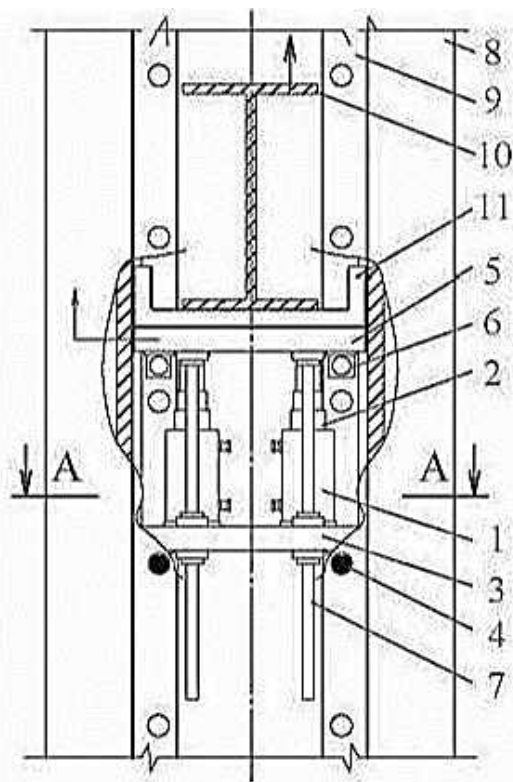


Рис. 3.21 Пересувний ПМ з двома вертикальними гідроциліндрами подвійної дії згідно варіанту 7b КТМ зведення ВП : 1 – корпус гідроциліндра, 2 – шток гідроциліндра, 3 – нижня рама ПМ, 4 - нижні фіксатори підйому, 5 – верхня рама ПМ, 6 – верхній фіксатор підйому, 7 – страхувальні стрижні, 8 – суцільні колони каркасу, 9 – напрямні профілі, 10 – ригель ВП, 11 – опорна рама ВП

Для варіантів Групи А7 в ієрархічній дворівневій функціональній структурі КТМ функції технологічного призначення складових КТМ зведення ВП та функції взаємодії між складовими можуть бути представлені у вигляді загальної множини:

$$LS_{7i} = \begin{cases} w_{T1,7i} \cup f_{5,1,7i} \\ w_{T2,7i} \cup f_{5,2,7i} \\ w_{T3,7i} \cup f_{5,3,7i} \end{cases}, \quad (3.29)$$

де $w_{T1,7i} \cup f_{5,1,7i}$ – об'єднання функцій технологічного призначення та функцій взаємодії, згідно з яким для будь-якого варіанту Групи А7, ригелі ВП у передпійомній фазі, на стадії заведення опорних частин РВП у просторі між спареними колонами каркасів при укрупненні покриттів в конструктивно-технологічні блоки, та протягом усієї підйомної фази, при переміщенні укрупнених блоків ВП на рівень оголовків несучих колон каркасів, спираються виключно на ПМ, розміщені між спареними колонами каркасів;

$w_{T2,7i} \cup f_{5,2,7i}$ – об'єднання функцій технологічного призначення та функцій взаємодії, згідно з яким вертикальне переміщення РВП у просторі між спареними колонами каркасів ВБ виконується зі спиранням на пересувні ПМ, які використовують профільні напрямні, закріплені на внутрішніх поверхнях суцільних спарених колон, як опорні вузли, при цьому передбачається по чергу заведення в отвори напрямних профілів горизонтальних фіксаторів підйому, попередньо закріплених на нижній та верхній опорних рамах ПМ. Так, в фазі підйому ВП на висоту, еквівалентну робочому ходу штоків вертикальних гідроциліндрів ПМ, навантаження від РВП через фіксатори підйому нижніх рам ПМ передається на напрямні профілі колон ВБ (рис.3.17);

$w_{T3,7i} \cup f_{5,3,7i}$ – функції технологічного призначення та функції взаємодії об'єднуються при передачі навантаження від РВП під час технологічних зупинок в підйомному процесі з використанням спарених суцільних колон каркасів ВБ, які через фіксатори підйому верхніх рам ПМ, заведених в відповідні отвори в напрямних профілях, сприймають сумарне навантаження від опорних частин ригелів ВП та пересувних ПМ.

Саме синтез функціональної взаємодії між пересувними кроковими ПМ та напрямними, закріпленими на внутрішніх поверхнях спарених колон каркаса, в варіантах групи А7 КТМ дає змогу виключити з технологічного ланцюжка процесу зведення КВБ операції доставки сегментів підрощування (секцій збірних колон каркаса для варіантів групи А3 та секцій збірних стовпів ПМ для варіантів групи А6) в зону монтажних робіт, а також підйому підрощуваних елементів колон каркаса (стовпів ПМ) з наступною фіксацією проміжного положення підрощуваних конструкцій при технологічних зупинках в процесі підйому ВП. Процес вертикального переміщення РВП в просторі між спареними колонами каркасів ВБ зі спиранням на пересувні ПМ, згідно з варіантами Групи А 7 КТМ, має циклічний ітераційний характер. Основні етапи підйому РВП з використанням варіанту 7b з рівня передпідйомного укрупнення до рівня закріплення ригелів ВП в проектному положенні між оголовками спарених колон каркасу ВБ, що зводиться, наведено на рис. 3.22.

Серед головних технологічних операцій, які виконуються компонентами пересувного ПМ при вертикальному переміщенні ВП, для варіантів Групи А7 слід відзначити операції з виштовхування РВП вертикальними гідроциліндрами, закріпленими на нижніх балках ПМ, з одночасним спиранням нижніх балок ПМ на напрямні профілі колон каркасів через фіксатори підйому, які переміщуються в отвори напрямних профілів колон завдяки горизонтальним гідроциліндрам, закріпленим на нижніх балках ПМ (рис. 3.22, б). Також, заслуговує на увагу послідовність операцій, які виконуються горизонтальними гідроциліндрами, закріпленими на верхніх балках пересувних ПМ. Так, завдяки верхнім фіксаторам підйому, які переміщуються горизонтальними гідроциліндрами в отвори напрямних профілів спарених колон каркасів ВБ, сумарне навантаження від покриття ВП і компонентів ПМ через напрямні профілі передається на спарені суцільні колони каркасів ВБ, що дає змогу переміщувати (вертикально підтягувати), звільнену від навантаження, нижню раму ПМ вертикальними гідроциліндрами в напрямку верхньої рами крокового ПМ (рис. 3.22, г).

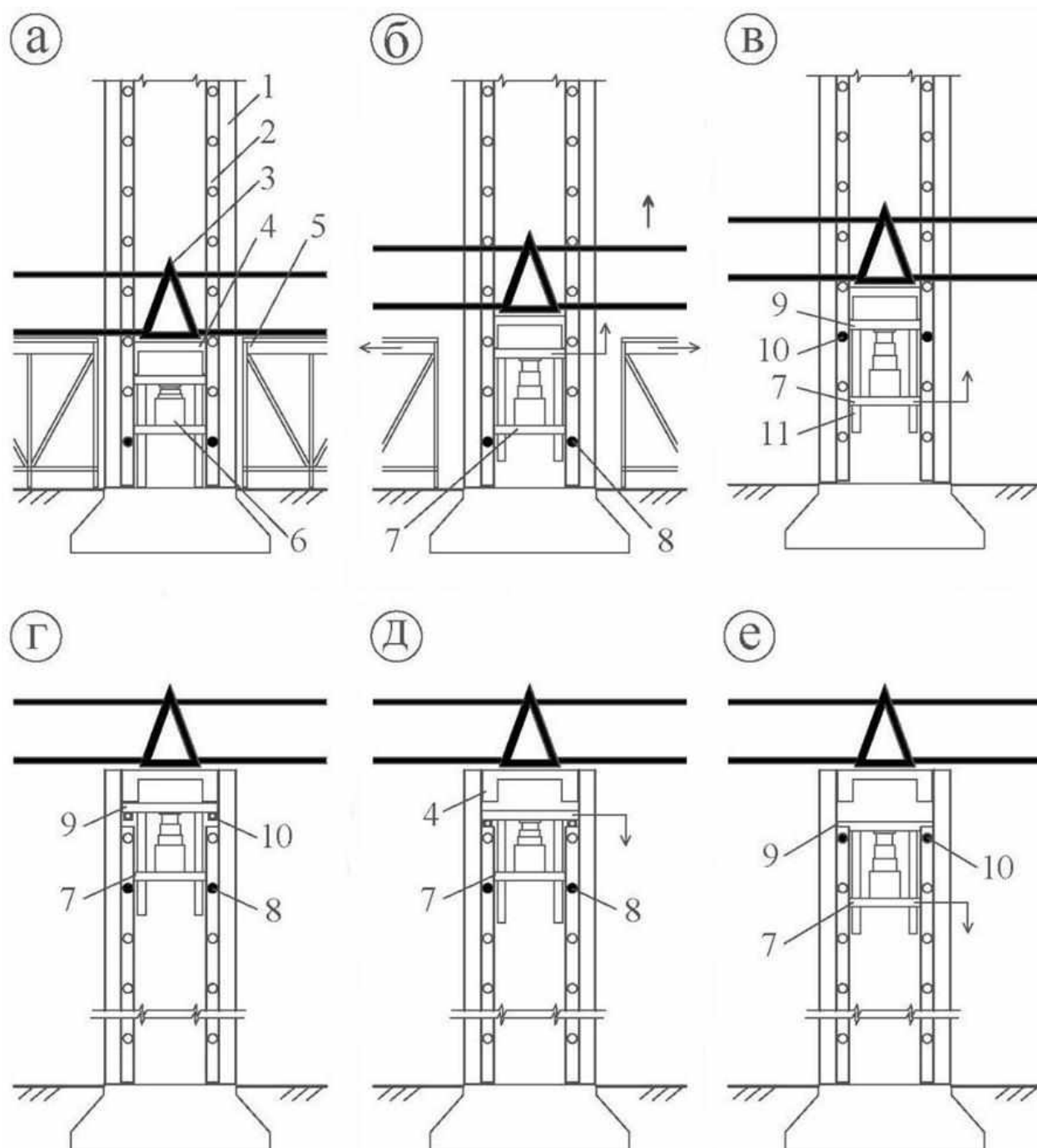


Рис. 3.22 Основні етапи підйому РВП за варіантом 7 б з використанням пересувних ПМ: а – передпідйомний етап; б, в, г – підйомний етап; д, е – післяпідйомний етап; 1 – спарені колони; 2 – напрямний профіль, 3 – опорний ригель ВП; 4 – несуча рама ВП; 5 – риштування; 6 – вертикальний гідроциліндр ПМ; 7 – нижня пересувна балка ПМ; 8 – нижні фіксатори підйому; 9 – верхня пересувна балка ПМ; 10 – верхні фіксатори підйому; 11 – вертикальні страхувальні стрижні

З урахуванням фактору, що має безпосередній вплив на досягнення фізико-технічного ефекту при зведенні ВП із використанням пересувних ПМ, а саме забезпечення стабільного положення опорної рами ВП у горизонтальній площині під час спирання на верхню раму ПМ протягом усього покрокового підйому повнозбірного блоку ВП на проектну висоту, для оптимізації КТМ зведення ВП із групи А7 було відібрано варіант 7b. Саме в конструктивно-технічній схемі вказаного варіанту завдяки використанню двох вертикальних гідроциліндрів подвійної дії, закріплених у центрі нижньої рами ПМ, і чотирьох страхувальних стрижнів, розташованих по кутах нижньої рами ПМ (рис. 3.21), забезпечується стабільне положення верхньої рами ПМ, яка взаємодіє з опорною рамою ВП протягом усього процесу підйому. Головною технологічною особливістю, притаманною варіантам Групи А7 КТМ зведення ВП, є використання функціональної взаємодії між основними складовими КТМ - спареними суцільними колонами каркаса, які доповнюються конструкціями діагональних зв'язків, утворюючих жорсткий вертикальний каркас будівлі, з кроковими підйомними модулями за умови спирання основної складової КТМ – ригелів блоків ВП на верхні платформи ПМ за умови забезпечення переміщення ригелів ВП в вертикальній площині напрямними профілями, закріпленими на внутрішніх поверхнях спарених колон каркаса ВБ, що зводиться. Вертикальне переміщення ВП виконується за умови знаходження монтажного персоналу поза зоною ризику. Монтажники задіяні тільки в завершальній фазі зведення ВП при закріпленні РВП в проектному положенні між оголовками спарених колон каркаса ВБ.

Відібрані на закладі функціонально-фізичного аналізу варіанти Груп А3, А6 та А7 КТМ зведення ВБ в наступних розділах дослідження будуть акцептовані при формуванні багатоваріантної функціональної взаємодії між компоновками ПМ під час вертикального переміщення РВП на проектну висоту з використанням методу верхнього підрощування колон каркаса (варіанти Групи А3 КТМ), методу підрощування стовпі ПМ між спареними суцільними колонами каркаса (варіанти групи А6 КТМ) і методу покрокового переміщення ПМ між спареними колонами каркаса (варіанти групи А7 КТМ).

Висновки по третьому розділу

1. З використанням принципів декомпозиції і ієрархії кожна з підгруп $f_{5,1}$ « Спирати РВП в передпідйомний та підйомній фазах зведення КВБ » , $f_{5,2}$ « Переміщувати РВП в вертикальній площині з зони передпідйомного укрупнення ВП в зону закріплення блоків ВП в проектному положенні», $f_{5,3}$ « Фіксувати проміжне положення РВП при зупинках в процесі підйому» відібраної функції F_5 « Взаємодія між складовими КТМ зведення ВП» була розділена на функції наступного рівня, які для багатоваріантних складових КТМ зведення ВП чітко ідентифікують функції технологічного призначення кожної окремої складової КТМ та транспарентно відображають сутність функціональної взаємодії між складовими КМТ на всіх етапах зведення ВП.

2. За умови декомпозиції складної технологічної системи S_A «Зведення КВБ» на підсистеми $a_1 \div a_3$ при акцептуванні розгорнутої структури функції F_5 (складові підгруп функцій взаємодії $f_{5,1} \div f_{5,3}$), наочно відображаючих функціональну взаємодію φ_{Ai} між складовими КТМ на всіх етапах зведення КВБ, були визначені основні Групи $A1 \div A7$ КТМ, кожна з яких може бути ідентифікована функціональною особливістю Q_{ri} , з параметрами p_{1i}, p_{2i}, p_{3i} .

3. Морфологічний аналіз багатоваріантної взаємодії між складовими КТМ дозволив визначити методи зведення КВБ, які використовуються відповідними Групами КТМ, це - нижнє підрощування колон будівлі ($Gr.A1$), стендове підрощування колон будівлі ($Gr.A2$), верхнє підрощування колон будівлі ($Gr.A3$), нижнє підрощування колон будівлі і монтажних стовпів ($Gr.A4$), верхнє підрощування колон будівлі і монтажних стовпів ($Gr.A5$), спирання РВП на збірні стовпи ПМ, які підрощуються в просторі між спареними суцільними колонами будівлі ($Gr.A6$), спирання РВП на пересувні ПМ, які переміщуються в просторі між спареними колонами будівлі ($Gr.A7$).

4. Синтез особливостей функціональної взаємодії, характерних для складових моделей зведення Груп $A1$ та $A2$, передбачаючих концентрацію всіх процесів по підрощуванню колон будівлі в комфортних умовах на рівні фундаментів, та Груп $A4$ та $A5$, для яких принциповою умовою являється

почергова взаємодія ПМ з підрощуваними секціями колон будівлі та монтажних колон, був використаний при випрацюванні теоретичного концепту Групи А6, для всіх варіантів якого обов'язковим являється інтеракція секцій підрощуваних стовпів ПМ з суцільними колонами ВБ на всіх етапах зведення блоків ВП.

5. Акцептуючи принцип відокремлення та дворівневої ієрархії при розгляданні конструктивно-функціональних структур КТМ зведення ВП, методами функціонально-фізичного аналізу, збору статистичних даних та порівняльного аналізу конструктивно-технологічних характеристик варіантів зведення ВП, було проведене комплексне дослідження 17 можливих варіантів Груп А3, А6, А7 КТМ безкранового зведення КВБ з використанням ПМ.

6. Синергія переваг функцій технологічного призначення складових КМТ зведення КВБ та функцій взаємодії між складовими КТМ, характерна для відібраних варіантів зведення ВП, а саме, *Var.3a Gr.A3* – спирання РВП на, підрощуванні зверху, колони будівлі, *Var.6g Gr.A6* - спирання РВП на стовпи ПМ, які підрощуються знизу між спареними колонами будівлі, *Var.7b Gr.A7*- спирання РВП на ПМ, які переміщуються між спареними колонами будівлі, має бути врахована при розробці оптимальної КТМ зведення конструкцій ВБ, яка передбачає виконання всього технологічно комплексу процесів безкранового зведення інтегрованих просторових ВП в умовах існуючої забудови населених місць на будівельних ділянках, розміри яких не перевищують габаритні розміри ВП, що зводяться.

Результати даного розділу дисертації опубліковані у наукових статтях, включених до переліку наукових фахових видань України [182; 195; 202; 208; 209], у наукових журналах інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію [21; 26; 130; 131; 146; 158; 210; 214; 215], в статтях у періодичних виданнях, включених до категорії «А» переліку фахових видань України [109; 188], у статтях в закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection [25; 203] та Scopus [187; 211]. Результати третього розділу дисертації відображені в авторських свідоцтвах [205; 216; 217; 218; 219] та заявках на винаходи Укрпатенту [192; 193].

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОНОВОК ПІДЙОМНИХ МОДУЛІВ ТА ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЇХ ФОРМУВАННЯ

При визначенні структурно-логічного принципу формування компонок підйомних модулів (КПМ), як домінуючого оператора соціотехнічної системи перетворень (рис. 2.11), функціонально-цільовий обрис ПМ розглядається не в конструктивно-технічному форматі, а як ієрархічна дворівнева система функціональної взаємодії між його силовими та несучо-опорними елементами. Ієрархія рівней функціональної взаємодії КПМ визначається наступним чином:

- *верхній рівень* — взаємодія між блоками компонок ПМ: «Механізми підйому і фіксації» та «Конструктивні елементи»;
- *нижній рівень* — взаємодія між гідроциліндрами та домкратами у складі блоку КПМ «Механізми підйому і фіксації» з платформами, опорними рамами та фіксаторами підйому у складі блоку КПМ «Конструктивні елементи».

За відібраними варіантами груп КТМ (Вар. 3а , Гр. А3; Вар. 6g₂ , Гр. А6; Вар. 7b , Гр. А7) згідно [231; 232] були проведені морфологічний та системно-структурний аналізи функції взаємодії F_6 між КПМ при зведенні КВБ. В процесі справжнього дослідження були проаналізовані підфункції *групи внутрішніх функцій* F_6 (2.16) *множини* F_i , а саме: $f_{6.1}$ - верхнє підрозшування колон каркаса ВБ, що зводиться; $f_{6.2}$ — нижнє підрозшування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса ВБ, що зводиться; $f_{6.3}$ — переміщення крокових ПМ між спареними колонами каркаса ВБ, що зводиться.

4.1 Визначення системи функціональної взаємодії між елементами компонок підйомних модулів

Головна мета складної технологічної системи S_A - зведення КВБ з використанням вертикального переміщенням повнозбірних блоків ВП з рівня укрупнення на рівень проектного закріплення в умовах існуючої забудови населених місць, відповідно до відібраних варіантів груп КТМ (підрозділ 3.1), досягається за рахунок дискретно-ітераційних циклів підйому з постійним

контролем просторового положення піднімаємих ВП і формування вузлів з'єднання чи спирання елементів компоновок ПМ з вертикальними конструкціями, які презентують основні складові КТМ зведення ВП. Саме залучення компонентів блоків компоновок стаціонарних або пересувних ПМ в технологічні монтажні процеси дозволяє зводити конструкції ВБ на будівельних майданчиках, розміри яких не перевищують габаритні розміри ВП, що зводяться при технічній неможливості використання в процесах вертикального підйому інтегрованих укрупнених блоків ВП мобільних, обмежено мобільних та немобільних кранів (підрозділ 1.3.3). Для вибору типу приводу силових механізмів досліджуємих ПМ використано метод порівняльного аналізу технічних характеристик гідравлічних, пневматичних і пневмогідравлічних домкратів [233–242] (додаток Г, табл. Г.1). За результатами порівняльного аналізу для формування та дослідженні компоновок ПМ використовуються, виключно гідравлічні домкрати та гідроциліндри, переміщення штоків яких передбачається в горизонтальній та вертикальній площинах.

У загальному вигляді при вертикальному переміщенні блоків ВП в системі функціональної взаємодії між компонентами блоків КПМ для всіх досліджуємих варіантів Груп А3, А6 та А7 КТМ зведення КВБ підйомними модулями визначені три ітераційні послідовні етапи підйомного циклу:

- **передача навантаження** від платформ ПМ на вертикальні домкрати чи гідроциліндри, закріплені корпусами на платформах ПМ при верхньому підрощуванні колон каркаса (варіанти Групи А3 КТМ), при нижньому підрощуванні стовпів ПМ між спареними колонами каркаса (варіанти Групи А6 КТМ), при кроковому переміщенні ПМ між спареними колонами каркаса (варіанти Групи А7 КТМ);
- **підйом платформ ПМ** на висоту, еквівалентну робочому ходу штоків, закріплених на них вертикальних домкратів двосторонньої дії (варіанти Групи А3 КТМ), вертикальних домкратів односторонньої дії (варіанти групи А6 КТМ), вертикальних та горизонтальних гідроциліндрів двосторонньої дії (варіанти Групи А7 КТМ);

• утримання платформ ПМ у проміжному положенні піл час технологічних зупинок в підйомному процесі вертикальними поздовжніми чи поперечними домкратами подвійної дії (варіанти Групи А3 КТМ), горизонтальними гідроциліндрами та фіксаторами підйому, закріпленими на суцільних колонах каркасу, при подачі секцій збірних стовпів ПМ в зону підрощування (варіанти Групи А6 КТМ), горизонтальними гідроциліндрами, закріпленими на пересувних платформах ПМ, при переміщенні нижньої платформи крокового ПМ в напрямку верхньої платформи ПМ (варіанти Групи А7 КТМ).

Дворівнева ієрархічна система функціональної взаємодії між елементами КПМ для відібраних варіантів Груп КТМ зведення КВБ наведена на рис. 4.1.

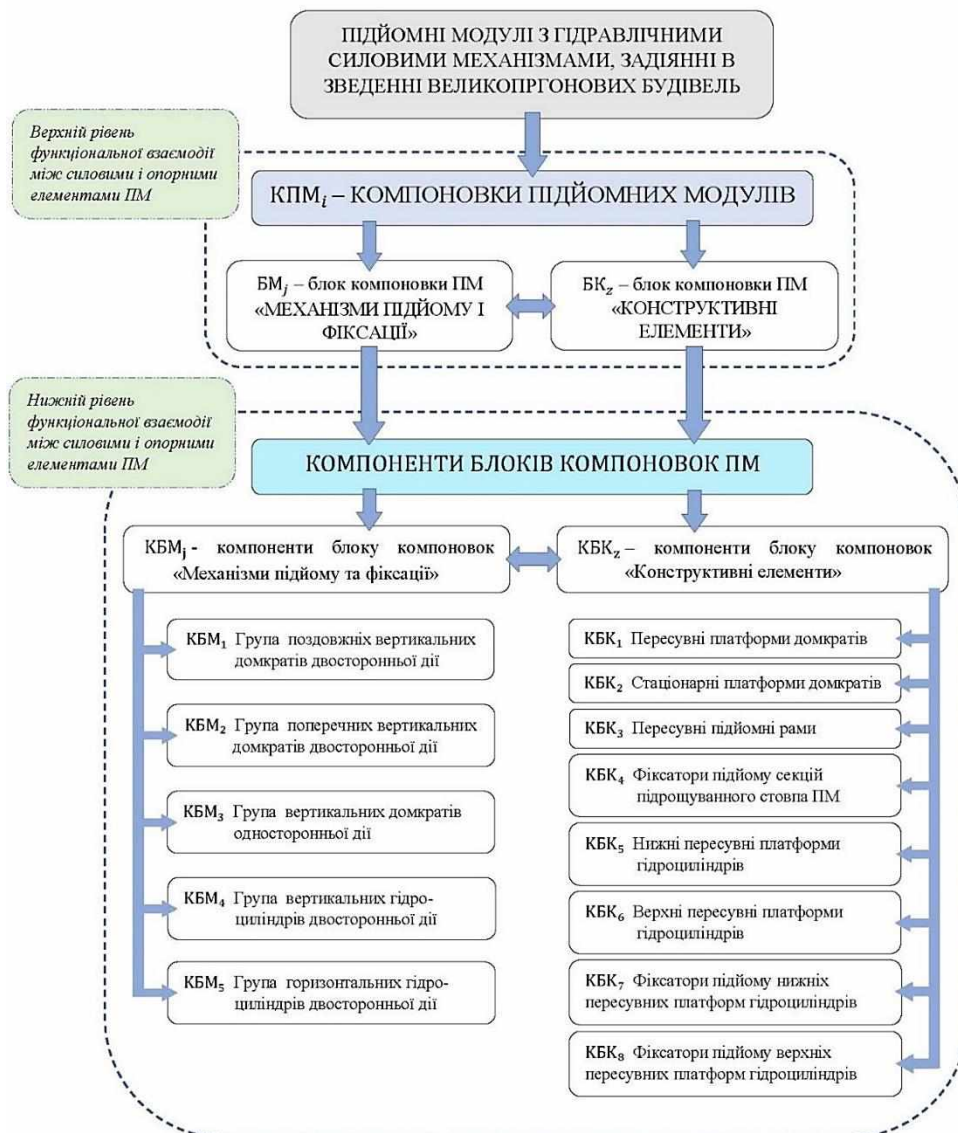


Рис. 4.1 Морфологія багатоваріантної функціональної взаємодії між силовими та конструктивними елементами компоновок ПМ при зведенні КВБ

По аналогії із загальними принципами функціональної взаємодії між основними складовими КТМ (відповідно до функції F_6) при зведенні КВБ у системі функціональної взаємодії між елементами ПМ простежується структурний зв'язок між компонентами блоків КПМ, регулярно залучених до процесів вертикального покрокового переміщення ригелів ВП. При цьому під час циклічного підйому платформи та опорні рами ПМ (компоненти блоку КПМ «Конструктивні елементи») постійно взаємодіють у вертикальній площині з гідравлічними домкратами чи гідроциліндрами односторонньої або двосторонньої дії (компоненти блоку КПМ «Механізми підйому та фіксації»), а під час технологічних зупинок у процесі підйому - у горизонтальній площині з пересувними фіксаторами підйому (компоненти блоку КПМ «Конструктивні елементи») та горизонтальними гідроциліндрами односторонньої дії (компоненти блоку КПМ «Механізми підйому та фіксації»).

Відповідно до функції F_6 , описаної формулами 2.7 та 2.16, для довільного досліджуемого варіанту груп А3, А5, А7 КТМ зведення КВБ функціональна взаємодія між компоновками блоків КПМ описується рівнянням:

$$\text{КПМ}_i = \text{БМ}_j + \text{БК}_z = U_j^m \text{КБМ}_j + U_z^n \text{КБК}_z, \quad (4.1)$$

де КПМ_i - компоновка ПМ довільного варіанту КТМ зведення КВБ;

БМ_j - блок «Механізми підйому і фіксації» компоновки ПМ;

БК_z - блок «Конструктивні елементи» компоновки ПМ;

$U_j^m \text{КБМ}_j$ - множина можливих m – варіантів компонент блоку КПМ «Механізми підйому і фіксації» (КБМ);

$U_z^n \text{КБК}_z$ - множина можливих n – варіантів компонент блоку КПМ «Конструктивні елементи» (КБК).

Множина можливих варіантів компонентного наповнення блоку КПМ «Механізми підйому та фіксації» описується рівнянням:

$$U_j^m \text{КБМ}_j = \{\text{КВМ}_1; \text{КВМ}_2; \text{КВМ}_3; \text{КВМ}_4; \text{КВМ}_5; \}, \quad (4.2)$$

де КВМ_1 – група поздовжніх вертикальних домкратів двосторонньої дії;

КВМ_2 – група поперечних вертикальних домкратів двосторонньої дії;

KBM_3 – група вертикальних домкратів односторонньої дії;

KBM_4 – група вертикальних гідроциліндрів двосторонньої дії;

KBM_5 – група горизонтальних гідроциліндрів двосторонньої дії.

Множина можливих варіантів компонентного наповнення блоку КПМ «Конструктивні елементи» описується рівнянням:

$$U_z^n KBM_z = \{KBK_1; KBK_2; KBK_3; KBK_4; KBK_5; KBK_6; KBK_7; KBK_8\}, \quad (4.3)$$

де KBK_1 – пересувні платформи домкратів;

KBK_2 – стаціонарні платформи домкратів;

KBK_3 – пересувні підйомні рами;

KBK_4 – фіксатори підйому секцій підрозщупованого стовпа ПМ;

KBK_5 – нижні пересувні платформи гідроциліндрів;

KBK_6 – верхні пересувні платформи гідроциліндрів;

KBK_7 – фіксатори підйому нижніх пересувних платформ гідроциліндрів;

KBK_8 – фіксатори підйому нижніх пересувних платформ гідроциліндрів;

Теоретична концепція системи функціональної взаємодії між елементами блоків КПМ на завершальній фазі підйому ригелів ВП при наведенні та первинному закріпленні РВП між оголовками спарених колон каркаса ВБ, що зводиться, з використанням принципів роботизації буде представлена та детально проаналізована в наступному розділі даного дослідження.

4.2 Дослідження структурно-логічної залежності формування компоновок підйомних модулів

Структурно-логічна залежність формування КПМ від особливостей технологічних процесів, визначених для дослідження, методів безкранового зведення КВБ, а саме, методу верхнього підрозщупування секцій колон каркаса, методу нижнього підрозщупування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса при розміщенні вузла підрозщупування на фундаментах та методу покрокового переміщення ПМ між спареними колонами каркаса, чітко простежується на рівні функціональної взаємодії між компонентами блоків КПМ для кожного відібраного варіанту груп КТМ зведення КВБ. Відповідно до однієї з підфункцій взаємодії $f_{6.1}, f_{6.2}, f_{6.3}$ (2.16) між елементами КПМ, кожен з досліджуваних

варіантів КТМ зведення КВБ має лише йому притаманні функціонально-фізичні особливості, які безпосередньо залежать від характеру та конструктивно-технологічного наповнення методу зведення конструкцій ВБ, використовуємого в відповідній КТМ.

4.2.1 Компоновки підйомних модулів при зведенні конструкцій великопрогонових будівель методом верхнього підрощування колон каркаса

При використанні варіанту 3а (група А3) КТМ зведення КВБ методом верхнього підрощування колон каркасів ВБ (підрозділ 3.2.1) функціонально взаємодіють між собою наступні компоненти блоків КПМ₃ (згідно $f_{6.1}$):

- група поздовжніх вертикальних домкратів двосторонньої дії (КБМ₁) блоку «Механізми підйому і фіксації»;
- група поперечних вертикальних домкратів двосторонньої дії (КБМ₂) блоку «Механізми підйому і фіксації»;
- пересувні платформи домкратів (КБК₁) блоку «Конструктивні елементи».

Завдяки закріпленню корпусів груп поздовжніх і поперечних домкратів на пересувних платформах ПМ технологічно можливе забезпечення почергової передачі навантаження від ригелів ВП, що зводяться, через пересувні платформи та домкрати ПМ на підрощувані секції колон каркасу ВБ (рис. 4.2). З врахуванням підгрупи $f_{6.1}$ можна отримати два варіанти функціональної взаємодії між компонентами блоку КПМ «Механізми підйому та фіксації» та компонентами блоку КПМ «Конструктивні елементи». Так, при технологічному варіанті передачі навантаження від піднімаємого ВП через платформу ПМ на групу поздовжніх вертикальних домкратів, взаємодію поздовжніх домкратів з платформою ПМ можна визначити як *активну*, а поперечних домкратів (штоки яких перебувають у корпусах) як *пасивну*. При технологічному варіанті передачі навантаження від піднімаємого ВП через платформу ПМ на групу поперечних домкратів, взаємодію поперечних домкратів з платформою ПМ можна дефінувати як *активну*, а взаємодію звільненої від навантаження групи поздовжніх домкратів з платформою ПМ як *пасивну*.

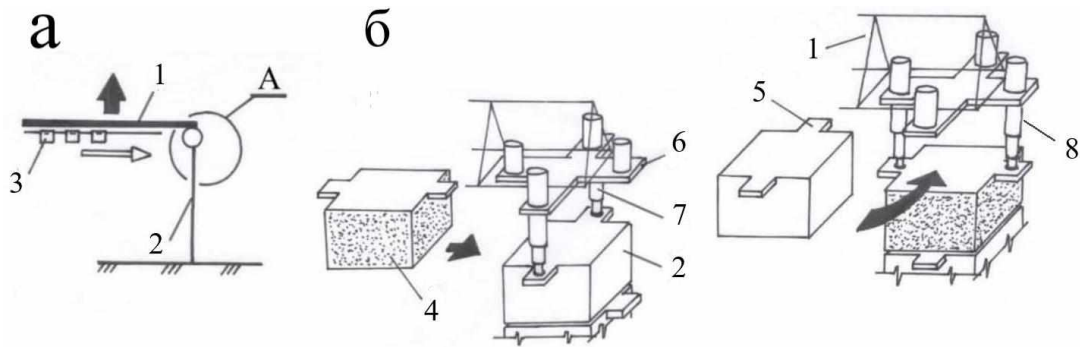


Рис. 4.2 Взаємодія між елементами КПМ при зведенні КВБ методом верхнього підрощування колон: а – подача елементів в зону підрощування, б – покрокове верхнє підрощування колон, «А» – вузол підрощування, 1 – покриття, 2- підрощена колон, 3 – переміщення секцій колон по напрямним, 4 – секція колони з «поздовжніми» опорними консолями, 5 – секція колони з «поперечними» опорними консолями, 6 – платформа ПМ, 7 – «поперечні» домкрати, 8 – «поздовжні» домкрати

Враховуючи структурно-логічну залежність формування КПМ₃ від технологічних особливостей методу верхнього підрощування колон каркасу, використовуємого для досліджуємого варіанту 3а (Група А3) КТМ зведення КВБ, компоновка ПМ₃ на рівні функціональної взаємодії між компонентами блоків КПМ₃ може бути відображена у вигляді множини:

$$\text{КПМ}_3 = \left\{ \begin{array}{l} \text{КБМ}_1 \cup \text{КБК}_1 \\ \text{КБМ}_2 \cup \text{КБК}_1 \end{array} \right., \quad (4.4)$$

де КПМ₃ – загальна компоновка ПМ₃, задіяного в складі КТМ в зведенні КВБ методом верхнього підрощування колон каркасу ВБ;

КБМ₁ - група поздовжніх вертикальних домкратів двосторонньої дії у складі компонент блоку компоновки ПМ₃ «Механізми підйому і фіксації»;

КБМ₂ - група поперечних вертикальних домкратів двосторонньої дії у складі компонент блоку компоновки ПМ₃ «Механізми підйому і фіксації»;

КБК₁ - пересувна платформа домкратів у складі компонент блоку компоновки ПМ₃ «Конструктивні елементи».

Принцип почергової функціональної взаємодії між компонентами блоків компоновок, описаний рівнянням (4.4), полягає в тому, що при передачі

навантаження від ригелів, попередньо укрупненого на монтажних стендах, повнозбірного інтегрованого просторового блоку ВП через пересувну опорну платформу ПМ та висунуті штоки поздовжніх чи поперечних домкратів на опорні виступи вже змонтованих секцій підрощуваних колон створюється монтажний простір, контури якого формують в вертикальній площині нижня поверхня опорної платформи ПМ та верхня поверхня підрощеної секції колони каркаса та в горизонтальній площині – висунуті штоки поздовжніх чи поперечний домкратів ПМ (рис. 4.2). При цьому висунуті штоки поздовжніх та поперечних домкратів разом з пересувною платформою ПМ утворюють несучу рамну конструкцію, яка через опорні частини ригелів ВП сприймає навантаження від конструктивно-технологічного блоку ВП, що зводиться. Саме функціональна взаємодія вертикальних домкратів подвійної дії (компоненти блоку «Механізми підйому і фіксації») КПМ, закріплених на опорних платформах ПМ (компоненти блоку «Конструктивні елементи» КПМ) з консольними виступами підрощуваних колон забезпечує безперешкодне переміщення секції колон каркаса в зону підрощування, відповідно в поздовжньому або поперечному напрямках.

4.2.2 Компоновки підйомних модулів при зведенні конструкцій великопрогонових будівель методом нижнього підрощування стовпів підйомних модулів між спареними колонами каркаса

Зведення конструкцій ВП методом нижнього підрощування стовпів ПМ у просторі між спареними колонами каркаса передбачає постійне спирання ригелів ВП на оголовки підрощуваних стовпів ПМ протягом усього періоду вертикального переміщення повнозбірних інтегрованих просторових блоків ВП від рівня передпідйомного укрупнення та розміщення всього комплексу технологічного обладнання у внутрішньому просторі ВП з одночасним виконанням комплексу робіт по утворенню всіх покрівельних прошарків на фундаментних монтажних стендах до рівня закріплення ригелів ВП на проектних висотних відмітках [25]. КПМ для варіанту зведення ВП методом нижнього підрощування стовпів ПМ за умови розміщення вузла підрощування на фундаментах наведені на рис. 4.3.

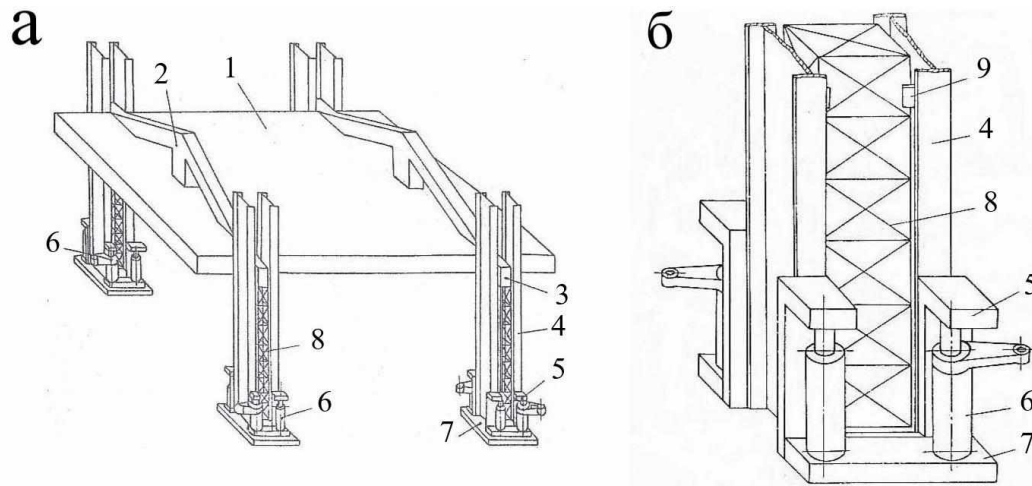


Рис. 4.3 КПМ для варіанту зведенні КВБ методом нижнього підрощування стовпів ПМ між суцільними колонами каркасу: а – ВП в процесі зведення, б – загальний вигляд ПМ; 1 – блок ВП, 2 – ригель ВП, 3 – консоль ригеля ВП, 4 – спарена колона; 5 – пересувна опорна рама, 6 – вертикальні домкрати односторонньої дії, 7 – стаціонарна платформа, 8 – підрощуваний стовп ПМ, 9 – вертикальні напрямні

При використанні варіанту 6g₂ (група А6) КТМ зведення КВБ методом нижнього підрощування стовпів ПМ між спареними колонами каркасів ВБ (підрозділ 3.2.2) спостерігається функціональна взаємодія між наступними компонентами блоків КПМ₆ (згідно підфункції $f_{6.2}$) :

- група вертикальних домкратів односторонньої дії (КБМ₃) блоку «Механізми підйому і фіксації»;
- група горизонтальних гідроциліндрів двосторонньої дії (КБМ₅) блоку «Механізми підйому і фіксації»;
- стаціонарні домкратні платформи (КБК₂) блоку «Конструктивні елементи»;
- пересувні підйомні домкратні рами (КБК₃) блоку «Конструктивні елементи»;
- фіксатори підйому секцій підрощуваного стовпа ПМ (КБК₄) блоку «Конструктивні елементи».

Покрокове циклічне зведення КВБ за варіантом 6g₂ групи А6 КТМ передбачає послідовне почергове залучення компонентів блоків КПМ₆ до

процесів нижнього підрошування секцій стовпів ПМ між спареними колонами каркаса з такою функціональною взаємодією:

- при циклічному підйомі секцій підрошуваного стовпа ПМ вертикальні домкрати односторонньої дії (КБМ₃) спираються на стаціонарні домкратні платформи (КБК₂) та піднімають пересувні підйомні домкратні рами (КБК₃) на висоту, еквівалентну робочому ходу домкратів;
- після завершення циклу підйому чергової секції підрошуваного стовпа ПМ, горизонтальні гідроциліндри двосторонньої дії (КБМ₅) фіксують секцію підрошуваного стовпа ПМ у проміжному положенні, використовуючи при цьому горизонтальні конструкції фіксаторів підйому (КБК₄)

По аналогії з принципом функціональної взаємодії між компонентами блоків КПМ₃ (варіант 3а групи А3) силові механізми та опорні конструктивні елементи блоку КПМ₆ варіанту 6g₂ групи А6 при підрошуванні секцій стовпа ПМ утворюють несучу рамну конструкцію, вертикальними складовими якої є домкрати односторонньої дії (КБМ₃), а горизонтальну роль виконують пересувні підйомні домкратні рами (КБК₃). Якщо для варіанту 3а підйом домкратної платформи (КБК₁) здійснюють вертикальні домкрати (КБМ₁ та КБМ₂) зі штоками, що висувуються вниз, то для варіанту 6g₂ підйом домкратної рами (КБК₃) здійснюють домкрати (КБМ₃) зі штоками, що висувуються вгору.

Функціональна взаємодія між компонентами блоків компоновок ПМ при зведенні ВП методом нижнього підрошування стовпів ПМ між спареними суцільними колонами каркаса (варіант 6g₂ Групи А6 КТМ), при якому ригелі ВП покроково зі спиранням на підрошувані стовпи ПМ переміщуються з рівня передпідйомного укрупнення на монтажних стендах до рівня остаточного закріплення між оголовками спарених колон несучого каркаса ВБ, що зводиться, наведена на рис. 4.4. Принциповою умовою справжнього варіанта КТМ зведення є розміщення всіх компонентів блоків КПМ задіяних в комплексі робіт по підрошуванню стовпів ПМ на рівні фундаментів, що вигідно відрізняє варіант 6g₂ групи А6 КТМ від варіантів 3а, 3б та 3с групи А3 КТМ, при використанні яких в зведенні ВП необхідно розміщувати компоненти блоків КПМ «Механізми

підйому та фіксації» і «Конструктивні елементи» в зоні верхнього підрощування колон каркаса ВБ, що зводиться (рис. 3.13–3.15).

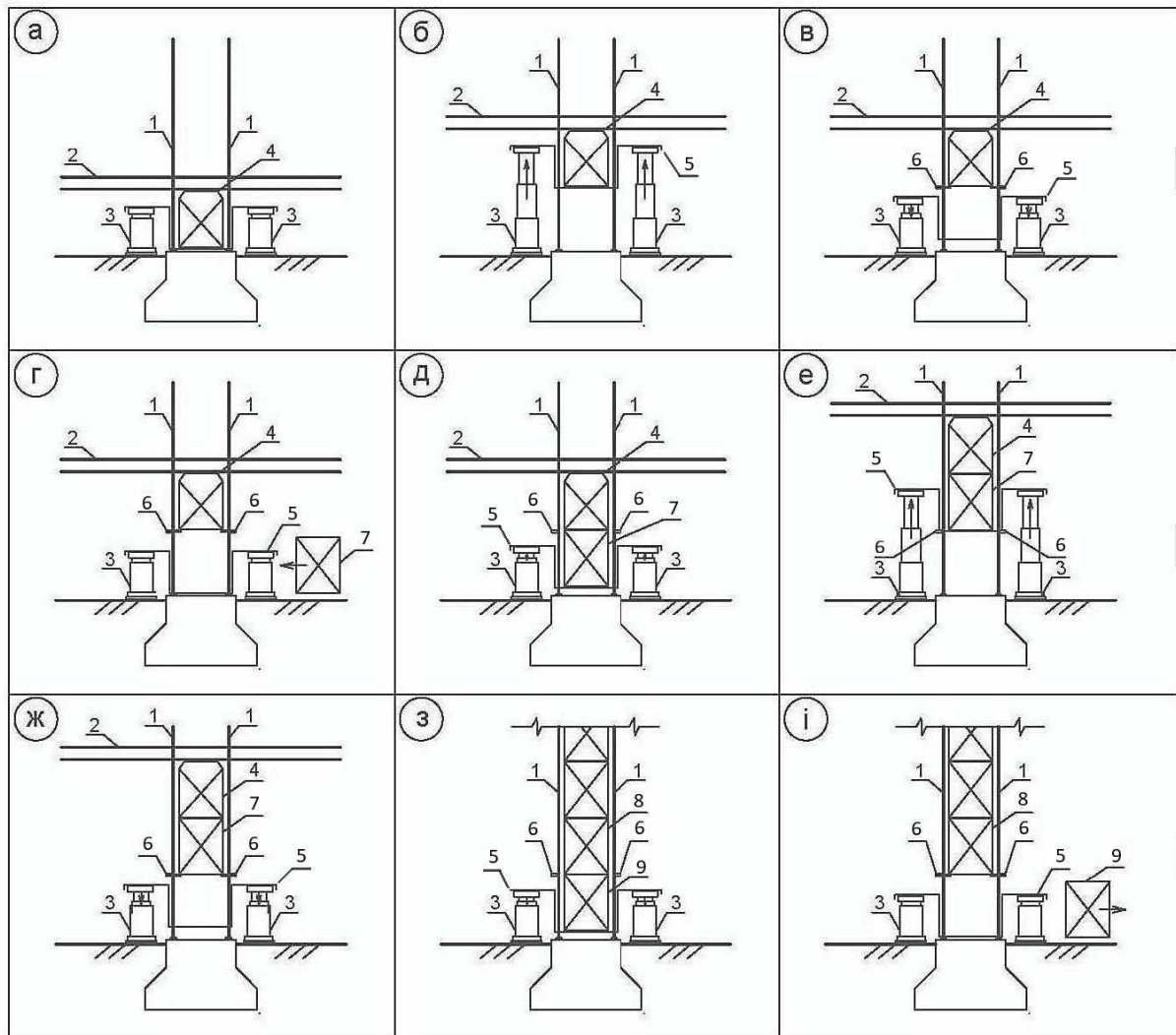


Рис. 4.4 Функціональна взаємодія між компонентами блоків компонок ПМ при зведенні ВП методом нижнього підрощування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса: а ÷ в - підрощування першої секції стовпа ПМ, г – подача другої секції стовпа ПМ в зону підрощування, д ÷ ж - підрощування другої секції стовпа ПМ, з ÷ і – демонтаж останньої секції підрощеного стовпа ПМ, 1- суцільна спарена колона каркасу, 2 - ВП, 3 – вертикальні домкрати ПМ, 4 – перша секція стовпа підрощуваного стовпа ПМ, 5 – пересувна опорна рама ПМ, 6 – фіксатор підйому секції стовпа ПМ, 7 – друга секція підрощуваного стовпа ПМ, 8 - передостання секція підрощуваного стовпа ПМ, 9 – остання секція підрощуваного стовпа ПМ

Враховуючи структурно-логічну залежність формування КПМ₆ від технологічних особливостей методу нижнього підрощування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса ВБ, використовуємого для досліджуємого варіанту 6g₂ (Група А6 КТМ зведення КВБ), компоновка ПМ₆ на рівні функціональної взаємодії між компонентами блоків КПМ₆ в підйомній та післяпідйомній фазах циклу підйому РВП може бути відображена у вигляді множини:

$$\text{КПМ}_6 = \left\{ \begin{array}{l} \text{КБК}_2 \cup \text{КБМ}_3 \cup \text{КБК}_3 \\ \text{КБМ}_5 \cup \text{КБК}_4 \end{array} \right., \quad (4.5)$$

де КПМ₆ – компоновка ПМ₆, задіяного в складі КТМ в зведенні КВБ методом нижнього підрощування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса;

КБК₂ – стаціонарна опорна домкратна платформа у складі компонент блоку компоновки ПМ₆ «Конструктивні елементи»;

КБМ₃ – група вертикальних домкратів односторонньої дії у складі компонент блоку компоновки ПМ₆ «Механізми підйому і фіксації»;

КБК₃ – пересувна підйомна рама у складі компонент блоку компоновки ПМ₆ «Конструктивні елементи»;

КБМ₅ – група горизонтальних гідроциліндрів двосторонньої дії у складі компонент блоку компоновки ПМ₆ «Механізми підйому і фіксації»;

КБК₄ – фіксатори підйому секцій підрощуваного стовпа ПМ у складі компонент блоку компоновки ПМ₆ «Конструктивні елементи»;

При дослідженні структурно-логічної залежності формування компоновок КПМ₆ слід окремо відзначити конструктивно-технологічну особливість застосованого методу зведення КВБ – залучення спарених колон каркаса до процесів підрощування стовпів ПМ та вертикального переміщення опорних консолей ригелів ВП. Саме спарені колони каркаса ВБ остаточно сприймають навантаження від піднімаємого блоку покриття та підрощуваного стовпа ПМ під час технологічних зупинок у процесі підрощування, що дає змогу функціонально взаємодіяти компонентам блоків компоновок ПМ₆, а саме, горизонтальним гідроциліндрам двосторонньої дії (КБМ₅) та фіксаторам підйому секцій підрощуваного стовпа ПМ (КБК₄).

На особливу увагу заслуговує функціональна взаємодія спарених колон каркаса ВП, що зводиться, з підрощуваними стовпами ПМ. Технологічний процес зведення ВП з використанням варіантів Групи А6 КТМ передбачає детальний конструктивний розрахунок та утворення несучого жорсткого каркасу зі спарених колон каркаса і міжколонних зв'язків в передпідйомній фазі та використання жорсткого несучого каркасу ВБ для усунення відхилень в вертикальній площині підрощуваних стовпів ПМ та контролю зміщень ригелів повнозбірних блоків ВП під час покрокового ітераційного процесу переміщення на проектну висоту між спареними колонами каркасу.

4.2.3 Компоновки підйомних модулів при зведенні конструкцій великопрогонових будівель методом переміщення підйомних модулів між спареними колонами каркаса

Використання пересувних ПМ, які покроково переміщуються в просторі між спареними колонами каркаса та примусово виштовхують повнозбірні блоки ВП у вертикальній площині, передбачає постійну функціональну взаємодію між основними складовими КТМ зведення, а саме опорних частин ригелів ВП та несучих спарених колон каркаса з компонентами блоків КПМ «Механізми підйому та фіксації» та «Конструктивні елементи». Як і для технологічних рішеннях переміщення блоків ВП методом виштовхування зі спиранням на підрощуванні стовпи ПМ, так і для технології зведення ВП методом примусового виштовхування зі спиранням на крокові ПМ, першочерговою є функціональна взаємодія компонентів блоків компоновок ПМ з напрямними, змонтованими на внутрішніх поверхнях спарених колон каркаса. Останні жорстко закріплені в фундаментах і разом з вітровими горизонтальними балками та міжколонними зв'язками утворюють рамну конструкцію, що нівелює відхилення ригелів ВП у горизонтальній площині під час підйому. На відміну від зведення ВП методом спирання РВП на підрощувані стовпи ПМ, напрямні спарених колон каркаса ВБ, постійно функціонально взаємодіють з КБК «Конструктивні елементи» крокових ПМ. Так, отвори, які передбачені в напрямних спарених суцільних колонах каркасу, слугують в якості опорних вузлів для виносних ригелів фіксаторів

підйому нижніх та верхніх пересувних платформ крокових ПМ (компоненти КВК₇ та КВК₈ блоку «Конструктивні елементи» компоновок крокових ПМ). Саме через напрямні спарених колон каркаса передається навантаження на фундаменти від блоку ВП в процесі його вертикального переміщення в просторі між спареними колонами з рівня передпідйомного укрупнення на монтажних стендах до рівня закріплення в проектному положенні між оголовками спарених колон каркаса [109]. Блок ВП в процесі вертикального переміщення методом спирання на крокові ПМ в просторі між спареними колонами каркаса та компоненти блоків компоновок ПМ наведені на рис. 4.5.

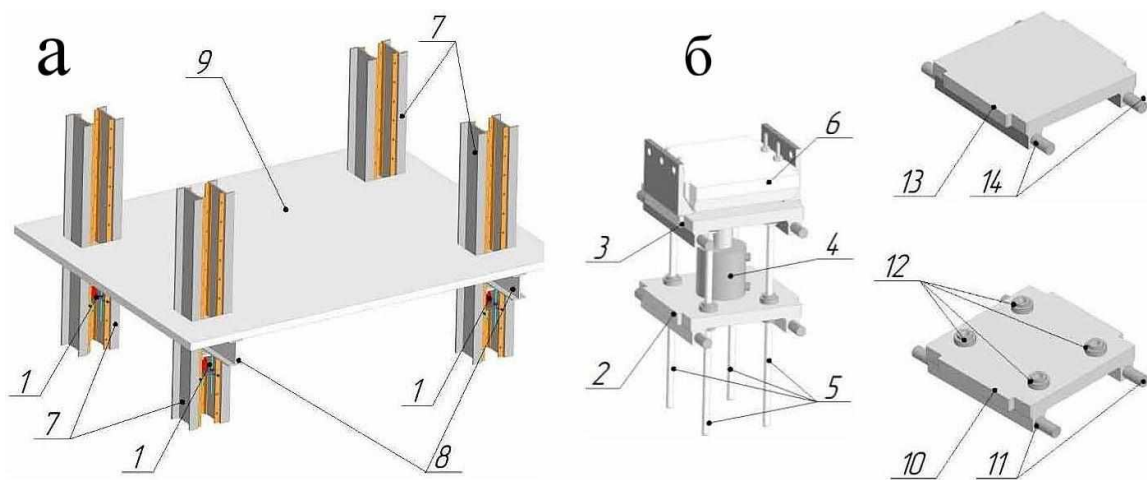


Рис. 4.5 Зведення ВП методом переміщення крокових ПМ між спареними колонами каркаса: а – ВП в процесі зведення, б – компоненти блоків компоновок крокового ПМ, 1 – кроковий ПМ, 2 – нижня пересувна платформа ПМ, 3 – верхня пересувна платформа ПМ, 4 – гідроциліндр двосторонньої дії, 5 – напрямні нижньої пересувної платформи, 6 – рухома опорна площадка, 7 – спарена колона каркаса ВБ, 8 – опорний ригель ВП, 9 – блок ВП

При використанні варіанту 7b (Група А7 КТМ зведення КВБ) в просторі між спареними колонами каркаса зі спиранням на крокові ПМ (підрозділ 3.2.3) простежується функціональна взаємодія між наступними компонентами блоків КПМ₇ (згідно підфункції $f_{6.3}$):

- група вертикальних гідроциліндрів двосторонньої дії (КБМ₄) блоку «Механізми підйому і фіксації»;

- група горизонтальних гідроциліндрів двосторонньої дії (КБМ₅) блоку «Механізми підйому і фіксації»;
- нижні пересувні платформи гідроциліндрів двосторонньої дії (КБК₅) блоку «Конструктивні елементи»;
- верхні пересувні платформи гідроциліндрів двосторонньої дії (КБК₆) блоку «Конструктивні елементи»;
- фіксатори підйому нижніх пересувних платформ гідроциліндрів (КБК₇) блоку «Конструктивні елементи»;
- фіксатори підйому верхніх пересувних платформ гідроциліндрів (КБК₈) блоку «Конструктивні елементи»;

Зведення КВБ зі спиранням на ПМ, що переміщуються між спареними колонами каркаса з використанням суцільних напрямних профілів як опор, має циклічний дискретний характер [243].

Головна мета функціональної взаємодії компонентів блоків компоновок КПМ₇ (варіант 7б Групи А7 КТМ зведення КВБ), аналогічна до мети, яка досягається при функціональній взаємодії між компонентами блоків компоновок КПМ₃, які задіянні в процесах вертикального переміщення повнозбірних конструктивно-технологічних блоків ВП на проектні відмітки зі спиранням на підрошувані колони каркаса (варіант 3а Групи А3 КТМ зведення КВБ) та функціональній взаємодії між блоками компоновок КПМ₆ при зведенні блоків ВП зі спиранням на підрошувані стовпи ПМ (варіант 6б Групи А6 КТМ зведення КВБ) - це вертикальне переміщення РВП методом примусового виштовхування на висоту, еквівалентну робочому ходу домкратів або гідроциліндрів, працюючих в вертикальній площині, з подальшою фіксацією проміжного положення піднімаємого РВП під час технологічних пауз, необхідних для виконання комплексу робіт по підготовці подальшого циклу підйому ВП.

Також, слід відзначити схожість, яка спостерігається між компонентами блоків компоновок КПМ₇ та КПМ₃, які в технологічних процесах покрокового переміщення РВП функціонально взаємодіють з головними складовими КТМ зведення КВБ (збірні підрошувані або суцільні спарені колони каркас ВБ, що

зводиться). Технологічний процес вертикального переміщення РВП згідно методу верхнього підрощування колон каркаса (варіанти Групи А3 КТМ) та методу переміщення крокового ПМ між спареними суцільними колонами каркаса (варіанти Групи А7 КТМ) передбачає одночасне переміщення всіх компонентів блоків компоновок ПМ і ригелів ВП з рівня передпідйомного укрупнення останніх до рівня закріплення на проектних висотних відмітках.

Функціональна взаємодія між компонентами блоків компоновок крокового ПМ в технологічному процесі зведення КВП методом переміщення крокового ПМ між спареними колонами каркаса (варіант 7b групи А7) наведена на рис. 4.6.

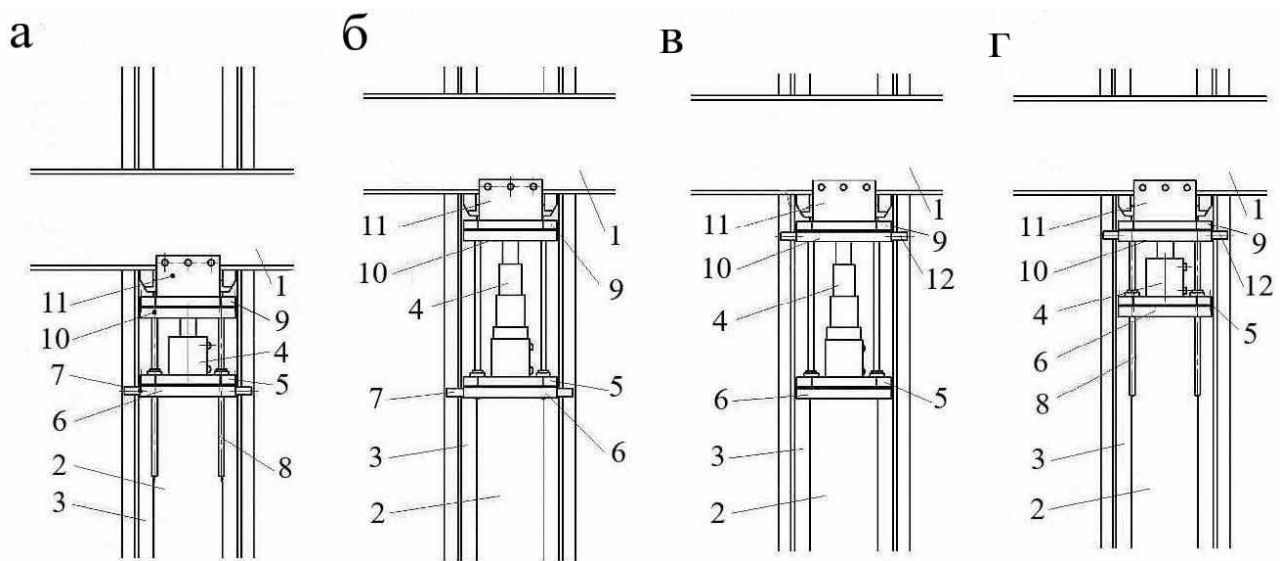


Рис. 4.6 Функціональна взаємодія між елементами блоків компоновок ПМ при зведенні ВП методом переміщення крокових ПМ між суцільними спареними колонами каркаса : а – передача навантаження на нижню платформу ПМ, б – виштовхування верхньої платформи ПМ за умови сприйняття навантаження нижньою платформою, в – передача навантаження на верхню платформу ПМ, г – підтягування нижньої платформи ПМ за умови сприйняття навантаження верхньою платформою, 1 – ригель ВП, 2 - спарена колона каркаса ВБ, 3 – напрямний профіль, 4 – вертикальний гідроциліндр, 5 – нижня опорна платформа, 6 – гідроциліндри нижньої платформи, 7 – фіксатори підйому нижньої платформи, 8 – напрямні стрижні, 9 – верхня опорна платформ, 10 – гідроциліндри верхньої платформи, 11 – опорна рама РВП, 12 – фіксатор підйому верхньої платформи

Покрокове циклічне зведення КВБ за варіантом 7b групи А7 КТМ передбачає послідовне почергове залучення компонентів блоків компоновок КПМ₇ до процесів переміщення пересувного ПМ між спареними колонами каркаса з почерговим спиранням нижніх та верхніх платформ ПМ на напрямні профілі, закріплені на внутрішніх поверхнях спарених колон каркаса, з такою функціональною взаємодією на основних фазах підйомного циклу:

- у передпідйомній фазі навантаження від ригелів ВП через верхні пересувні платформи гідроциліндрів (КБК₆), вертикальні гідроциліндри двосторонньої дії (КБМ₄), нижні пересувні платформи гідроциліндрів (КБК₅) та горизонтальні гідроциліндри двосторонньої дії (КБМ₅) передається на фіксатори підйому нижніх пересувних платформ (КБК₇);
- у підйомній фазі спочатку при подачі робочої рідини у вертикальні гідроциліндри (КБМ₄) навантаження від РВП сприймають фіксатори підйому нижніх пересувних платформ (КБК₇), а при підйомі верхньої пересувної платформи гідроциліндрів (КБК₆) на висоту робочого ходу штоків вертикальних гідроциліндрів (КБМ₄) навантаження від РВП через горизонтальні гідроциліндри (КБМ₅), закріплені на верхній платформі (КБК₆), передається на фіксатори підйому верхніх пересувних платформ гідроциліндрів (КБК₈);
- у післяпідйомній фазі навантаження від РВП через верхні пересувні платформи гідроциліндрів (КБК₆) та горизонтальні гідроциліндри (КБМ₅) сприймають фіксатори підйому верхніх пересувних платформ (КБК₈), що дозволяє при відборі робочої рідини з вертикальних гідроциліндрів (КБМ₄) перемістити вгору звільнену від навантаження нижню пересувну платформу гідроциліндрів (КБК₅) разом з горизонтальними гідроциліндрами (КБМ₅) та фіксаторами підйому нижніх пересувних платформ (КБК₇).

Враховуючи структурно-логічну залежність формування КПМ₇ від технологічних особливостей методу крокового переміщення ПМ між спареними колонами каркаса ВБ, використовуємого для досліджуємого варіанту 7b

(Група А7 КТМ зведення КВБ), компоновка ПМ₇ на рівні функціональної взаємодії між компонентами блоків КПМ₇ в передпідйомній, підйомній та післяпідйомній фазах циклу підйому РВП може бути відображена у вигляді множини:

$$\text{КПМ}_7 = \begin{cases} \text{КБК}_5 \cup \text{КБМ}_5 \cup \text{КБК}_7 \\ \text{КБК}_7 \cup \text{КБМ}_5 \cup \text{КБК}_5 \cup \text{КБМ}_4 \cup \text{КБК}_6 \\ \text{КБК}_8 \cup \text{КБМ}_5 \cup \text{КБК}_6 \cup \text{КБМ}_4 \cup \text{КБК}_5 \end{cases}, \quad (4.6)$$

де КПМ₇ – компоновка ПМ₇, задіяного в складі КТМ в зведенні КВБ методом крокового переміщення ПМ між спареними колонами каркаса ВБ;

КБК₅ – нижня пересувна платформа гідроциліндрів у складі компонент блоку компоновки ПМ₇ «Конструктивні елементи»;

КБМ₅ – група горизонтальних гідроциліндрів двосторонньої дії у складі компонент блоку компоновки ПМ₇ «Механізми підйому і фіксації»;

КБК₇ – фіксатори підйому нижніх пересувних платформ у складі компонент блоку компоновки ПМ₇ «Конструктивні елементи»;

КБМ₄ – група вертикальних гідроциліндрів двосторонньої дії у складі компонент блоку компоновки ПМ₇ «Механізми підйому і фіксації»;

КБК₆ – верхня пересувна платформа гідроциліндрів у складі компонент блоку компоновки ПМ₇ «Конструктивні елементи»;

КБК₈ – фіксатори підйому верхніх пересувних платформ у складі компонент блоку компоновки ПМ₇ «Конструктивні елементи».

Слід відзначити, що для варіантів 6g₂ та 7b чітко простежується структурно-логічна залежності формування КПМ від технологічних особливостей застосовуваних відповідних методів зведення КВБ. Так, при використанні методу нижнього підрощування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса (варіант 6g₂ Групи А6 КТМ) та методу покрокового переміщення ПМ між спареними колонами каркаса (варіант 7b Групи А7 КТМ) компоненти блоків КПМ утворюють опорно-підйомні площини, які використовуються при вертикальному переміщенні РВП між спареними колонами каркаса від рівня передпідйомного укрупнення блоків ВП до рівня проектного закріплення. Для варіанту 6g₂ до

складу опорно-підйомних площин входять стаціонарні платформи (КБК₂) та вертикальні гідроциліндри двосторонньої дії (КБМ₄), а для варіанту 7b до складу опорно-підйомних площин входять нижні пересувні платформи гідроциліндрів (КБК₅), горизонтальні гідроциліндри (КБМ₅), фіксатори підйому нижніх пересувних платформ (КБК₇) та вертикальні гідроциліндри двосторонньої дії (КБМ₄). Принципова різниця між функціональною взаємодією елементів компоновок КПМ для варіантів 6g₂ та 7b полягає в тому, що опорно-підйомні конструкції, утворені компонентами КПМ₆, являються стаціонарними (розташовані на фундаментах), а утворені компонентами КПМ₇ - пересувними.

Багатоваріантна функціональна взаємодія між компонентами блоків КПМ для досліджуємих варіантів груп А3, А6, А7 КТМ, в яких врахована структурно-логічна залежність формування КПМ від вибраного методу зведення КВБ, наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Варіанти функціональної взаємодії між компонентами блоків компоновок підйомних модулів, задіяних в складі КТМ в зведенні конструкцій ВБ

	КБМ ₄ Компоненти блоку компоновок підйомного модуля «Механізми підйому та фіксації»				
КБК ₂ Компоненти блоку компоновок підйомного модуля «Конструктивні елементи»	КБМ ₁ Вертикальні поздовжні домкрати двосторонньої дії	КБМ ₂ Вертикальні поперечні домкрати двосторонньої дії	КБМ ₃ Вертикальні домкрати односторонньої дії	КБМ ₄ Вертикальні гідроциліндри двосторонньої дії	КБМ ₅ Горизонтальні гідроциліндри двосторонньої дії
КБК ₁ Пересувні платформи домкратів	ПМ 3a	ПМ 3a	-	-	-
КБК ₂ Стаціонарні платформи домкратів	-	-	ПМ 6g ₂	-	-
КБК ₃ Пересувні підйомні рами домкратів	-	-	ПМ 6g ₂	-	ПМ 6g ₂
КБК ₄ Фіксатори підйому секцій підрошуваного стовпа ПМ	-	-	-	-	ПМ 6g ₂
КБК ₅ Нижні пересувні платформи гідроциліндрів	-	-	-	ПМ 7b	ПМ 7b
КБК ₆ Верхні пересувні платформи гідроциліндрів	-	-	-	ПМ 7b	ПМ 7b
КБК ₇ Фіксатори підйому нижніх пересувних платформ гідроциліндрів	-	-	-	-	ПМ 7b
КБК ₈ Фіксатори підйому верхніх пересувних платформ гідроциліндрів	-	-	-	-	ПМ 7b

Конструктивний принцип жорсткого закріплених спарених колон каркаса (основна складова КТМ для варіантів Груп А6 та А7), які разом з міжколонними зв'язками та вітровими балками забезпечують сталість блоків ВП в підйомній та післяпідйомній фазах, в повній мірі використовується в обидвох досліджуємих варіантах КТМ зведення КВБ.

Так, для компонентів блоків компоновок ПМ варіанту 6g₂ Групи А6 характерною є функціональна взаємодія пересувних опорних рам та фіксаторів підйому ПМ з нижніми ярусами спарених колон каркаса при підрозшуванні секцій стовпів ПМ, коли навантаження від піднімаємих ригелів ВП та елементів компоновок ПМ передається через підрозшукані секції стовпів ПМ на фундаменти. Також, напрямні спарених колон каркаса разом з міжколонними зв'язками та вітровими балками функціонально взаємодіють з ярусами збірних стовпів ПМ під час їхнього підрозшування в просторі, який і формують напрямні профілі спарених колон каркаса (рис. 4.3 і 4.4).

Компоненти блоків компоновок ПМ варіанту 7b Групи А7 КТМ функціонально взаємодіють з напрямними профілями, закріпленими на внутрішніх поверхнях спарених колон каркаса при двох принципових конструктивно-технологічних умовах.

Перша умова – отвори в напрямних профілях спарених колон каркаса являють собою опоні вузли, які використовуються при спиранні на них висувних ригелів фіксаторів підйому нижніх та верхніх пересувних платформ крокового ПМ при вертикальному переміщенні ригелів ВП.

Друга умова – конструкції напрямних профілів спарених колон каркаса слугують обмежувачами відхилень в вертикальній площині для нижніх та верхніх пересувних платформ крокових ПМ при виконанні останніми операцій технологічного процесу примусового виштовхування ригелів ВП на проектну висоту (рис. 3.5, 3.22).

4.3 Моделювання процесів зведення конструкцій великопрогонових будівель з використанням багатоваріантних компоновок підйомних модулів

Згідно з науковою метою дисертаційного дослідження - зведення КВБ безкрановими методами в умовах існуючої забудови населених місць - причинно-наслідкові зв'язки системної функціональної взаємодії між основними складовими КТМ при зведенні КВБ методом примусового виштовхування за допомогою ПМ полягають у залученні елементів компоновок ПМ до процесів циклічної ітераційно-дискретної функціональної взаємодії з колонами несучого

каркаса при переміщенні ригелів ВП з рівня передпідйомного укрупнення до рівня закріплення в проектному висотному положенні на оголовках колон каркаса.

Для порівняння альтернативних КТМ зведення КВБ за варіантами 3а, 6g₂ та 7b застосовано метод модельного аналізу [244-247], на закладі якого можна констатувати, що саме функціональна взаємодія між компонентами блоків КПМ згідно з підфункціями $f_{6.1}, f_{6.2}$ та $f_{6.3}$ (2.16) забезпечує досягнення ефекту функціональної синергії між ПМ (як основним елементом КТМ) та іншими складовими КТМ (збірні чи суцільні колони каркаса ВБ, опорні частини ригелів ВП). При цьому, в множині станів $\{C_z\}$ (3.2) складної технологічної системи S_A (3.1). реалізується системна властивість $Q(S_A)$ (3.3) - циклічне покрокове переміщення блоків ВП на проектну висоту за умови обов'язкової диференціації кожного ітераційного циклу підйому ригелів ВП на три послідовні фази:

- передпідйомна фаза (Ф1) - ригель ВП спирається на опорні платформи ПМ (варіанти 3а, 7b) або на верхні секції підрощуваних стовпів ПМ (варіант 6g₂);
- підйомна фаза (Ф2) - ригель ВП виштовхується на висоту, еквівалентну робочому ходу механізмів ПМ: вертикальних домкратів двосторонньої дії (варіант 3а), домкратів односторонньої дії (варіант 6g₂), гідроциліндрів двосторонньої дії (варіант 7b);
- післяпідйомна фаза (Ф3) - ригель ВП утримується в проміжному положенні домкратами ПМ, що взаємодіють з оголовками збірних колон каркаса (варіант 3а), або пересувними горизонтальними фіксаторами підйому (варіанти 6g₂, 7b), які взаємодіють з напрямними колон каркаса.

Фази циклу ітераційного покрокового процесу зведення КВБ за варіантом 3а Група А3 КТМ (рис. 4.2), в якій складові КТМ, а саме, підрощуванні колони каркаса (ПКК) та ригелі ВП, функціонально взаємодіють з компоновками підйомного модуля (КПМ3а), наведені на рис. 4.7.

Для варіанту 3а Група А3 КТМ спостерігається постійна функціональна взаємодія між ригелями ВП та КБК₁ - пересувними платформами домкратів (блок КПМ3а «Конструктивні елементи»), а також почергова взаємодія ПКК з КБМ₁ -

поздовжніми вертикальними домкратами двосторонньої дії та КБМ₂ - поперечними вертикальними домкратами двосторонньої дії (блок КПМ3а «Механізми підйому та фіксації») при переміщенні секцій збірних колон каркаса в зону підрощування та використання змонтованих секцій підрощуваних колон каркаса в якості опорних поверхонь для монтажних каркасних рам, які витворюються, висунутими, з відповідних корпусів, штоками вертикальних домкратів двосторонньої дії і опорними платформами ПМ, на яких закріплені корпуси домкратів ПМ.

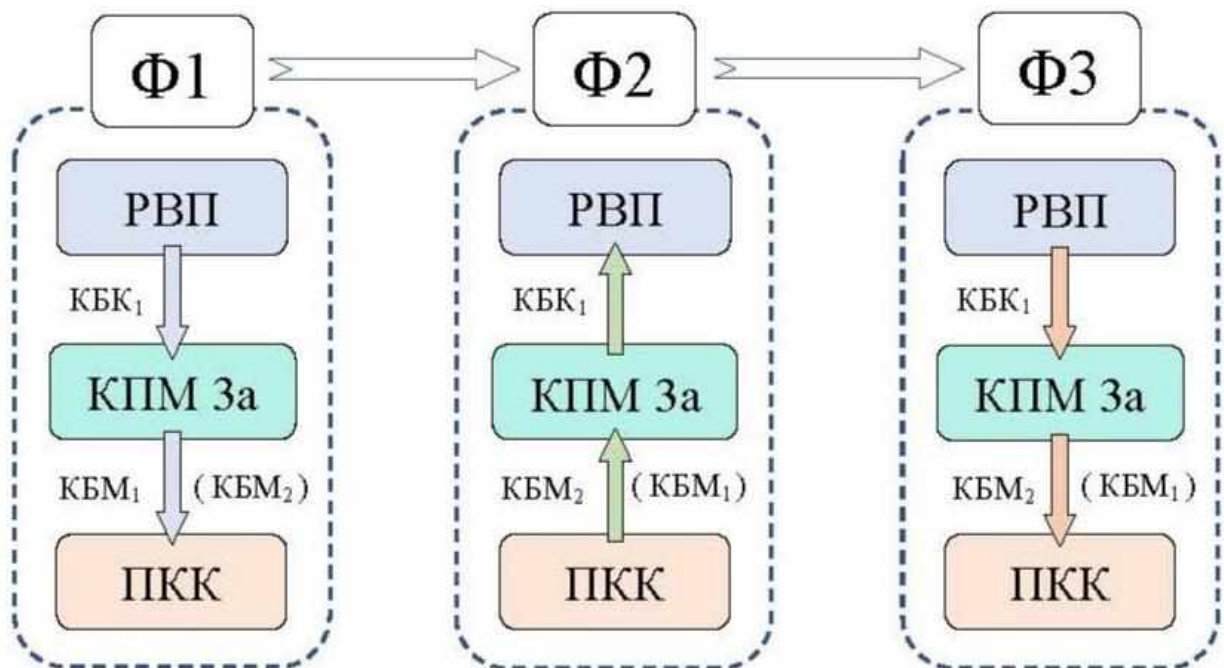


Рис. 4.7 Принципова модель функціональної взаємодії складових КТМ з компоновками ПМ3а в передпідйомній, підйомній та післяпідйомній фазах технологічного процесу зведенні КВБ методом верхнього підрощування несучих колон каркаса

При використанні методу нижнього підрощування стовпів ПМ в фазах ітераційного циклу покрокового переміщення РВП зі спиранням на оголовки підрощуваних стовпів ПМ за варіантом 6g₂ КТМ (рис. 4.4) передбачається постійна функціональна взаємодія основної складової КТМ - ригеля ВП, з допоміжними складовими КТМ - оголовками підрощуваних стовпів підйомних модуля (ПСПМ). Останні переміщують РВП у просторі між спареними суцільними колонами каркаса (ССКК) методом примусового виштовхування.

Принципова модель функціональної взаємодії складових КТМ з компоновками ПМ6g₂ в передпідйомній, підйомній та післяпідйомній фазах технологічного процесу зведення КВБ методом нижнього підрощування стовпів ПМ в просторі між спареними колонами каркаса наведена на рис. 4.8 .

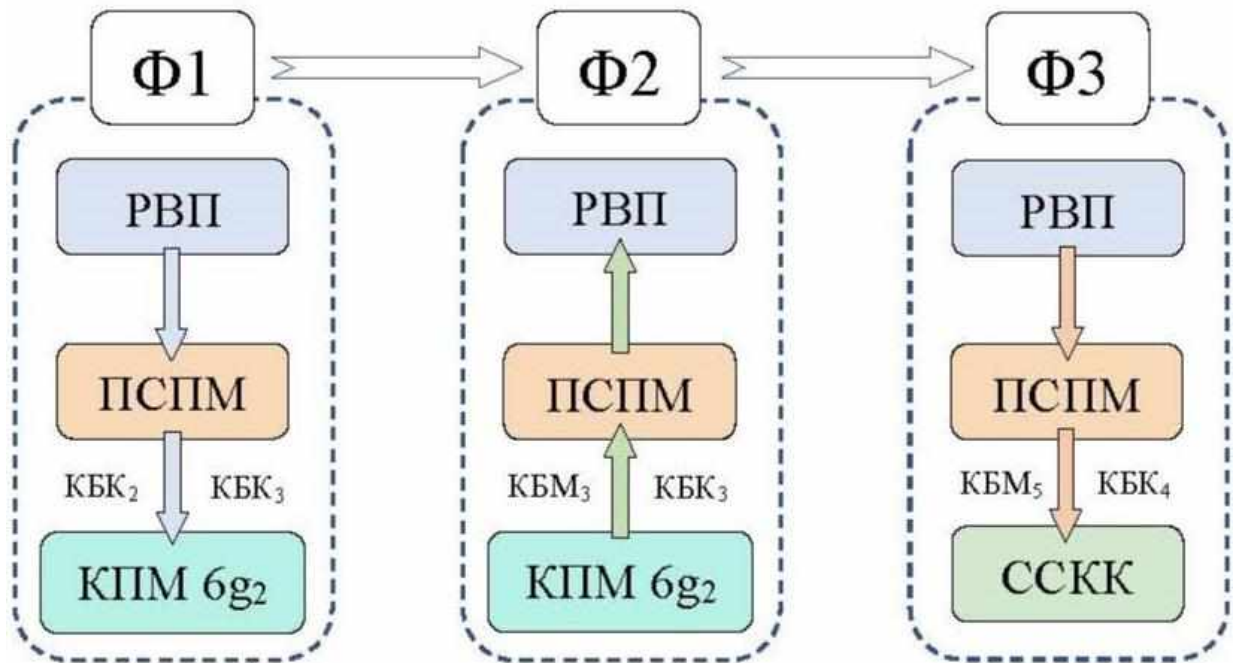


Рис. 4.8 Принципова модель функціональної взаємодії складових КТМ з компоновками ПМ6g₂ в передпідйомній, підйомній та післяпідйомній фазах технологічного процесу зведенні КВБ методом нижнього підрощування секцій стовпів ПМ між суцільними спареними колонами каркаса

Функціональна взаємодія секцій ПСПМ з різними компонентами блоків КПМ6g₂ має свої технологічні особливості в кожній послідовній фазі ітераційного циклу вертикального переміщення передпідйомно укрупненого повнозбірного блоку ВП з рівня монтажних стендів на рівень закріплення в проектному положенні між оголовками суцільних спарених колон каркаса ВБ, що зводиться:

- у *передпідйомній фазі* ПСПМ через КБК₃ (пересувна платформа ПМ6g) передає навантаження від РВП на КБК₂ (стаціонарна платформа домкратів ПМ6g);
- у *підйомній фазі* ПСПМ разом з КБК₃ виштовхується КБМ₃ (вертикальні домкрати односторонньої дії) на висоту робочого ходу домкрата;

- у післяпідйомній фазі ПСПМ разом з РВП утримується в проміжному положенні за рахунок спирання на КБК₄ (фіксатори підйому секцій ПСПМ), які разом з КБМ₅ (горизонтальні гідроциліндри двосторонньої дії) попередньо закріплені в нижній частині ССКК.

Метод переміщення крокових ПМ між спареними суцільними колонами каркаса, актуальний для варіанту 7b групи А7 КТМ зведення КВБ (рис. 4.5) визначає наступну модель функціональної взаємодії між основними складовими КТМ (РВП та ССКК) та компонентами компоновок КПМ7b при вертикальному переміщенні РВП зі спиранням на пересувні ПМ:

- у передпідйомній, підйомній та післяпідйомній фазах ригель ВП у просторі між ССКК спирається на КБК₆ (верхня пересувна платформа гідроциліндрів ПМ7b), а подальша передача навантаження від РВП залежно від фази підйому відбувається на ССКК через КБК₈ (фіксатори підйому нижніх пересувних платформ ПМ) та через КБК₆ (фіксатори підйому верхніх пересувних платформ ПМ);
- у підйомній фазі за рахунок створення нижніми пересувними платформами (КБК₅), горизонтальними гідроциліндрами двосторонньої дії (КБМ₅) та фіксаторами підйому нижніх пересувних рам (КБК₇) опорного диска штоки вертикальних гідроциліндрів двосторонньої дії (КБМ₄) переміщують верхню пересувну платформу (КБК₆) та РВП на висоту робочого ходу гідроциліндрів;
- у післяпідйомній фазі при створенні верхньою пересувною платформою (КБК₆), горизонтальними гідроциліндрами двосторонньої дії (КБМ₅) та фіксаторами підйому верхньої пересувної платформи (КБК₈) горизонтального опорного диска для піднімаємого РВП, група вертикальних гідроциліндрів двосторонньої дії (КБМ₄) переміщує вгору звільнену від навантаження нижню пересувну платформу (КБК₅) разом з фіксаторами підйому нижньої пересувної платформи (КБК₇) та горизонтальними гідроциліндрами двосторонньої дії (КБМ₅).

Принципова модель функціональної взаємодії складових КТМ з компоновками ПМ7b при зведенні ВП для варіанту 7b наведена на рис. 4.9 .

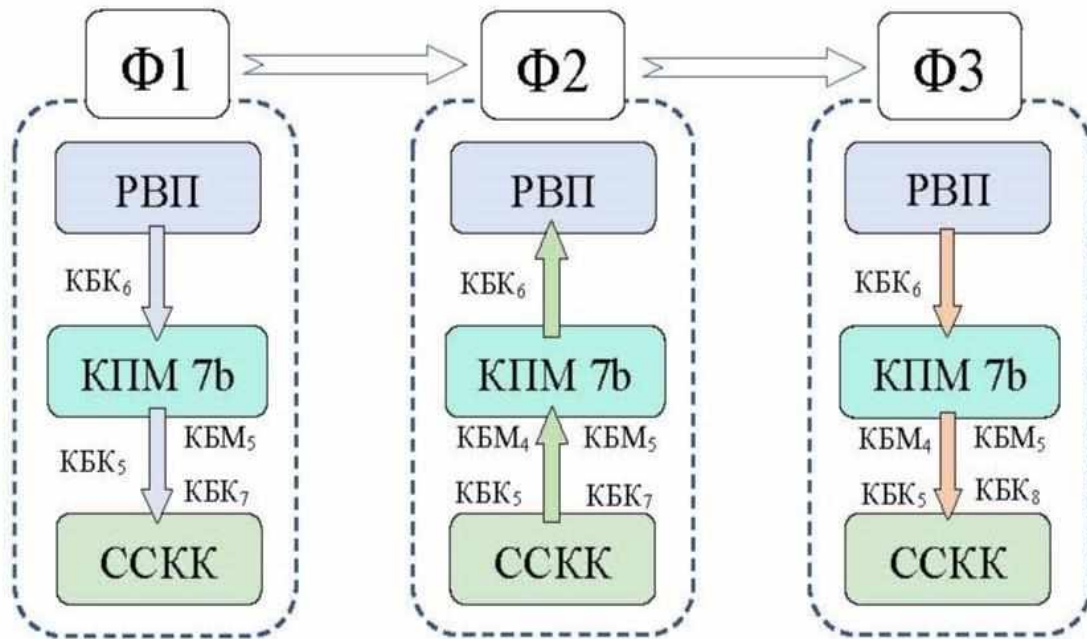


Рис. 4.9 Принципова модель функціональної взаємодії складових КТМ з компоновками ПМ7b в передпідйомній, підйомній та післяпідйомній фазах технологічного процесу зведенні КВБ методом переміщення крокових ПМ між спареними колонами каркаса ВБ, що зводиться.

У наступному розділі буде детально проаналізований процес оптимізації технологічних рішень зведення КВБ з використанням підйомних модулів з акцентом на функціональну взаємодію між основними складовими системно сформованих КТМ зведення ВБ та між компонентами блоків компоновок ПМ з урахуванням відібраних для дослідження методів безкранового зведення ВП, використання яких дозволяє на ділянці з розмірами, не більшими за габаритні розміри ВБ, що зводяться, переміщувати в вертикальній площині попередньо укрупненні інтегровані блоки ВП декількома технологічними варіантами, а саме, зі спиранням на ПМ, задіяними в верхньому підрошуванні колон каркаса ВБ (група А3 КТМ), зі спиранням на стовпи ПМ, підрошування яких виконується між спареними колонами каркаса ВБ (група А6 КТМ), зі спиранням на крокові ПМ, переміщення яких відбувається в просторі між спареними колонами каркаса ВБ (група А7 КТМ).

Висновки по четвертому розділу

1. У соціотехнічній системі перетворень (рис. 2.1) для досліджуваних варіантів 3а, 6g₂ та 7b груп КТМ зведення КВБ функціонально-цільовий обрис КПМ представлений не в конструктивно-технічному форматі, а як ієрархічна дворівнева система функціональної взаємодії між елементами КПМ (рис. 4.1). Верхній рівень ієрархії становить функціональна взаємодія між блоками «Механізми підйому та фіксації» та «Конструктивні елементи» компоновок ПМ. На нижньому рівні ієрархії функціонально взаємодіють компоненти цих блоків компоновок ПМ.

2. Декомпозиція функцій взаємодії між елементами КПМ дозволила акцентувати залучення домкратів і гідроциліндрів (компоненти блоку «Механізми підйому та фіксації») та платформ, опорних рам, фіксаторів підйому (компоненти блоку «Конструктивні елементи») до фаз ітераційного циклу покрокового вертикального переміщення РВП, а саме: передпідйомного спирання РВП на платформи ПМ; примусового виштовхування РВП силовими механізмами ПМ; утримання РВП та платформ ПМ в післяпідйомній фазі.

3. На рівні функціональної взаємодії між компонентами блоків КПМ згідно з підфункціями $f_{6.1}$, $f_{6.2}$, $f_{6.3}$ (2.16) для досліджуваних варіантів 3а, 6g₂ та 7b груп КТМ визначена структурно-логічна залежність конструктивно-технологічного наповнення та функціонального призначення КПМ від особливостей методів зведення КВБ - верхнього підрощування колон каркаса (група А3), нижнього підрощування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса (група А6) та переміщення ПМ між спареними колонами каркаса (група А7). Саме ця залежність визначає теоретичні основи створення системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями в умовах адаптивного будівництва.

4. Синергія несучих властивостей збірних підрощуваних колон каркаса (варіант 3а) або суцільних спарених колон каркаса (варіанти 6g₂, 7b) - як основних складових КТМ - та властивостей сприйняття навантаження від РВП пересувними платформами домкратів чи гідроциліндрів (компоненти КПМ) дозволила змодельовати процеси зведення КВБ, у яких залежно від методу переміщення РВП

на проектну висоту використовується один або два пересувних опорних диска, утворені компонентами блоків «Механізми підйому та фіксації» та «Конструктивні елементи» КПМ.

5. Методом модельного аналізу встановлено, що використання одного пересувного опорного диска, який сприймає навантаження від піднімаємого РВП, передбачено в КТМ зведення КВБ методами підрощування (верхнього підрощування колон каркаса та нижнього підрощування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса). Два пересувних опорних диски, що по чергово сприймають навантаження від РВП, застосовуються в КТМ зведення КВБ методом переміщення ПМ між спареними колонами каркаса.

6. Почергова функціональна взаємодія між компонентами блоків КПМ (пересувними опорними дисками) - як основними складовими КТМ зведення КВБ - та спареними суцільними колонами каркаса при покроковому циклічному переміщенні РВП з рівня фундаментів до проектного закріплення дозволяє сформулювати теоретичні принципи та інструментальні основи нової безкранової технології зведення ВБ для вирішення ключової проблеми вітчизняної урбаністики – відновлення пошкоджених та зведення нових об'єктів промислового та цивільного призначення в умовах адаптивного будівництва при відсутності повноцінної логістичної складової будівельного процесу та технічній неможливості використання традиційних кранових технологій.

Результати даного розділу дисертації опубліковані у наукових статтях, включених до переліку наукових фахових видань України [182;195], у наукових журналах інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію [21; 26; 101; 131; 145; 158; 214; 215], в статтях у періодичних виданнях, включених до категорії «А» переліку фахових видань України [109; 188], у статтях в закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection [25; 203] та Scopus [187; 211]. Результати четвертого розділу дисертації відображені в авторських свідоцтвах [204; 205] та заявках на винаходи Укрпатенту [192; 193].

РОЗДІЛ 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМНО СФОРМОВАНИХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЗВЕДЕННЯ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ БУДІВЕЛЬ

На основі методологічних аналізів можливих варіантів КТМ зведення КВБ, проведених у попередніх розділах, пріоритетними для подальшого дослідження визначено варіанти 3a (група A3), 6g₂ (група A6) та 7b (група A7), яким притаманна максимальна функціональна взаємодія компонентів блоків компоновок ПМ з конструкціями основних складових КТМ (збірні чи суцільні колони каркаса, опорні частини ригелів ВП) у передпідйомній, підйомній та післяпідйомній фазах ітераційного циклічного покрокового підйому на проектну висоту ВП 100%-го передпідйомного укрупнення та комплектації.

З урахуванням встановленої ієрархічної дворівневої системи функціональної взаємодії та структурно-логічної залежності формування компоновок ПМ від технологічних особливостей безкранових методів зведення та першочергових завдань, відображених в державних програмах післявоєнного відновлення України [1-3], які пріоритезують швидке, ресурсоефективне та безпечне відновлення пошкоджених об'єктів в умовах обмеженого технологічного простору, необхідним є обґрунтування та формування критеріїв оптимізації системно сформованих КТМ зведення ВБ підйомними модулями.

Важливою умовою для всіх досліджуваних варіантів КТМ (3a, 6g₂ та 7b) є дотримання нормативного коефіцієнта запасу стійкості конструкцій під час монтажу — не менше 1,5 (основне поєднання навантажень) та не менше 2,0 (при врахуванні динамічних та вітрових впливів) відповідно до нормативних документів [248-250]. Ця вимога є незмінною для всіх варіантів КТМ і не розглядається в площині критеріїв оптимізації.

Метою розділу є проведення порівняльного модельного аналізу визначених варіантів за пріоритетними критеріями, що дозволить виключити неконкурентоспроможні рішення, удосконалити КБК «Механізми підйому та фіксації» та «Конструктивні елементи» ПМ, а також розробити рекомендації щодо

максимальної автоматизації та роботизації фаз підйому та остаточного закріплення РВП в проектному положенні. Проведені заходи спрямовані на забезпечення максимальної ефективності, безпеки та адаптивності технології зведення великопрогонових промислових і цивільних об'єктів підйомними модулями в умовах сучасного адаптованого будівництва.

5.1 Визначення та формулювання критеріїв оптимізації конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями

Мета визначення та формулювання критеріїв оптимізації КТМ зведення КВБ підйомними модулями полягає в забезпеченні максимальної адаптивності, ефективності та безпеки процесу в умовах існуючої забудови населених місць та обмеженого технологічного простору, зокрема при відновленні пошкоджених та зведенні нових великопрогонових об'єктів критичної інфраструктури

Критерії оптимізації визначено та сформульовано на основі аналізу першочергових потреб сучасної будівельної індустрії України: оперативне відновлення пошкоджених об'єктів промислового та цивільного призначення, мінімізація складності і трудомісткості будівельно-монтажних робіт, зменшення енергоспоживання, підвищення оперативності та скорочення строків всього комплексу відновлювальних робіт при забезпеченні максимального рівня безпеки висотних монтажних робіт. Нижче наведені критерії оптимізації (у порядку пріоритетності):

Критерій адаптивності КТМ до умов обмеженого монтажного простору. Обґрунтування: мінімізація площі, відведеною під відновлення пошкоджених чи зведення нових КВБ. З урахуванням пошкоджень вітчизняних великопрогонових об'єктів цивільного та промислового призначення, відновлення пошкоджених та зведення нових ВБ має виконуватись в умовах існуючої забудови населених місць при відсутній повноцінній логістиці та неможливості утворення доріг для переміщення мобільних та обмежено мобільних кранів по зовнішньому контуру об'єктів будівництва. Більша частина дорожнього полотна на ділянках, які примикають до будівельних майданчиків в

зоні відновлення великопрогонових будівель, пошкоджена і непридатна для пересування важкої габаритної підйомної техніки. Весь процес демонтажу пошкоджених конструкцій та зведення нових КВБ має бути сконцентрований у межах технологічної зони, розміри якої не виходять за контур зовнішніх стін великопрогонових об'єктів, що зводяться. Для кількісної оцінки адаптивності використовується коефіцієнт адаптивності K_{Ai} :

$$K_{Ai} = \begin{cases} a_{ti} \leq a_{mi} \cup b_{ti} \leq b_{mi} \\ \frac{S_{ti}}{S_{mi}} = \frac{a_{ti} \times b_{ti}}{a_{mi} \times b_{mi}} \leq 1,0 \end{cases}, \quad (5.1)$$

де K_{Ai} – коефіцієнт адаптивності до умов зведення КВБ (-) ;

a_{ti} , b_{ti} – довжина та ширина ділянки технологічної процесу (м);

S_{ti} – площа ділянки технологічного процесу зведення КВБ (м²);

a_{mi} – довжина та ширина будівельного майданчика, визначена по контуру зовнішніх стін (м);

S_{mi} – площа будівельного майданчика (по контуру зовнішніх стін) (м²);

Наслідки: зменшення площі майданчика до габаритів ВП, що зводиться, усуває потребу в утворенні доріг по зовнішньому контуру об'єкта будівництва для переміщення потужних пневмокранів, суттєво знижує логістичні витрати, дозволяє розміщувати зону складування в межах зони майбутнього вертикального переміщення укрупнених блоків ВП при послідовному виконанні всього комплексу передпідйомний, підйомних та післяпідйомний робіт по зведенню ВП в умовах існуючої забудови населених місць.

Критерій складності процесу зведення КВБ з використанням підйомних модулів. Обґрунтування: принципова умова критерію - суттєве зменшення кількості операцій кожного ітераційного покрокового циклу вертикального переміщення конструкції ВП з рівня передпідйомного укрупнення до рівня закріплення на проектній висоті. Головною вимогою, яка акцептувалась при зниженні показників складності монтажних процесів було зменшення кількості операцій ітераційного циклу зведення ВП при передачі навантаження від РВП , як на ПМ, так і на колони каркаса ВБ.

Для зменшення показників складності монтажних процесів, в першу чергу, брались до уваги технологічні процеси по передпідйомному закріпленню РВП:

- на оголовках підрощуваних колон каркаса (група А3 КТМ зведення ВБ);
- на оголовках підрощуваних стовпів ПМ (група А6 КТМ зведення ВБ);
- на верхніх пересувних рамах крокових ПМ (група А7 КТМ зведення ВБ).

Також, акцептувалась увага на зменшенні складності, безпосередньо, процесів вертикального переміщення РВП методом примусового виштовхування зі спиранням на підрощувані колони каркаса / стовпи ПМ або на крокові ПМ.

Зменшення складності монтажних операцій при утриманні РВП в проміжному положенні при обов'язкових технологічних зупинках в процесі вертикального переміщення ВП на проектні відмітки, є обов'язковою критеріальною умовою оптимізації відібраних варіантів 3а (група А3), 6g₂ (група А6) та 7b (група А7) КТМ зведення ВБ підйомними модулями. Одиниця виміру критерію складності - кількість монтажних операцій на один цикл підйому. Для кількісної оцінки використовується коефіцієнт K_{Si} , який прагне до мінімуму - K_{Smin} . Наслідки: зменшення кількості та складності операцій дозволяє знизити трудомісткість монтажу, скоротити тривалість циклу підйому та підвищити безпеку монтажних робіт по зведенню ВБ.

Критерій трудомісткості монтажних процесів при зведенні конструкцій великопрогонових будівель. Обґрунтування: критерій трудомісткості корелюється з критерієм складності монтажних робіт. Сама ідея використання ПМ технології безкранового зведення КВБ полягає в виключенні з комплексу будівельно-монтажного процесу складних та енергоємних робіт по утворенню багаторусних опорних лісів та поелементного підйому сегментів ВП на проектні висоти, які сьогодні перевищують відмітку 34,0 м. Оптимізація конструктивних складових КТМ (підрощувані колони каркаса ВБ та стовпи ПМ) та силової складової КТМ (багатоваріантні компоненти компоновок ПМ) забезпечує більшу функціональну взаємодію між конструктивно-механічними елементами блоків КПМ та складовими КТМ, що сприяє зменшенню трудомісткості кожної фази циклу вертикального переміщення блоків ВП з рівня монтажних стендів на рівень

закріплення ВП в проектному положенні між оголовками спарених колон каркаса ВБ, що зводиться та зниженню загальної вартості комплексу будівельно-монтажних робіт.. Одиниця виміру: люд.-год/цикл. Для оцінки використовується коефіцієнт K_{Ti} , який прагне до мінімуму - K_{Tmin} .

Критерій тривалості фаз циклу покрокового підйому РВП.
Обґрунтування: відправною точкою критерію є тривалість послідовних фаз ітераційного циклу зведення КВБ, в якому функціонально взаємодіють компоненти блоків компонок ПМ з основними складовими КТМ (конструкціями підрощуваних колон каркаса та ригелями ВП) та допоміжними конструкціями (підрощувані стовпи ПМ). Зменшення тривалості передпідйомної фази (передача навантаження від РВП на опорні конструкції ПМ), підйомної фази (виштовхування ригелів ВП компонентами блоків компонок ПМ на висоту робочого ходу гідропідйомників чи домкратів) та фази утримання РВП в проміжному положенні (фіксація РВП вертикальними домкратами або горизонтальними гідроциліндрами і фіксаторами підйому) сприяє скороченню загальної тривалості циклу підйому РВП і, як наслідок, процесу переміщення блоку ВП з рівня передпідйомного укрупнення на проектну висотну відмітку. Одиниця виміру: год/цикл. Для оцінки використовується розрахунок загальної тривалості циклу підйому $\sum T_{Mi}$ (год) (5.2), який прагне до мінімальних значень $\sum T_{Mmin}$:

$$\sum T_{Mi} = T_{pi} + T_{mi} + T_{fi} , \quad (5.2)$$

де $\sum T_{Mi}$ - загальна тривалість ітераційного циклу підйому блоку ВП (год.);

T_{pi} - тривалість передпідйомної фази циклу підйому блоку ВП (год.);

T_{mi} - тривалість підйомної фази циклу підйому блоку ВП (год.);

T_{fi} - тривалість передпідйомної фази циклу підйому блоку ВП (год.);

Наслідки: скорочення тривалості циклів підйому ВП дозволяє підвищити продуктивність монтажних робіт та ефективність використання безкранових технологій при зведенні КВБ, зменшити загальну вартість будівництва, скоротити строки будівельно-монтажних робіт, чим забезпечується прискорення

введення збудованих великопрогонових об'єктів в експлуатацію. Остання умова є вкрай важливою, коли перед будівельниками в умовах сьогодення стоять задачі оперативного відновлення пошкоджених великопрогонових корпусів медично-реабілітаційних центрів та підприємств військово-промислового комплексу.

Критерій безпеки монтажних робіт при зведенні КВБ. Обґрунтування: відповідно до чинних ДБН [206; 207; 224; 248-250], підвищення безпеки висотних робіт вимагає щонайменшої кількості робітників на значних висотах (24–34 м), максимального зниження мануальних монтажних процесів, застосування дистанційного моніторингу та керування, а також впровадження роботизованих систем. Одиниця виміру: рівень ризику для персоналу (кількість людей у зоні ризику на висоті понад 20,0 м, тривалість їх перебування). Для оцінки використовується коефіцієнт K_{Bi} (люд), який відповідає кількості працівників, задіяних у висотних роботах, та прагне до мінімуму - K_{Bmin} . Наслідки: зменшення кількості аварій, зниження витрат на страхування та підвищення загальної ефективності безкранових технологій зведення КВБ підйомними модулями.

Приведенні критерії, з урахуванням конкретних умов будівництва, дозволяють сформувати багатопараметричну цільову функцію оптимізації F_{OPT} (5.3), призначенням якої є вибір оптимального варіанту КТМ зведення ВП підйомними модулями

$$F_i \rightarrow F_{OPT} = \begin{cases} K_{Ai} \leq 1,0 \\ K_{Si} \rightarrow K_{Smin} \\ K_{Ti} \rightarrow K_{Tmin} \\ \sum T_{Mi} \rightarrow \sum T_{Mmin} \\ K_{Bi} \rightarrow K_{Bmin} \end{cases} \quad (5.3)$$

Визначені критерії оптимізації слугують базисом для проведення критеріального порівняльного оптимізаційного аналізу системно сформованих варіантів груп КТМ зведення ВП та подальшого використання оптимізованих КТМ, залучення яких в безкранові технологічні процеси відновлення пошкоджених та зведення нових ВБ дозволить в умовах існуючої забудови населених місць і порушеної логістики оперативно адаптуватись до постійно змінюваних складних технічних умов виконання будівельно-монтажних робіт з

дотриманням високих показників продуктивності та безпеки монтажних робіт, мінімізації присутності робітників в зоні ризику та залучення монтажників-висотників, виключно, в процесі остаточного висотного закріплення РВП.

5.2 Удосконалення відібраних варіантів конструктивно-технологічних моделей зведення конструкцій великопрогонових будівель на основі сформульованих критеріїв оптимізації

Визначення пріоритетних варіантів зведення КВБ, в яких компоненти блоків КПМ функціонально взаємодіють з вертикальними конструкціями (підрощуванні колони каркаса ВБ чи стовпи ПМ) при виштовхуванні ригелів ВП на проектну висоту, виконано методом порівняльного модельного аналізу для відібраних у попередніх розділах варіантів КТМ - 3a₁ (метод верхнього підрощування колон каркаса), 6g₂ (метод нижнього підрощування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса) та 7b (метод крокового переміщення ПМ між спареними колонами каркаса) — на основі сформульованих у підрозділі 5.1 пріоритетних критеріїв оптимізації: адаптивність до умов обмеженого технологічного простору, складність процесу підйому, трудомісткість монтажних робіт, тривалість складових процесів у фазах циклу вертикального підйому РВП та рівень безпеки висотних робіт. Нижче приведений критеріальний порівняльний аналіз відібраних варіантів груп КТМ зведення ВБ підйомними модулями.

Оптимізація варіантів КТМ за критерієм адаптивності до умов обмеженого технологічного простору. При аналізі варіантів КТМ щодо відповідності критерію адаптивності простежується неконкурентоспроможність варіанту 3a (рис. 3.9) порівняно з іншими відібраними для оптимізації варіантами КТМ зведення ВБ. За умови технологічної необхідності закріплення переставних лісів та просторових монтажних площадок в зоні верхнього підрощування колон каркаса при розміщенні ПМ між опорними рамами та ригелями ВР і раніше підрошеними секціями колон каркаса, мінімальна ширина підмощувань по зовнішньому контуру колон становить 1,0 м [251; 252]. З урахуванням обов'язкових зазорів між елементами просторового підмощуваннями та

існуючими конструкціями (мін. 0,5 м), габаритні розміри технологічної зони за формулою (5.1) перевищують контур зовнішніх стін об'єкта на 3,0 м.

$$a_{ti} = a_{mi} + 3,0 \text{ м}; \quad b_{ti} = b_{mi} + 3,0 \text{ м};$$

Обов'язковою технологічною умовою для варіанту 3а Групи А3 КТМ при висоті зведення $\leq 24,0$ м є використання кранів зі стрілою $\geq 30,0$ м для демонтажу опорних платформ та вертикальних домкратів ПМ після остаточного закріплення РВП на оголовках підрощених колон каркаса. Переміщення кранів по зовнішньому контуру об'єкта в умовах адаптивного будівництва при мінімальних відстанях між існуючими будівлями та тими, що зводяться, неможливе. Таким чином, варіант 3а Групи А3 КТМ може бути ідентифікований, як такий, що не відповідає критерію адаптивності до умов обмеженого монтажного простору і в подальших оптимізаційних дослідженнях не розглядається.

Натомість для варіанту 6g₂ (рис. 4.3) при подальшій оптимізації та перенесенні компонентів блоків КПМ «Механізми підйому та фіксації» та «Конструктивні елементи» в монтажний простір, горизонтальні розміри якого не виходять за зовнішній контур суцільних спарених колон каркаса, вимога критерію адаптивності до умов обмеженого монтажного простору повністю виконується.

Варіант 7b₁ Групи А7 КТМ зведення КВБ повністю відповідає критерію адаптивності до умов обмеженого технологічного простору. Технологія зведення КВБ методом покрокового переміщення ПМ між спареними суцільними колонами каркаса (рис. 4.6) передбачає проведення всіх процесів передпідйомного укрупнення блоків ВП та їхнього переміщення на проектну висоту в межах будівельного майданчика, габаритні розміри якого не перевищують горизонтальні розміри блоку ВП, що зводиться. Для розміщення крокових ПМ в передпідйомній фазі на рівні фундаментів в просторі між спареними колонами каркаса та демонтажу компонентів блоків «Механізми підйому та фіксації» і «Конструктивні елементи» компоновок крокових ПМ після вертикального переміщення ПМ з рівня оголовків спарених колон каркаса на рівень фундаментної плити, достатньо залучити в технологічний процес монтажу/демонтажу підйомних механізмів компактні навантажувачі, які

безперешкодно переміщуються по залізобетонній плиті на ділянці, розміри якої не перевищують габаритні розміри ВП, що зводиться (рис. 4.6). Умова залучення в процеси передпідйомного укрупнення блоків ВП на монтажних стендах та монтажу/демонтажу крокових ПМ між спареними колонами каркаса потужних колісних навантажувачів усуває необхідність в логістичній складовій по доставці габаритних конструктивних елементів ВП в зону передпідйомного укрупнення. Всі складові несучої конструкції блоку ВП та комплектуючі технологічного обладнання, яке монтується між фермами ВП, а також, матеріали для утворення покрівельних прошарків доставляються на майданчик вантажівками з колісною базою ≤ 3435 мм (маса вантажу до 5 т).

Оптимізація варіантів КТМ за критеріями складності, трудомісткості монтажних робіт та тривалості фаз циклу підйому великопрогонових покриттів. Для оптимізації КТМ зведення ВБ за критеріями мінімізації складності процесу підйому, трудомісткості монтажних робіт та тривалості фаз циклу підйому ВП проведено удосконалення варіанту $6g_2$ з випрацюванням нового варіанту $6g_3$ [181;203]. Згідно технологічного концепту в варіанті $6g_3$ несучі спарені колони каркаса монтуються за допомогою стрілових самохідних кранів одночасно з укрупненням блоку ВП на монтажних стендах. На фундаментах у просторі між спареними колонами каркаса закріплюються ПМ, що складаються з гідравлічних домкратів та опорних платформ. У нижній зовнішній частині спарених суцільних колон каркаса закріплюються опорні консольні площадки на висоті, що відповідає робочому ходу штоків домкратів ПМ. На консольних площадках розміщуються фіксатори підйому підрощуваних стовпів ПМ, які складаються з горизонтальних гідроциліндрів та пересувних опорних балок (рис. 5.1). На опорних платформах ПМ встановлюються оголовки підрощуваних стовпів ПМ, на які опускаються опорні рами та ригелі ВП. Процес вертикального переміщення опорних рам та ригелів ВП на проектну висоту виконується методом виштовхування зі спиранням на оголовки підрощуваних колон каркаса ВБ, що зводиться.

Навантаження від піднімаємого покриття почергово передається на опорні платформи ПМ та на опорні балки фіксаторів підйому. Після підйому ригелів ВП на проектну висоту опорні рами разом з ригелями ВП закріплюються між оголовками спарених колон каркаса ВБ, що зводиться, а секції підрозсуваних стовпів ПМ послідовно переміщуються на рівень фундаментів.

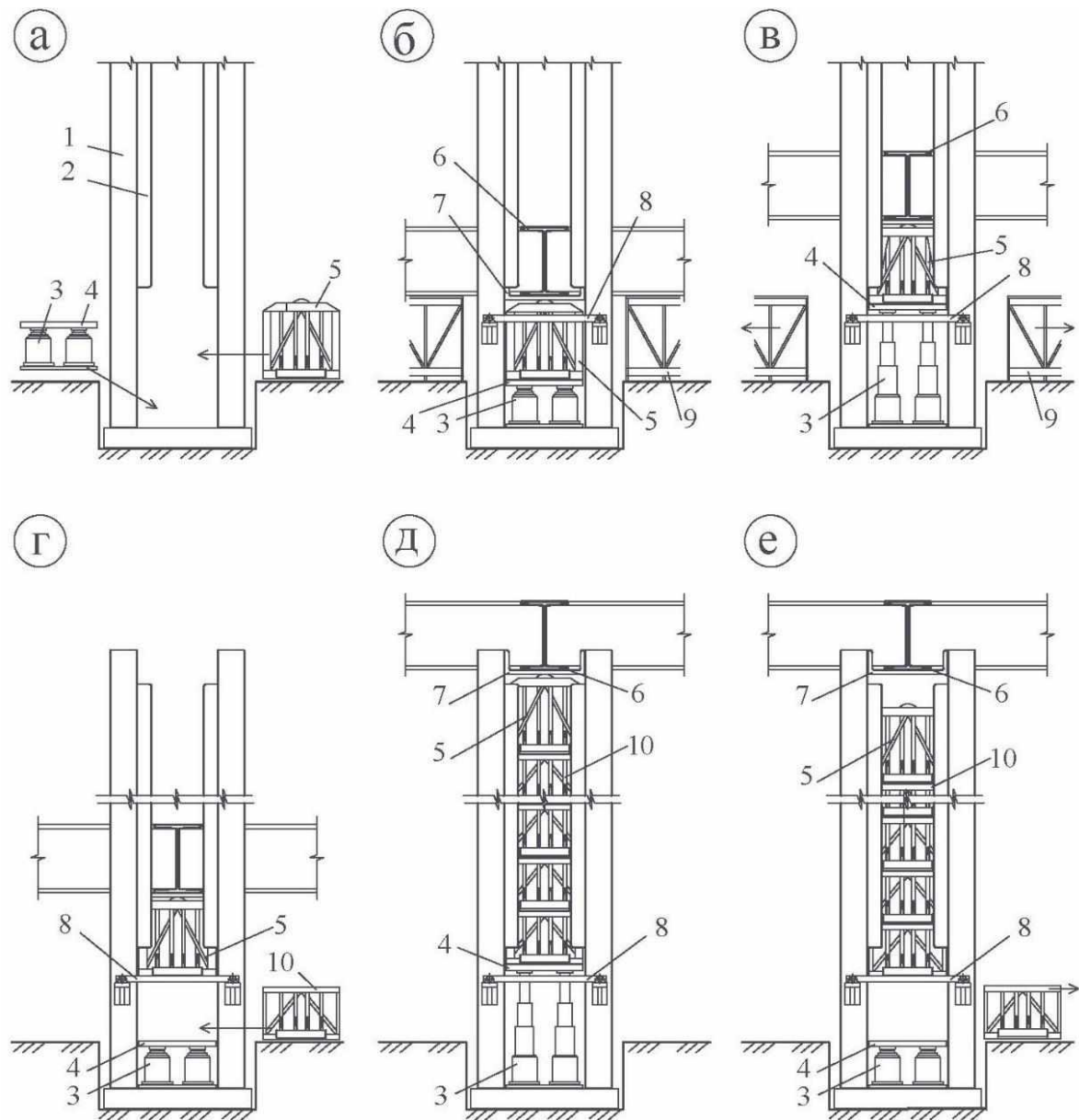


Рис.5.1 Технологічна послідовність зведення блоку ВП згідно варіанта 6g3: а, б – передпідйомний етап, в, г, д – підйомний етап, е – післяпідйомний етап, 1 – суцільна колона каркасу, 2 – напрямний профіль, 3 – гідравлічний домкра, 4 – опорна платформа ПМ, 5 – перша секція підрозсuvanого стовпа ПМ, 6 – ригель ВП, 7 – опорна рама ПМ, 8 – пересувна балка фіксатора підйому, 9 – монтажні стенди, 10 – друга секція підрозсuvanого стовпа ПМ

Процес підйому покриття методом виштовхування зі спиранням на оголовки підрощуваних стовпів ПМ має циклічний характер. В кожному циклі висота переміщення ригелів покриття в просторі між спареними колонами каркасу дорівнюється довжині робочого ходу штоків гідравлічних домкратів ПМ. Фази циклу підйому покриття зі спиранням на підрощувальні стовпи ПМ наведено на рис.5.2 . Цикл підйому ригелів блоку ВП в просторі між спареними суцільними колонами каркаса зі спиранням на підрощувані стовпи ПМ згідно варіанта 6g₃ групи А6 КТМ зведення ВБ підйомними модулями складається з наступних послідовних фаз:

Фаза 1. Передпідйомне сприйняття навантаження від покриття оголовками підрощуваних стовпів ПМ .

Опорні рами та ригелі блоку ВП в просторі між спареними колонами несучого каркаса опускаються на оголовки підрощуваних стовпів ПМ, розміщених на опорних платформах ПМ. При цьому, навантаження від підрощуваних стовпів ПМ та конструктивних елементів блоку ВП передається на гідравлічні домкрати ПМ через опорні платформи ПМ.

Фаза 2. Підйом ригелів ВП зі спиранням на підрощувані стовпи ПМ .

При подачі робочої рідини в корпуси гідравлічних домкратів відбувається виштовхування опорних платформ ПМ, опорних рам та ригелів ВП на висоту робочого ходу штоків домкратів ПМ. Напрявні, закріпленні на внутрішніх поверхнях спарених колон каркаса виконують подвійну функцію при підйомі РВП та підрощувані стовпів ПМ. Це обмеження відхилень в горизонтальній площині піднімаємих опорних рам і ригелів ВП та усунення відхилень в вертикальній площині підрощуваних секцій стовпів ПМ. Підйом кожної секції підрощуваної колони продовжується до моменту, поки консольні виступи, розташовані в нижній частині секцій підрощуваних стовпів ПМ не піднімуться вище рівня пересувних балок фіксаторів підйому.

Фаза 3. Сприйняття навантаження від покриття фіксаторами підйому.

Після підйому секцій підрощуваних колон ПМ до заданого рівня виконується подача робочої рідини в горизонтальні гідроциліндри, які переміщують балки

фіксаторів підйому під консольні виступи підрозумованої секції стовпа ПМ. Гідравлічні домкрати ПМ опускають опорні платформи до моменту, поки

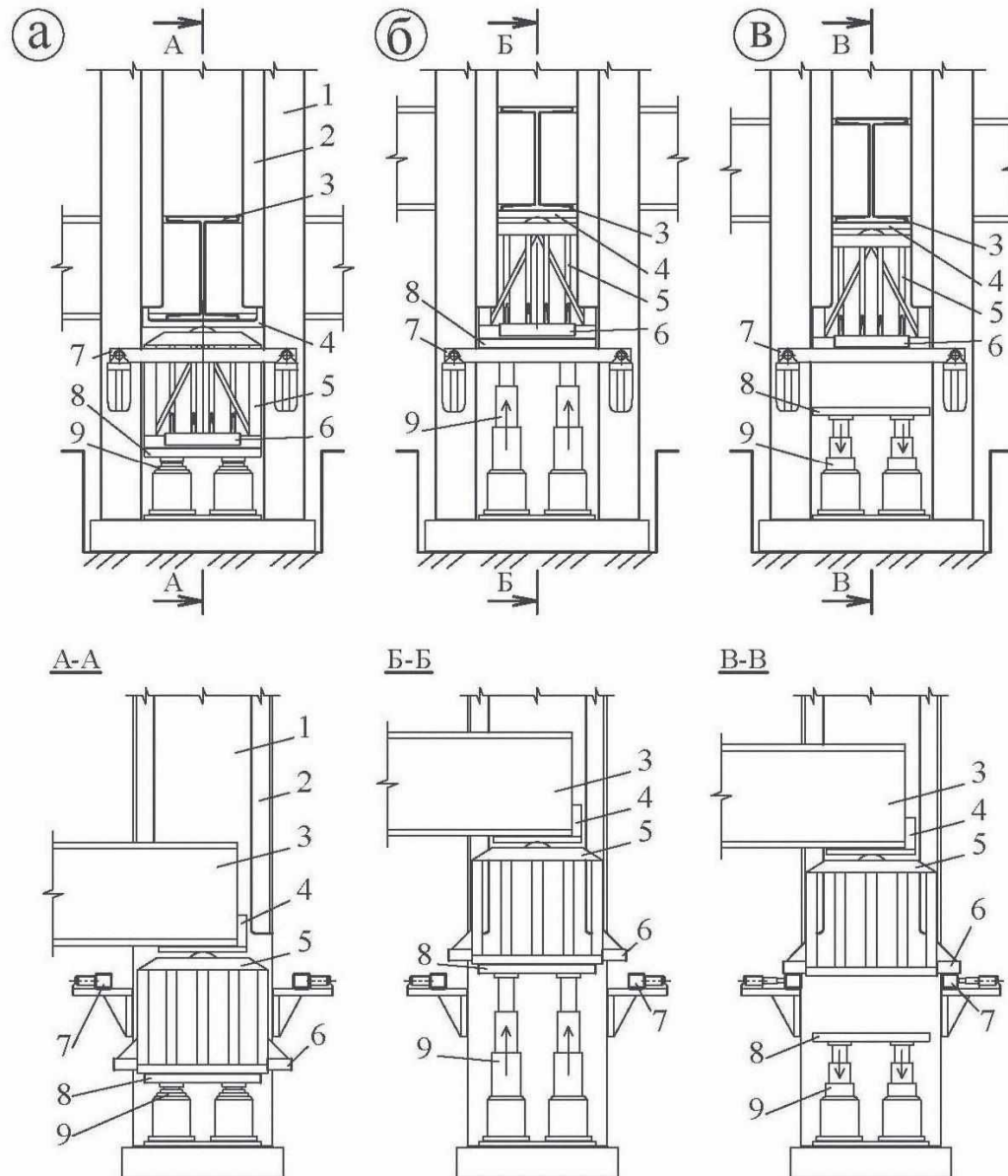


Рис. 5.2 Фази циклу підйому блоку ВП згідно варіанта 6гз: а – передпідйомна фаза , б – підйомна фаза, в – післяпідйомна фаза, 1 – суцільна колона каркасу, 2 – напрямний профіль, 3 – ригель ВП, 4 – опорна рама ВП , 5 – оголовок підрозумованого стовпа ПМ, 6 – консольний виступ оголовка стовпа ПМ, 7 – пересувна балка фіксатора підйому , 8 – опорна платформа ПМ, 9 – гідравлічний домкрат ПМ

консольні виступи секції підрозумованого стовпа ПМ не зіпруться на балки фіксаторів підйому. Навантаження від опорних рам та ригелів ВП, секцій

підрощуваного стовпа ПМ покриття передається на балки фіксаторів підйому, що дозволяє, звільненні від навантаження опорні платформи ПМ повернути в початкове положення.

У порівнянні з базовим варіантом 6g₂ удосконалення 6g₃ за рахунок оптимізації функціональної взаємодії компонентів блоків «Механізми підйому та фіксації» та «Конструктивні елементи» КПМ забезпечує суттєве зменшення кількості монтажних операцій на цикл підйому РВП. Якщо в варіанті 6g₂ для підрощування однієї секції стовпа ПМ висотою 1,0 м було необхідно виконати вісім операцій, то в варіанті 6g₃ — лише п'ять. Зниження кількості операцій на 37,5 % дозволяє суттєво зменшити складність монтажу та пропорційно знизити трудомісткість робіт.

Удосконалення конструкції ПМ дозволило, окрім зменшення складності та трудомісткості монтажних робіт, скоротити тривалість фаз циклу підйому РВП. Так, згідно варіанту 6g₂ (підрозділ 3.2.2) загальне тривання вертикального переміщення РВП за один цикл підйому T_{vmi} (3.27), яке складається з тривалості доставки секції збірного стовпа ПМ в зону підрощування t_{mhi} та тривалості робіт по підрощуванню довільної секції стовпа ПМ t_{mi} має значення:

$$T_{vm\ 6g} = t_{mh\ 6g} + t_{m\ 6g} = 0,025 + 0,139 = 0,164 \text{ (год.)}$$

Для варіанту 6g₃ з урахуванням оптимізації отримуємо значення $T_{vm\ 6g3}$:

$$T_{vm\ 6g3} = t_{mh\ 6g3} + t_{m\ 6g3} = 0,016 + 0,087 = 0,103 \text{ (год.)}$$

Порівняльний модельний аналіз варіантів 6g₂ та 6g₃ показав перевагу варіанту 6g₃, який демонструє нижчу трудомісткість, меншу тривалість циклу підйому та вищу адаптивність до обмеженого простору при збереженні необхідного рівня безпеки виконання висотних монтажних робіт (табл. 5.1). Саме функціональна взаємодія між основними складовими КТМ (варіант 6g₃ групи А6) - оптимізованих компонентів блоків компоновок ПМ, які відповідають за утримання підрощуваних сегментів стовпів ПМ в проміжному положенні під час технологічних зупинок, з вертикальними конструкціями - суцільними спареними колонами каркасу ВБ, що зводиться, дозволяє досягнути суттєве скорочення строків робіт по переміщенню блоків ВП на рівень проектних відміток, що вкрай

Таблиця 5.1

Порівняльні характеристик варіантів 6g₂ та 6g₃ групи А6 КТМ зведення ВБ

Критерій оптимізації	Варіант 6g ₂	Варіант 6g ₃	Перевага 6g ₃	Обґрунтування переваги
Адаптивність до умов обмеженого технологічного простору K_{Ai} (-)	1,04	1,01	-0,03	Спрощення конструкції та зменшення допоміжних елементів
Складність процесу підйому (операцій/цикл)	8	5	-3	Зменшення кількості операцій, спрощення блоків КІПМ
Трудомісткість процесу підйому (%)	100	62,5	-37,5	Зниження трудомісткості операцій підйому
Тривалість циклу підйому блоку ВП (год.)	0,164	0,102	-0,062	Скорочення строків циклу підйому блоків ВП

необхідно з урахуванням сучасних викликів – оперативно та в стислі строки відновлювати пошкоджені та зводити нові великопрогонові будівлі промислового та цивільного призначення при відсутності повноцінної логістики, неможливості використання традиційних кранових технологій в умовах існуючої забудови населених місць.

У подальших підрозділах дослідження буде проведено удосконалення варіантів 6g₃ та 7b₁ за критерієм безпеки виконання висотних монтажних робіт (максимізація показника безпеки за умови мінімізації присутності людей на значних висотах при роботизації завершальної фази закріплення РВП).

5.3 Роботизація завершальної фази зведення конструкцій великопрогонових будівель з використанням оптимізованих варіантів конструктивно-технологічних моделей

З метою зменшення об'єму мануальних процесів при наведенні, первинному та остаточному закріпленні опорних рам та ригелів ВП у проектному положенні між оголовками спарених суцільних колон каркаса великопрогонової будівлі, що зводиться, керуючись критеріями мінімізації складності та трудомісткості монтажних робіт (підрозділи 5.1.2 та 5.1.3), а також максимізації безпеки

висотних робіт (підрозділ 5.1.5), автором створені теоретичні основи системного формування КТМ зведення ВП, використання яких при обов'язковій умові автоматизації процесів вертикального переміщення ригелів ВП між спареними колонами каркаса зі спиранням на оголовки підрощуваних стовпів ПМ (варіант 6g₃ Групи А7 КТМ) чи на верхні платформи крокових ПМ (варіант 7b₁ Групи А7 КТМ), дозволяє роботизувати завершальну фазу зведення ВП при наведенні та первинному закріпленні опорних рам та ригелів ВП між оголовками колон каркаса ВБ. При цьому, оператор, який виконує моніторинг та дистанційне керування всього процесу зведення ВП через дисплей, знаходиться в комфортних умовах поза зоною ризику. Єдина операція, яка виконується монтажниками-висотниками при застосуванні системно сформованої КТМ зведення ВП, це остаточне закріплення РВП в проектному положенні між оголовками колон каркаса ВБ.

При створенні КТМ зведення, дозволяючих роботизувати завершальну фазу зведення ВП, підйомні модулі згідно варіантів 6g₃ та 7b₁ були доповнені пересувними монтажними платформами (ПМП), функціональна взаємодія компонентів блоків компоновок яких з компонентами блоків КПМ 6g₃ або КПМ 7b₁ (відповідно до визначеного методу підйому ригелів ВП між спареними колонами каркаса зі спиранням на оголовки підрощуваних стовпів ПМ або на верхні платформи крокових ПМ) дозволяє переміщувати опорні рами та ригелі ВП між оголовками спарених колон каркаса в трьох просторових площинах при наведенні і первинному закріпленні опорних рам та ригелів повнозбірних просторових інтегрованих блоків ВП на проектних відмітках.

Відповідно з структурно-логічними принципами системи формування КТМ зведення ВП, при розробці роботизованих КТМ був врахований критерій мінімізації технологічного простору, необхідного для зведення блоків ВП та закріплення РВП у проектному положенні. В умовах адаптивного будівництва, мінімальна відстань між існуючими будівлями та спареними колонами каркаса ВБ, що зводиться, не дозволяє передбачати в проектах виконання робіт (ПВР) багаторусні ліси, які необхідно розміщувати на зовнішніх поверхнях спарених колон каркаса. Згідно з відібраними для оптимізації варіантами КТМ зведення

КВБ (варіанти 6g₂ та 7b), процес вертикального переміщення ригелів ВП між спареними колонами каркаса зі спиранням на оголовки підрозумованих стовпів ПМ (варіант 6g₂) або на пересувні крокові ПМ (варіант 7b₁) виконується в автоматичному режимі. Монтажникам не потрібно перебувати в зоні підйому РВП. Багатоярусні монтажні ліси, які згідно технології безкранового зведення ВБ необхідно нарощувати по зовнішньому контуру колон одночасно з підйомом ВП (варіанти Груп А1 ÷ А5 КТМ зведення ВБ підйомними модулями) стають неактуальними.

Для виконання монтажних робіт по остаточному закріпленню опорних рам та РВП у проектному положенні на висоті 24,0–34,0 м використовуються інвентарні монтажні площадки, закріплення яких передбачається на нижній поверхні укрупнених блоків ВП в рівні монтажних стендів на висоті до 2,4 м при передпідйомному формуванні повнозбірних інтегрованих просторових ВП. Закріплення монтажних площадок передбачається на бокових зовнішніх сторонах спарених колон каркаса. Габаритні розміри монтажних інвентарних площадок підбираються за умови, що габарити площадки не виходять за зовнішній контур піднімаємого блоку ВП.

Важливою технологічною особливістю варіантів КТМ, до складу яких входять ПМП, за критерієм адаптивності до умов обмеженого технологічного простору, є використання мобільних кранів, які переміщуються виключно в межах ділянки, розміри якої не перевищують контур зовнішніх стін об'єкту зведення при утворенні жорсткого несучого каркасу зі спарених колон каркаса, міжколонних зв'язків та вітрових балок. Також мобільні крани або потужні навантажувачі, пересуваючись у межах будівельного майданчика, який не виходить за зовнішній контур стін ВБ, що зводиться, задіянні в процесах послідовного укрупнення блоків ВП на монтажних стендах, монтажу ПМ між спареними колонами каркасів, закріплення на крокових ПМ (варіант 7b₂) або на оголовках збірних стовпів ПМ (варіант 6g₄) пересувних монтажних платформ, опорних рам та ригелів ВП.

Головні складові варіанту 6g₄ групи А6 та варіанту 7b₂ групи А7 з урахуванням ПМП наведено на рис. 5.3.

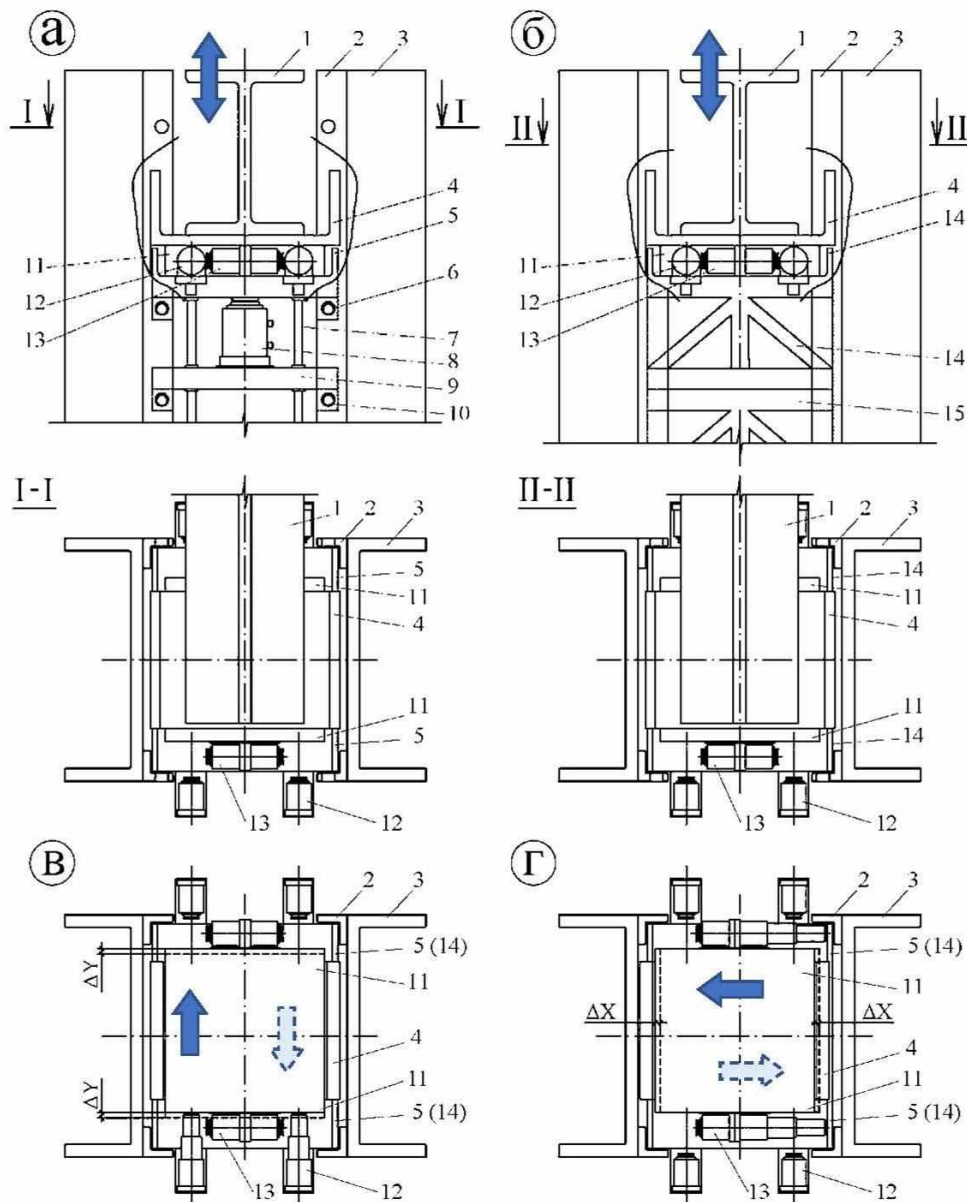


Рис.5.3 Варіанти розміщення пересувної монтажної платформи : а – закріплення ПМП на кроковому ПМ (варіант 7b₂), б – закріплення ПМП на верхній секції стовпа ПМ (варіант 6g₄), в – переміщення ПМП в поперечній площині, г – переміщення ПМП в поздовжній площині, 1 – ригель ВП, 2 – напрямний профіль, 3 – колона, 4 – опорна рама ВП, 5 – верхня платформа ПМ, 6 – фіксатори підйому верхньої платформи ПМ, 7 – напрямні стрижні, 8 – гідроциліндр ПМ, 9 – нижня платформа ПМ, 10 – фіксатори підйому нижньої платформи ПМ, 11 – опорна площадка ПМП, 12 – поперечні гідроциліндри ПМП, 13 – поздовжні гідроциліндри ПМП, 14 – верхня секція підрозщуканого стовпа ПМ, 15 – друга секція підрозщуканого стовпа ПМ

Для визначення функціональної взаємодії компонентів ПМП у складі ПМ з ригелями ВП, що піднімається, та спареними колонами каркаса ВБ, необхідно доповнити компоновки блоків КПМ (підрозділ 4.1) новими елементами.

Так, блок «Механізми підйому та фіксації» доповнюється наступними силовими механізмами:

- КБМ₆ «Група поздовжніх горизонтальних гідроциліндрів»;
- КБМ₇ «Група поперечних горизонтальних гідроциліндрів».

В свою чергу, блок «Конструктивні елементи» КПМ доповнюється:

- КБК₉ «Опорна площадка ПМП» ;
- КБМ₇ «Верхня секція підрощуваного стовпа ПМ».

Назви компонентів КБМ₆ та КБМ₇ відповідають напрямку переміщення штоків гідроциліндрів відносно монтажних осей об'єкта зведення. Так, на протилежних бокових сторонах опорної площадки ПМП закріплені корпуси груп поздовжніх гідроциліндрів. Для закріплення корпусів поперечних гідроциліндрів передбаченні два варіанта:

- на верхній платформі крокового ПМ – варіант 7b₂ (рис.5.3,а);
- на верхній секції підрощуваного стовпа ПМ – варіант 6g₄ (рис.5.3,б).

Функціональна взаємодія між основними складовими КТМ зведення та елементами КПМ у завершальній фазі підйому ВП з використанням варіанту 7b₂ (рис. 5.3, а) відбувається в три послідовних етапи.

Підйом РВП до рівня проектних висотних відміток. Кроковий ПМ піднімає опорну раму та ригель ВП до рівня оголовків спарених колон каркаса ВБ. Проміжне положення піднятого ригеля ВП фіксують одночасно верхні та нижні платформи ПМ, витворюючи разом з фіксаторами підйому верхні та нижній горизонтальні опорні диски. Ригелі фіксаторів підйому крокового ПМ, що спираються на напрямні профілі спарених колон каркаса, разом з нижніми та верхніми платформами ПМ утворюють здвоєні горизонтальні опорні диски, завдяки яким стає можливе переміщення опорної рами ВП для остаточного наведення в проектне положення опорних рам та РВП в горизонтальній площині.

Переміщення опорних конструкцій ВП в горизонтальній площині. Для остаточного позиціонування опорної рами ВП відносно кріпильних отворів в колонах каркаса виконується горизонтальне переміщення опорної площадки ПМП разом з опорною рамою та ригелем ВП по горизонтальному опорному диску, який витворений верхньою пересувною платформою крокового ПМ.

Головні складові ПМП та принцип переміщення опорних рам та РВП у завершальній фазі зведення ВП зі спиранням на ПМП наведені на рис. 5.3. Для переміщення опорної площадки ПМП у поперечному напрямку (рис. 5.3, в) використовуються поперечні гідроциліндри (КБМ₇), штоки яких спираються на опорну площадку ПМП та переміщують її на необхідну відстань. Для переміщення опорної площадки ПМП у поздовжньому напрямку (рис. 5.3, г) поздовжні гідроциліндри (КБМ₆) передають зусилля через штоки на вертикальні виступи, передбачені у верхніх платформах крокових ПМ.

Остаточне переміщення конструкцій ВП в вертикальній площині. Після вивірення співпадіння кріпильних отворів в опорних рамах ВП та оголовках спарених колон каркаса в горизонтальній площині необхідно забезпечити співпадіння отворів у вертикальній площині. Для цього фіксатори підйому верхніх платформ крокового ПМ з використанням горизонтальних гідроциліндрів подвійної дії висуваються з отворів у напрямних профілях колон каркаса. Навантаження від ПМП, опорної рами та ригеля ВП передається на колони каркаса через фіксатори підйому нижніх платформ крокового ПМ. При подачі рідини у вертикальний гідроциліндр крокового ПМ його верхня платформа переміщує ПМП разом з опорною рамою та ригелем ВП на необхідну мінімальну висоту для остаточного співпадіння кріпильних отворів опорних рам ВП та спарених колон каркаса для закріплення блоку ВП у проектному положенні.

Беручи до уваги структурно-логічну залежність формування компоновок ПМ від технологічних особливостей методу крокового переміщення ПМ між спареними колонами каркаса використовуємо для отриманого в результаті критеріальної оптимізації варіанту 7b₂ (Група А7) КТМ зведення КВБ, компоновка ПМ7b₂ з врахуванням пересувних монтажних платформ, на рівні

функціональної взаємодії між компонентами блоків КПМ_{7b2} в передпідйомній, підйомній та післяпідйомній фазах ітераційних циклів підйому опорних рам і ригелів ВП на проекту висоту та в фазі наведення і первинного закріплення опорних рам ВП між оголовками спарених колон каркаса, може бути відображена у вигляді множини:

$$\text{КПМ}_{7b2} = \left\{ \begin{array}{l} \text{КБК}_5 \cup \text{КБМ}_5 \cup \text{КБК}_7 \\ \text{КБК}_7 \cup \text{КБМ}_5 \cup \text{КБК}_5 \cup \text{КБМ}_4 \cup \text{КБК}_6 \\ \text{КБК}_8 \cup \text{КБМ}_5 \cup \text{КБК}_6 \cup \text{КБМ}_4 \cup \text{КБК}_5 \\ \text{КБК}_6 \cup \text{КБМ}_7 \cup \text{КБК}_9 \\ \text{КБК}_9 \cup \text{КБМ}_6 \cup \text{КБК}_6 \end{array} \right. , \quad (5.1)$$

де КПМ_{7b2} – компоновка ПМ_{7b2}, задіяного в складі КТМ в зведенні КВБ методом крокового переміщення ПМ між спареними колонами каркаса ВБ;

КБК₅ – нижня пересувна платформа гідроциліндрів у складі компонент блоку компоновки ПМ_{7b2} «Конструктивні елементи»;

КБМ₅ – група горизонтальних гідроциліндрів двосторонньої дії у складі компонент блоку компоновки ПМ_{7b2} «Механізми підйому і фіксації»;

КБК₇ – фіксатори підйому нижніх пересувних платформ у складі компонент блоку компоновки ПМ_{7b2} «Конструктивні елементи»;

КБМ₄ – група вертикальних гідроциліндрів двосторонньої дії у складі компонент блоку компоновки ПМ_{7b2} «Механізми підйому і фіксації»;

КБК₆ – верхня пересувна платформа гідроциліндрів у складі компонент блоку компоновки ПМ_{7b2} «Конструктивні елементи»;

КБК₈ – фіксатори підйому верхніх пересувних платформ у складі компонент блоку компоновки ПМ_{7b2} «Конструктивні елементи»;

КБК₉ – опорна площадка пересувної монтажної платформи у складі компонент блоку компоновки ПМ_{7b2} «Конструктивні елементи»;

КБМ₇ – група горизонтальних поперечних гідроциліндрів у складі компонент блоку компоновки ПМ_{7b2} «Механізми підйому і фіксації»;

КБМ₆ – група горизонтальних поздовжніх гідроциліндрів у складі компонент блоку компоновки ПМ_{7b2} «Механізми підйому і фіксації».

Функціональна взаємодія між основними складовими КТМ зведення та елементами КПМ у завершальній фазі підйому ВП з використанням варіанту 6g₄ (рис. 5.3, б) відбувається також в три послідовні етапи.

Підйом РВП до рівня проектних висотних відміток. Переміщення РВП разом з опорними рамами до рівня проектного закріплення між оголовками спарених колон каркаса відбувається зі спиранням на оголовки підрозумованих стовпів ПМ (рис. 5.2). Проміжне положення піднятих конструкцій ВП фіксує пересувна балка фіксатора підйому ПМ, закріплена в нижній частині спарених колон каркаса. З урахуванням того, що переміщення підрозумованих секцій стовпа ПМ відбувається між вертикальними напрямними профілями спарених колон каркаса ВБ, верхня поверхня оголовка підрозумованого стовпа ПМ може бути використана в якості опорного диска для переміщення опорної площадки ПМП в горизонтальній площині.

Переміщення опорних конструкцій ВП в горизонтальній площині. Для остаточного позиціонування опорної рами ВП відносно кріпильних отворів в колонах каркаса виконується горизонтальне переміщення опорної площадки ПМП разом з опорною рамою та ригелем ВП по горизонтальному опорному диску, який витворений верхньою площиною оголовка стовпа ПМ. Переміщення опорної площадки ПМП у поперечному напрямку (рис. 5.3, в) виконується поперечними гідроциліндрами (КБМ₇), штоки яких спираються на опорну площадку ПМП та переміщують останню на необхідну відстань. Переміщення опорної площадки ПМП у поздовжньому напрямку (рис. 5.3, г) виконується поздовжніми гідроциліндрами (КБМ₆), які передають зусилля через штоки на вертикальні виступи у верхній частині оголовків стовпів ПМ.

Остаточне переміщення конструкцій ВП в вертикальній площині. Після вивірення співпадіння кріпильних отворів в опорних рамах ВП та оголовках спарених колон каркаса в горизонтальній площині за допомогою вертикальних домкратів ПМ, закріплених на фундаментах, виконується фінальне переміщення опорних рам та ригелів ВП в вертикальній площині для забезпечення необхідного

співпадіння отворів у опорних рамах ВП та спарених колонах каркаса для закріплення блоку ВП у проектному положенні.

Беручи до уваги структурно-логічну залежність формування компоновок ПМ від технологічних особливостей методу підрощування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса використовуємо для отриманого в результаті критеріальної оптимізації варіанту $6g_4$ (Група А6) КТМ зведення КВБ, компоновка ПМ $6g_4$ з врахуванням пересувних монтажних платформ, на рівні функціональної взаємодії між компонентами блоків КПМ $6g_4$ в передпідйомній, підйомній та післяпідйомній фазах циклу підйому опорних рам і ригелів ВП та в фазі наведення і остаточного закріплення опорних рам ВП між оголовками спарених колон каркаса, може бути відображена у вигляді множини:

$$\text{КПМ}_{6g_4} = \left\{ \begin{array}{l} \text{КБК}_2 \cup \text{КБМ}_3 \cup \text{КБК}_3 \\ \text{КБМ}_5 \cup \text{КБК}_4 \\ \text{КБК}_{10} \cup \text{КБМ}_7 \cup \text{КБК}_9 \\ \text{КБК}_9 \cup \text{КБМ}_6 \cup \text{КБК}_{10} \end{array} \right., \quad (5.2)$$

де КПМ $6g_4$ – компоновка ПМ $6g_4$, задіяного в складі КТМ в зведенні КВБ методом нижнього підрощування стовпів ПМ між колонами каркаса ВБ;

КБК $_2$ – стаціонарна опорна домкратна платформа у складі компонент блоку компоновки ПМ $6g_4$ «Конструктивні елементи»;

КБМ $_3$ - група вертикальних домкратів односторонньої дії у складі компонент блоку компоновки ПМ $6g_4$ «Механізми підйому і фіксації»;

КБК $_3$ - пересувна підйомна рама у складі компонент блоку компоновки ПМ $6g_4$ «Конструктивні елементи»;

КБМ $_5$ - група горизонтальних гідроциліндрів двосторонньої дії у складі компонент блоку компоновки ПМ $6g_4$ «Механізми підйому і фіксації»;

КБК $_4$ – фіксатори підйому секцій підрощуваного стовпа ПМ у складі компонент блоку компоновки ПМ $6g_4$ «Конструктивні елементи»;

КБК $_9$ - опорна площадка пересувної монтажної платформи у складі компонент блоку компоновки ПМ $7b_2$ «Конструктивні елементи»;

КБМ $_7$ - група горизонтальних поперечних гідроциліндрів у складі компонент блоку компоновки ПМ $7b_2$ «Механізми підйому і фіксації»;

КБМ₆ - група горизонтальних поздовжніх гідроциліндрів у складі компонент блоку компоновки ПМ_{7b2} «Механізми підйому і фіксації»;

КБК₁₀ – верхня секція підрощуваного стовпа ПМ у складі компонент блоку компоновки ПМ_{7b2} «Конструктивні елементи» .

Можливі варіанти наповнення блоків компоновок ПМ з урахуванням механізмів виштовхування та опорних конструкцій ПМПІ наведені на рис. 5.4.

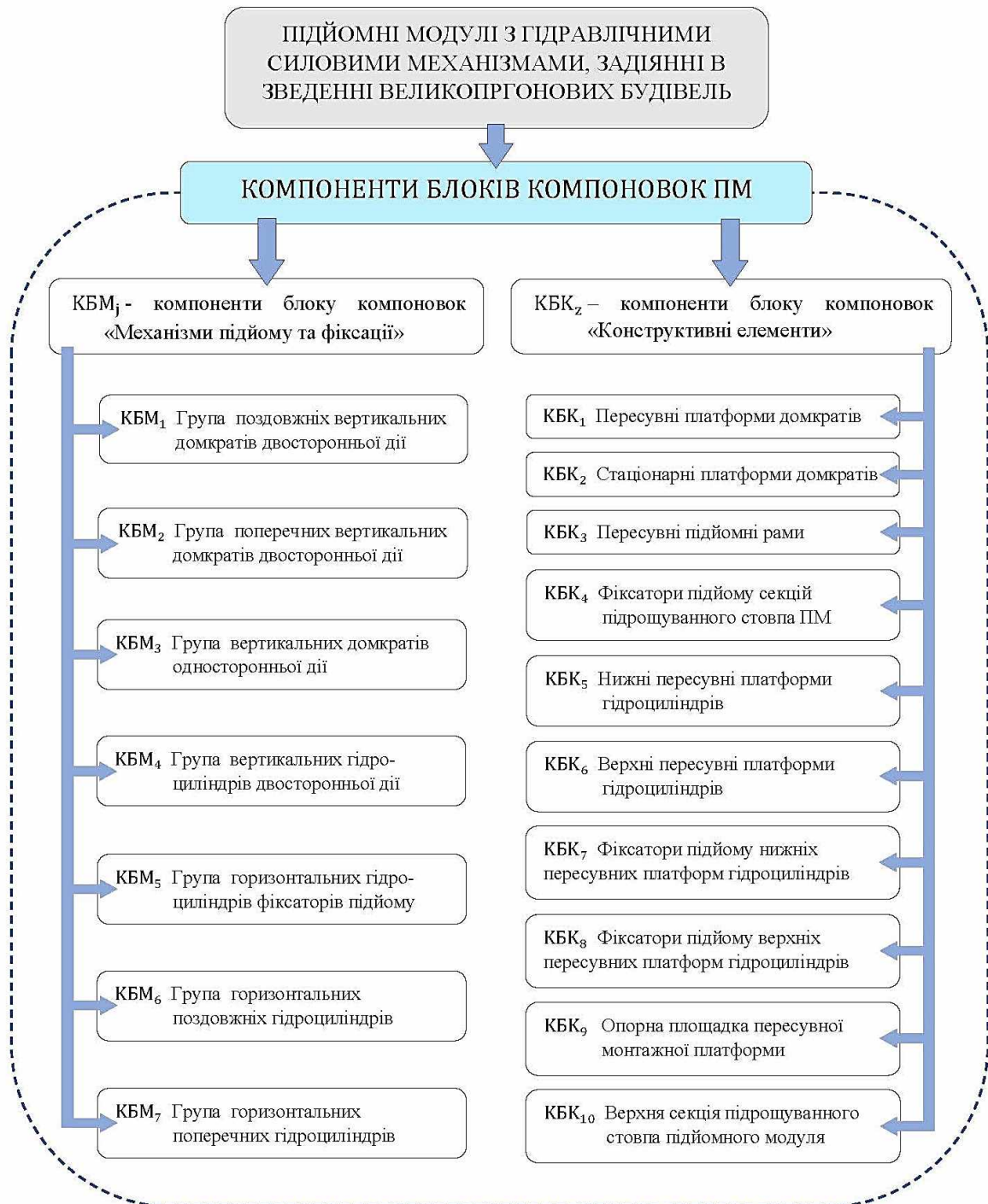


Рис. 5.4 Можливі варіанти наповнення блоків компоновок підйомних модулів

Принципи руху опорних рам та ригелів ВП у горизонтальній площині (поздовжньому та поперечному напрямках) зі спиранням на пересувну монтажну платформу, а також у вертикальній площині за допомогою крокових ПМ (варіант 7b₂) або підрощуваних стовпів ПМ (варіант 6g₄), забезпечують просторове переміщення опорних рам та ригелів ВП у трьох площинах при остаточному наведенні та закріпленні в проектному положенні між оголовками спарених колон каркаса без втручання монтажників.

Запропоноване технологічне рішення повністю відповідає критеріям оптимізації КТМ зведення КВБ. Усі операції вертикального переміщення опорних рам та ригелів ВП від зони передпідйомного стендового укрупнення до зони закріплення на проектній висоті, а також просторове позиціонування конструкцій ВП між оголовками спарених колон у завершальній фазі зведення ВП виконуються в автоматичному режимі. Монтажникам залишається лише дистанційне спостереження за процесом через монітор та контроль критичних параметрів підйому, наведення та первинного закріплення опорних рам та ригелів ВП. Це дозволяє суттєво підвищити безпеку висотних робіт, усунути людський фактор під час основних операцій процесів зведення ВП та зводить до мінімуму присутність персоналу в зоні ризику на висоті закріплення ВП в проектному положенні, яка при реалізації сучасних амбітних проектів зведення багатофункціональних просторових великопрогонових об'єктів перевищує 34,0 м.

Єдина операція, що вимагає безпосередньої участі монтажників -болтове з'єднання опорних рам ВП з оголовками колон каркаса - виконується після повного остаточного позиціонування та первинного закріплення опорних рам та ригелів ВП в проектному положенні. Переміщення крокових ПМ (варіант 7b₂) на фундаменти та демонтаж секцій підрощених стовпів ПМ (варіант 6g₄) також здійснюються в автоматичному режимі.

З урахуванням доповнення блоків компоновок ПМ силовими механізмами та конструктивними елементами ПМП група внутрішніх функцій взаємодії F_6 (2.16) загальної множини функцій F_i (2.7) може бути представлена у вигляді:

$$F_6 = \{f_{6.1}, f_{6.2}, f_{6.3}, f_{6.4}, f_{6.5}\} \quad (5.3)$$

де $f_{6.1}$ – підгрупа функцій «Підрошувати секції колон несучого каркасу будівлі чи монтажних стовпів»;

$f_{6.2}$ – підгрупа функцій «Підрошувати стовпи ПМ в просторі між спареними суцільними колонами великопрогонової будівлі»;

$f_{6.3}$ – підгрупа функцій «Переміщувати ПМ між спареними суцільними колонами великопрогонової будівлі»;

$f_{6.4}$ – підгрупа функцій «Переміщувати опорні рами і ригелі ВП в горизонтальній площині між оголовками спарених колон каркаса при наведенні та остаточному закріпленні»;

$f_{6.5}$ – підгрупа функцій «Переміщувати опорні рами і ригелі ВП в вертикальній площині між оголовками спарених колон каркаса при наведенні та остаточному закріпленні».

Морфологія функціональної взаємодії між групами функцій F_5 та F_6 для варіантів роботизованих КТМ зведення ВБ наведена на рис. 5.5.

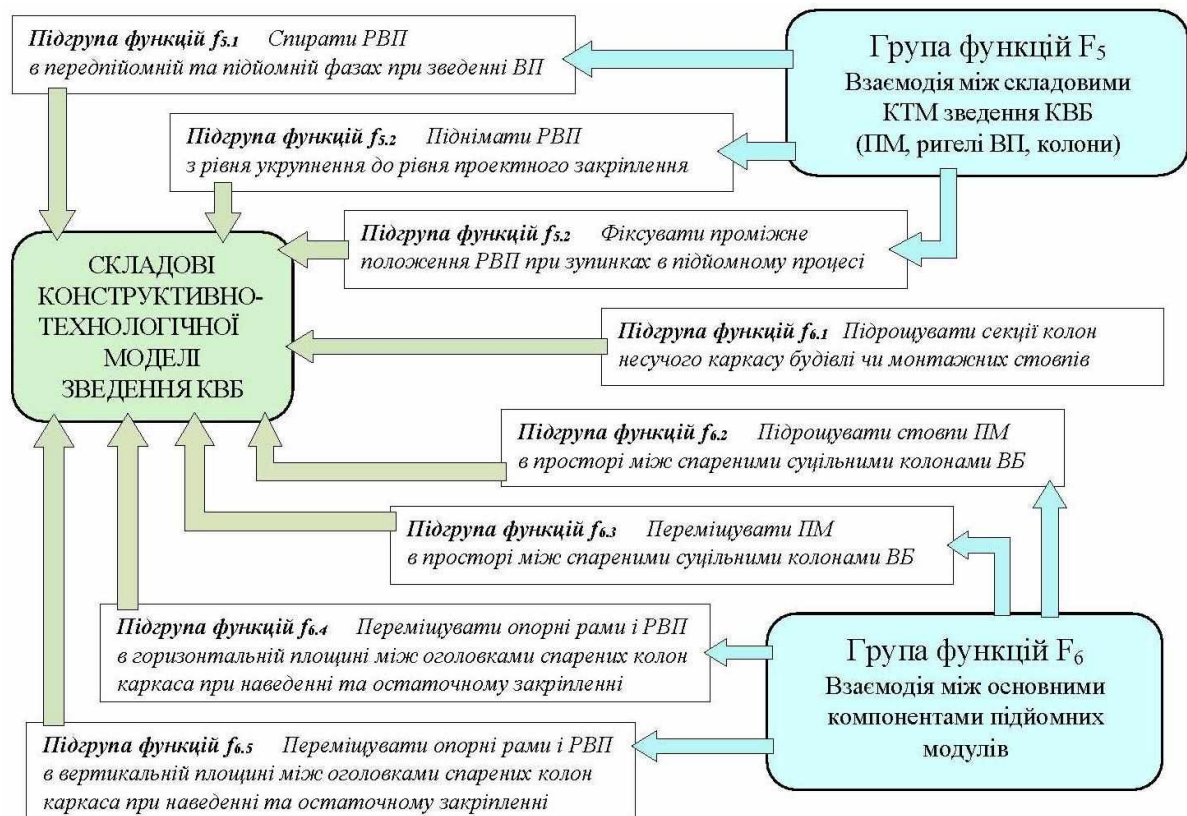


Рис. 5.5 Морфологія функціональної взаємодії між групами функцій F_5 та F_6 , характерна для роботизованих варіантів КТМ зведення ВБ підйомними модулями

Саме синергія, доповненої з урахуванням принципів роботизації, групи функцій F_6 (взаємодія між основними компонентами ПМ) з групою функцій F_5 (взаємодія між основними складовими КТМ) дозволила сформулювати теоретичну концепцію нового методу безкранового зведення просторових інтегрованих повнозбірних блоків ВП, центральними відмітними рисами якого є автоматизоване вертикальне переміщення опорних рам та ригелів ВП в просторі між спареними колонами каркаса ВБ, що зводиться, зі спиранням на підрощуванні стовпи ПМ або на крокові ПМ та роботизоване переміщення в трьох площинах опорних рам і РВП при наведення і первинному закріплення останніх в, проектом визначеному, положенні на рівні оголовків спарених колон каркаса ВБ.

Структурно-логічна послідовність та методологія системного формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями дозволила визначити головні напрямки досліджень і вдосконалення відомих методів безкранового вертикального переміщення попередньо укрупнених блоків ВП з рівня фундаментів до висотного рівня закріплення в проектному положенні. Саме використання в технологічних процесах безкранового зведення ВП методів ММ3 (примусове переміщення ВП по вертикальних напрямних) та ММ4 (примусове переміщення ВП зі спиранням на підрощуванні колони) дозволило оптимально вибудувати весь ланцюжок монтажних робіт по передпідйомному укрупненню блоків ВП та наступному переміщенню ВП на проектні відмітки на ділянках, розміри яких не перевищують габаритні розміри ВБ, що зводяться. Остання умова особливо актуальна в умовах сьогодення для відновлення пошкоджених та зведення нових великопрогонових об'єктів при технічній неможливості використання потужних пневмокранів.

Практичне використання теоретичних основ новостворених методів безкранового зведення ВП, відображених в системно сформованих варіанті 7b₂ (група А7 КТМ) та 6g₄ (групи А6 КТМ), дозволяє досягнути максимальні показники безпеки висотних монтажних робіт при автоматизованому підйомі ВП на проектні відмітки та роботизованому переміщенню РВП в завершальній фазі зведення ВП за умови дистанційно моніторингу та керування автоматизованими процесами зведення ВБ без присутності персоналу в зоні підвішених ризиків.

Висновки по п'ятому розділу

1. На основі аналізу результатів попередніх розділів дослідження та з урахуванням першочергових задач, які стоять перед вітчизняною будівельною індустрією по оперативному відновленню пошкоджених та зведенню нових великопрогонових об'єктів в умовах існуючої забудови населених місць при технічній неможливості застосування традиційних кранових технологій внаслідок логістичних обмежень транспортування важковагових засобів механізації, визначено та сформульовано базові критерії оптимізації, системно сформованих КТМ зведення ВБ підйомними модулями. Це критерії адаптивності до умов обмеженого технологічного простору, складності та трудомісткості процесу зведення КВБ, тривалості фаз циклу підйому ригелів ВП та підвищення рівня безпеки висотних монтажних робіт.

2. Згідно критерія адаптивності процесів зведення ВБ до умов обмеженого технологічного простору досліджуємий варіант 3а групи А3 КТМ визнано таким, що не відповідає оптимізаційним вимогам. Головні причини, які визначають вказаний варіант, як неконкурентоспроможний, це необхідність утворення монтажних площадок в зоні підрощування колон каркаса, які виходять за зовнішній контур ВБ, що зводиться та обов'язкове використання потужних кранів для демонтажу ПМ після завершення процесу підрощування колон. В умовах обмеженого технологічного простору та існуючої забудови населених місць вкрай складно і для більшості будівельних проектів практично неможливо організувати повноцінні дороги (ширина 6,0 м) по зовнішньому контуру об'єкта зведення.

3. За критеріями складності процесів підйому повнозбірних блоків ВП на проектну відмітку був удосконалений варіант 6g₂ групи А6 КТМ. В утвореному на закладі критерію складності підйомних процесів в варіанті 6g₃ групи А6 КТМ були використані пересувні опорні балки ПМ, задіянні в підрощуванні секцій стовпів ПМ. За рахунок залучення в процеси підрощування пересувних опорних балок при сталій функціональній взаємодії між компонентами блоків компоновок ПМ «Механізми підйому та фіксації» та «Конструктивні елементи», за умови використання в процесах зведення варіанту 6g₃ в порівнянні з базовим варіантом

6g₂ було досягнуто скорочення кількості монтажних операцій, необхідних для посекційного нижнього підрощування стовпів ПМ на 37,5 %.

4. Порівняльний модельний аналіз варіантів 6g₂ та 6g₃ групи А6 КТМ за критеріями складності та трудомісткості процесу зведення КВБ, тривалості фаз циклу підйому ригелів ВП показав значну перевагу варіанту 6g₃, який характеризується меншою складністю та трудомісткістю монтажних операцій за умови зменшення тривалості циклу підйому РВП та вищої адаптивності до обмеженого технологічного простору.

5. На закладі оптимізаційного критерія безпеки монтажних робіт при подальшому вдосконаленні системно сформованих варіантів 6g₃ групи А6 КТМ та 7b₂ групи А7 КТМ були розроблені теоретичні основи роботизації завершальної фази зведення ВП, яке передбачає просторове переміщення в трьох площинах опорних рам та ригелів ВП при наведенні, орієнтуванні та первинному закріпленні в проектному положенні за умови дистанційного керування монтажними процесами. Єдина операція, в якій задіянні монтажними-висотники – це остаточне закріплення опорних рам та РВП між оголовками спарених колон каркаса ВБ.

6. В системно сформованих варіантах КТМ, використання яких робить можливим переведення завершальної фази зведення ВП в роботизований технологічний режим, обов'язковою умовою є наявність в блоках компоновок ПМ пересувних монтажних платформ, які функціонально взаємодіють з верхніми платформами крокових ПМ (варіант 7b₂ групи А7 КТМ) або з верхніми секціями підрощуваних стовпів ПМ (варіант 6g₄ групи А6 КТМ).

Результати даного розділу дисертації опубліковані у наукових статтях, включених до переліку наукових фахових видань України [182;183], у наукових журналах інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію [21; 26; 101; 131; 145; 158; 214; 215], в статтях у періодичних виданнях, включених до категорії «А» переліку фахових видань України [109; 188], у статтях в закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection [25; 203] та Scopus [187; 211]. Результати п'ятого розділу дисертації відображені в авторських свідоцтвах [205; 213] та заявках на винаходи Укрпатенту [192; 193].

РОЗДІЛ 6

АНАЛІЗ СТВОРЕНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО - ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЗВЕДЕННЯ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ БУДІВЕЛЬ ПІДЙОМНИМИ МОДУЛЯМИ

В попередніх розділах справжнього дослідження послідовно відображений алгоритм створення теоретичних основ системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями: від аналізу сучасного стану та розвитку кранових та безкранових технологій зведення великопрогонових будівель (розділ 1), формування основних складових КТМ зведення ВБ підйомними модулями та систематизації функціональної взаємодії між складовими КТМ (розділи 2–3), дослідження закономірностей формування компоновок ПМ та визначення структури функціональної взаємодії між компонентами блоків компоновок ПМ (розділ 4) до процесу оптимізації основних складових КТМ зведення КВБ в умовах адаптивного будівництва (розділ 5).

Отримані на основі дисертаційних досліджень результати дозволили:

- встановити структурно-логічну залежність формування компоновок ПМ, як основних складових КТМ від технологічних особливостей відібраних безкранових методів зведення ВП, а саме метод монтажу з використанням примусового переміщення (підйому) підтягуванням конструкцій виключно по вертикальним напрямним (ММ3, рис. 1.10) та метод монтажу з використанням примусового вертикального переміщення виштовхуванням з підрощуванням колон каркаса ВБ, що зводиться (ММ4, рис. 1.11);
- визначити та обґрунтувати пріоритетні критерії оптимізації КТМ зведення ВБ підйомними модулями, серед яких адаптивність КТМ до умов обмеженого монтажного простору, складність процесу зведення КВБ з використанням підйомних модулів, трудомісткість монтажних процесів при зведенні КВБ, тривалість фаз циклу покрокового підйому ригелів ВП, безпека монтажних робіт при зведенні КВБ;
- на закладі оптимізаційного критерія адаптивності КТМ до умов обмеженого монтажного простору визнати варіант 3а групи А3 КТМ, при використанні якої

передбачається утворення монтажних площадок в зоні підрощування колон каркаса ВБ, що зводиться, та обов'язкового залучення в технологічний процес по демонтажу ПМ після підйому ВП на проектну висоту габаритних кранів, переміщення яких передбачається по зовнішньому контуру об'єкта зведення, як неконкурентоспроможній;

- дотримуючись вимог критеріальної оптимізації по зниженню складності та трудомісткості процесів підйому ВП з використанням ПМ і тривалості фаз циклів підйому ригелів ВП на проектну висоту був вдосконалений варіант 6g₂ групи А6 КТМ, при використанні в технологічній схемі зведення якого пересувних балок фіксаторів підйому дозволило на 37,5 % знизити складність процесу підйому РВП зі спиранням на підрощуванні стовпи ПМ і, як наслідок знизити трудомісткість процесу підрощування стовпів ПМ та скоротити тривалість фаз циклів підйому РВР на проектну висоту;
- розробити технологію роботизації завершальної фази зведення КВБ зі спиранням ригелів піднімаємого блоку ВП на пересувні монтажні платформи, що дозволяє забезпечити повну автоматизацію процесу наведення РВП в трьох площинах на місця проектного закріплення за умови відсутності монтажників в зоні ризику на висоті 24,0–34,0 м та дистанційного керування монтажними процесами.

Створена система формування КТМ зведення конструкцій ВБ підйомними модулями є цілісним теоретичним комплексом, що охоплює ієрархічну дворівневу функціональну взаємодію, критеріальну оптимізацію та роботизацію ключових фаз процесів зведення ВБ, а саме вертикального переміщення та закріплення в проектному положенні інтегрованих просторових конструктивно-технологічних блоків ВП. Процес створення системи формування КТМ базувався на обґрунтуванні та виборі функціонально-цільового обрису КТМ.

Обрис системи формування КТМ враховує технологічні та морфологічні особливості, які визначаються умовами, цілями і задачами оперативного відновлення пошкоджених та зведення нових великопрогонових об'єктів критичної інфраструктури, існуючою специфікою та різноманіттям факторів

впливу, їхньою динамікою, а також складними критеріальними вимогами до технологічної послідовності безкранових методів зведення ВП в умовах існуючої забудови населених місць при технічній неможливості використання класичних кранових технологій.

Розроблено теоретичні основи та концептуально-методологічний механізм системи формування КТМ зведення КВБ, який дозволяє створити та в перспективі реалізувати варіанти КТМ, відповідаючи поставленим цілям та задачам зведення ВБ в умовах адаптивного будівництва, а також заданим споживчим властивостям КТМ, використовуваних в умовах оперативної змінюваності будівельних процесів та комплексу факторів впливу.

Метою розділу 6 є аналіз створеної системи формування КТМ, узагальнення її теоретичних основ і визначення принципів застосування відповідно до першочергових викликів сьогодення перед вітчизняною будівельною індустрією по оперативному відновленню пошкоджених та зведенню нових ВБ цивільного та промислового призначення (лікувально-оздоровчі та реабілітаційні центри, підприємства військово-промислового комплексу, авіа- та пароплаводобудівельні заводи, транспортні термінали та логістичні хаби).

6.1 Структурно-логічна концепція системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями

Система формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями є цілісним науково-технологічним комплексом, що узагальнює результати досліджень розділів 1 – 5 і визначає теоретичну основу та технологічну концепцію нових методів безкранового зведення ВБ за допомогою гідравлічних підйомних модулів. Центральною особливістю створених КТМ зведення ВП є функціональна взаємодія ригелі ВП в процесі їхнього вертикального переміщення з рівня передпідйомного укрупнення на рівень закріплення в проектному положенні з кроковими підйомними модулями, які використовують напрямні спарених колон каркаса в якості опор, або з оголовками збірних стовпів ПМ, в підрощуванні яких задіянні ПМ, розташовані на фундаментах між спареними колонами каркаса ВБ,

що зводиться. Такий концептуальний теоретичний підхід дозволяє забезпечити адаптивність сформованих КТМ до умов обмеженого монтажного простору з досягненням мінімальних показників складності, трудомісткості та тривалості процесів зведення КВБ, а також створює умови для виконання висотних монтажних робіт з максимальним рівнем безпеки завдяки повній автоматизації процесів вертикального переміщення блоків ВП та роботизованій завершальній фазі зведення ВП при наведенні, орієнтуванні та первинному закріпленню ригелів ВП в проектному положенні між оголовками спарених колон каркаса ВБ за умови відсутності монтажників в зоні ризику і дистанційному керуванні всім комплексом підйомно-монтажних робіт.

6.1.1 Функціонально-цільовий обрис конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями

При визначенні структурно-логічної схеми формування складових КТМ, задіяних у процесах вертикального переміщення РВП з рівня передпідйомного укрупнення на монтажних стендах до рівня закріплення у проектному положенні, функціонально-цільовий обрис КТМ розглядається не в конструктивно-технічному форматі, а як сукупність функцій багатоваріантної взаємодії основних складових КТМ зведення ВП підйомними модулями з елементами соціотехнічної системи перетворень (рис. 2.11).

Головний акцент при формуванні складових КТМ робиться на функціональній взаємодії між ПМ, ригелями ВП та колонами каркаса ВБ, що зводиться (підгрупи функцій взаємодії $f_{5.1} \div f_{5.3}$, рис. 2.18), а також на факторах впливу, які визначають конструктивно-технічні рішення ПМ і колон каркаса, що сприймають навантаження від РВП у процесі вертикального переміщення ВП з (підгрупи факторів впливу $s_{5.3} \div s_{5.5}$, рис. 2.19).

Морфологічний аналіз функцій взаємодії основних складових КТМ зведення КВБ з елементами складної технологічної системи «зведення будівель» (рис. 2.11) дозволяє:

- систематизувати функції взаємодії ще за принципом дворівневої ієрархії з виділенням груп зовнішніх ($F_1 - F_4$) та внутрішніх ($F_5 - F_6$) функцій взаємодії

та їх відповідних підфункцій (рис. 2.12);

- виділити ключові підгрупи функцій, що безпосередньо визначають технологію примусового переміщення ригелів ВП методом виштовхування у вертикальній площині з рівня передпідйомного укрупнення до рівня закріплення в проектному положенні за умови декількох варіантів спирання РВП в процесі підйому, в саме, на підрощуванні колони каркаса ВБ, що зводиться, на збірні стовпи ПМ, які підрощуються між суцільними спареними колонами каркаса ВБ, на крокові ПМ, переміщення яких відбувається зі спиранням на спарені колони каркаса (рис. 3.6);
- врахувати динаміку факторів впливу (технологічних, конструктивних, середовищних) при формуванні альтернативних варіантів КТМ зведення КВБ підйомними модулями в умовах адаптивного будівництва.

При визначенні структурно-логічного принципу багатоваріантного формування компоновок ПМ у складі КТМ зведення ВБ, функціонально-цільовий обрис ПМ представлений, як ієрархічна дворівнева система функціональної взаємодії між його силовими та несучо-опорними елементами :

верхній рівень — взаємодія між блоками компоновок ПМ: «Механізми підйому і фіксації» та «Конструктивні елементи»;

нижній рівень — взаємодія між гідроциліндрами та домкратами у складі блоку КПМ «Механізми підйому і фіксації» з платформами, опорними рамами та фіксаторами підйому у складі блоку КПМ «Конструктивні елементи».

При обґрунтуванні формату та конструктивно-технічного наповнення компоновок ПМ головний акцент ставився на багатоваріантній функціональній взаємодії між компонентами блоків КПМ «Механізми підйому та фіксації» і «Конструктивні елементи» (підгрупа функцій $f_{6.1} \div f_{6.3}$, (2.16)), а також на фактори впливаючи на прийняття рішень по формування блоків КПМ в послідовних ітераційних етапах циклу підйому РВП з рівня передпідйомного укрупнення на рівень проектного закріплення ($s_{6.1} \div s_{6.2}$ (табл. 2.5).

Загальний структурно-логічний алгоритм системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модуля з розширеним представленням напрямів практичного використання системно сформованих КТМ наведений на рис. 6.1 .

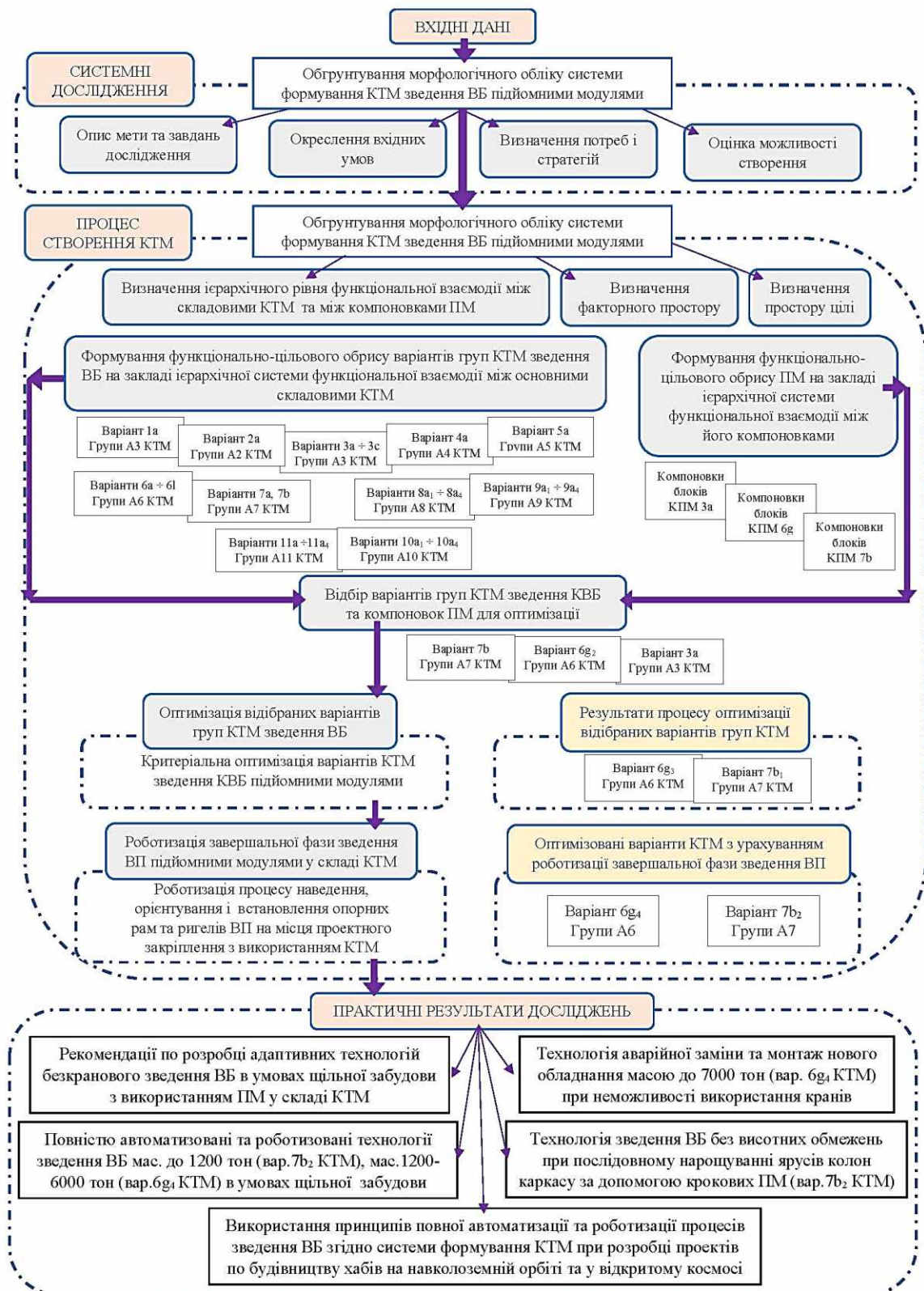


Рис. 6.1 Загальний структурно-логічний алгоритм системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями з висвітленням перспектив практичного використання новостворюваних моделей безкранового зведення КВБ

Отримана структура функціонально-цільового обрису КТМ зведення ВБ підйомними модулями забезпечує адаптивність системно сформованих КТМ до умов обмеженого технологічного простору при досягненні мінімальних показників складності, трудомісткості та тривалості монтажних процесів, а також максимального рівня безпеки висотних робіт. Системно сформовані КТМ зведення ВБ за умови повної автоматизації процесу вертикального переміщення блоків ВП з використанням ПМ передбачають залучення монтажників до технологічного процесу виключно в завершальній зведення при виконанні операцій остаточного закріплення РВП в проектному положенні.

6.1.2 Теоретичні основи системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями

Система формування КТМ зведення ВП підйомними модулями є цілісним теоретичним комплексом, що базується на представленні КТМ не в конструктивно-технічній формі, а як сукупність функцій багатоваріантної взаємодії основних складових КТМ з елементами соціотехнічної системи перетворень, з подальшою декомпозицією цих функцій на дворівневу ієрархію (зовнішні $F_1 - F_4$ і внутрішні $F_5 - F_6$) та цілеспрямованим формуванням підйомних модулів, призначених для реалізації виділених функцій, за умови відповідності ієрархії результатів попередньо визначеним параметрам технологічного призначення. Теоретичні основи системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями ґрунтуються на:

- морфологічному аналізу відомих і, отриманих в процесі дисертаційного дослідження, методів зведення ВП підйомними модулями, взаємодіючих зі збірними підрощуваними чи суцільними колонами каркаса та ригелями піднімаємих блоків великопрогонових покриттів (розд. 1 і 2);
- системному аналізу та дослідженні закономірностей формування складових КТМ, дворівнева ієрархічна функціональна взаємодія між якими напряду

залежить від технологічних особливостей відібраних безкранових методів зведення КВБ (розд. 2 і 3);

- ієрархічній дворівневій функціональній взаємодії компоновок ПМ, в якій верхній рівень - це взаємодія між блоками компоновок ПМ: «Механізми підйому і фіксації» та «Конструктивні елементи», нижній рівень - це взаємодія між гідроциліндрами та домкратами у складі блоку «Механізми підйому і фіксації» КПМ з платформами, опорними рамами та фіксаторами підйому у складі блоку «Конструктивні елементи» КПМ (розд. 4).
- визначенні та обґрунтуванні пріоритетних критеріїв оптимізації для, створених на закладі системи формування КТМ, варіантів зведення ВБ підйомними модулями. Це оптимізаційні критерії адаптивності до обмеженого технологічного простору, мінімізації складності, трудомісткості, тривалості процесів зведення КВБ та максимізації безпеки висотних робіт (розд. 5);
- морфологічному синтезі при випрацюванні варіантів КТМ, передбачаючих роботизацію та повну автоматизації наведення та фіксації РВП на завершальній фазі зведення ВП за умови переміщення опорних рам та ригелів ВП у трьох площинах між оголовками колон каркаса та залучення монтажників виключно в процес остаточного закріплення ВП в проектному положенні на висоті 24,0–34,0 м.

Такий підхід забезпечує системне формування адаптивних, повністю автоматизованих та роботизованих КТМ моделей зведення КВБ за допомогою багатоваріантних компоновок ПМ, функціонально взаємодіючих з опорними поверхнями вертикальних конструктивних складових КТМ (суцільних чи збірних підрощуваних колон каркаса) при переміщенні горизонтальних конструктивних складових КТМ (опорних рам та ригелі ВП), що відповідають заданим технологічним параметрам, з мінімальними показниками складності, трудомісткості процесів вертикального переміщення ВП, при мінімальній тривалості фаз циклу підйому РВП за умови задіяння монтажників в технологічних процесах на значних висотах, виключно, при завершальному

закріпленні опорних рам та ригелів ВП в проектному положенні між оголовками спарених колон каркаса ВБ, що зводиться.

6.1.3 Методологічна послідовність створення системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями

Створена система формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями являється результатом послідовних теоретичних і прикладних досліджень, представлених в розділах 1–5. Методологія створення системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями налічує наступні етапи.

- *Визначення основних складових КТМ.* Встановлено ключові елементи КТМ зведення ВП : силові технічні агрегати (стаціонарні та пересувні підйомні модулі) та несучі конструкції (збірні підрощувані або суцільні колони каркаса, опорні частини ригелів ВП) з принциповою умовою вертикального примусового переміщення ригелів ВП методом виштовхування зі спиранням на крокові підйомні модулі або на підрощувані стовпи ПМ.
- *Формування комплексу функціональної взаємодії.* Головні функції складових КТМ зведення ВБ, які характеризуються впливом по відношенню до всіх елементів системи «технологія будівництва» (рис. 2.11), представлені у вигляді множини F_i , яка складається з кінцевої кількості зовнішніх ($F_1 - F_4$) та внутрішніх функцій ($F_5 - F_6$), об'єднаних в групи відповідно до характеру функціональної взаємодії (2.7). Для функцій ($F_1 - F_6$) складових КТМ зведення ВБ підйомними модулями визначено дворівневу ієрархічну структуру функціональної взаємодії. Загальна дворівнева множина функцій взаємодії складових КТМ з елементами системи перетворень наведена на рис. 6.2.
- *Визначення дворівневої ієрархії функціональної взаємодії між компоновками ПМ.* Функціонально-цільовий обрис ПМ розглядається не як конструктивно-технічна форма, а як ієрархічна дворівнева система функціональної взаємодії між його силовими та несучо-опорними елементами:

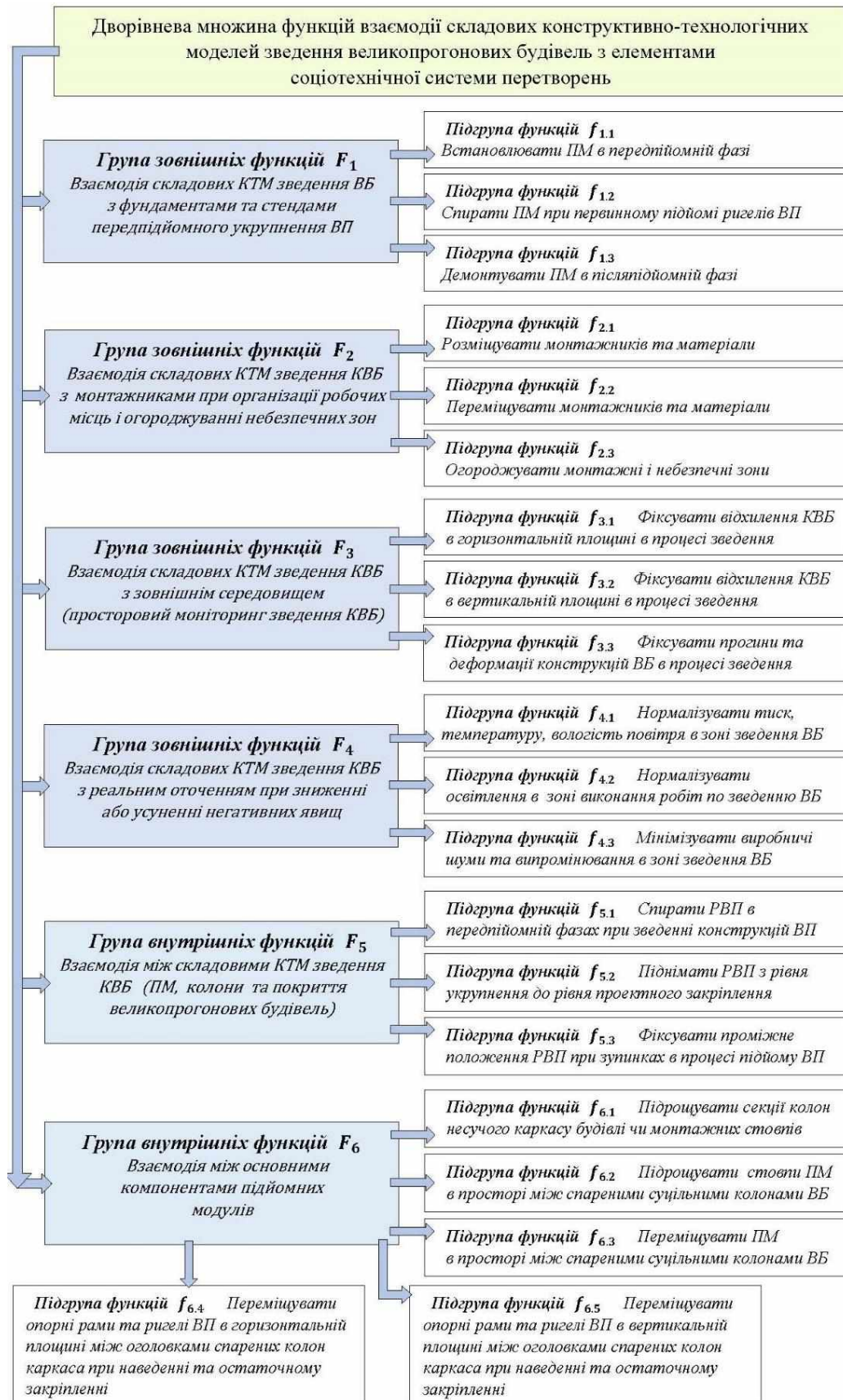


Рис. 6.2 Загальна дворівнева множина функцій взаємодії складових КТМ з основними елементами соціотехнічної системи перетворень при зведенні КВБ

- *верхній рівень* — взаємодія між блоками компоновок ПМ: «Механізми підйому і фіксації» та «Конструктивні елементи»;
 - *нижній рівень* — взаємодія між гідроциліндрами та домкратами у складі блоку «Механізми підйому і фіксації» КПМ з платформами, опорними рамами та фіксаторами підйому у складі блоку «Конструктивні елементи» КПМ.
- *Дослідження закономірностей формування компоновок ПМ.* Встановлено закономірності формування компоновок ПМ та їх функціональної взаємодії залежно від технологічних особливостей відомих та створених безкранових методів зведення КВБ (групи А1–А7), що дозволило визначити пріоритетні варіанти КТМ зведення ВБ підйомними модулями : нижнє підрощування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса (група А6) та переміщення крокових ПМ між спареними колонами каркаса (група А7).
- *Визначення основних напрямків впровадження в будівництві створеної системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями.* Розроблені рекомендації щодо впровадження технології зведення ВБ на основі створеної системи формування КТМ в умовах адаптивного будівництва при зведенні великопрогонових конструктивно-технологічних блоків ВП масою до 1200 т (варіант 7b₂ групи А7 КТМ) та масою 1200 – 6000 т (варіант 6g₄ групи А6 КТМ).

6.1.4 Оптимізація варіантів конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями та роботизація завершальної фази зведення .

Обґрунтовано пріоритетні критерії оптимізації КТМ: адаптивність до обмеженого технологічного простору, мінімізація складності та трудомісткості процесів зведення ВБ, скорочення тривалості фаз циклів підйому РВП, максимізація безпеки висотних монтажних робіт. З урахуванням необхідності утворення монтажних площадок в зоні підрощування колон та залучення в процеси демонтажу ПМ кранів, варіант 3а групи А3 КТМ визнано таким, що не задовольняє вимогам критерія адаптивності до обмеженого технологічного простору. Згідно вимог мінімізації складності та трудомісткості монтажних процесів удосконалено варіант 6g₂. Розроблено варіанти 6g₄ групи А6 та 7b₂ групи

А7, використання яких дозволяє роботизувати завершальну фазу зведення ВП. Розширена структурно-логічна схема критеріальної оптимізації та роботизації варіантів груп КТМ зведення ВБ підйомними модулями наведено на рис. 6.3 .

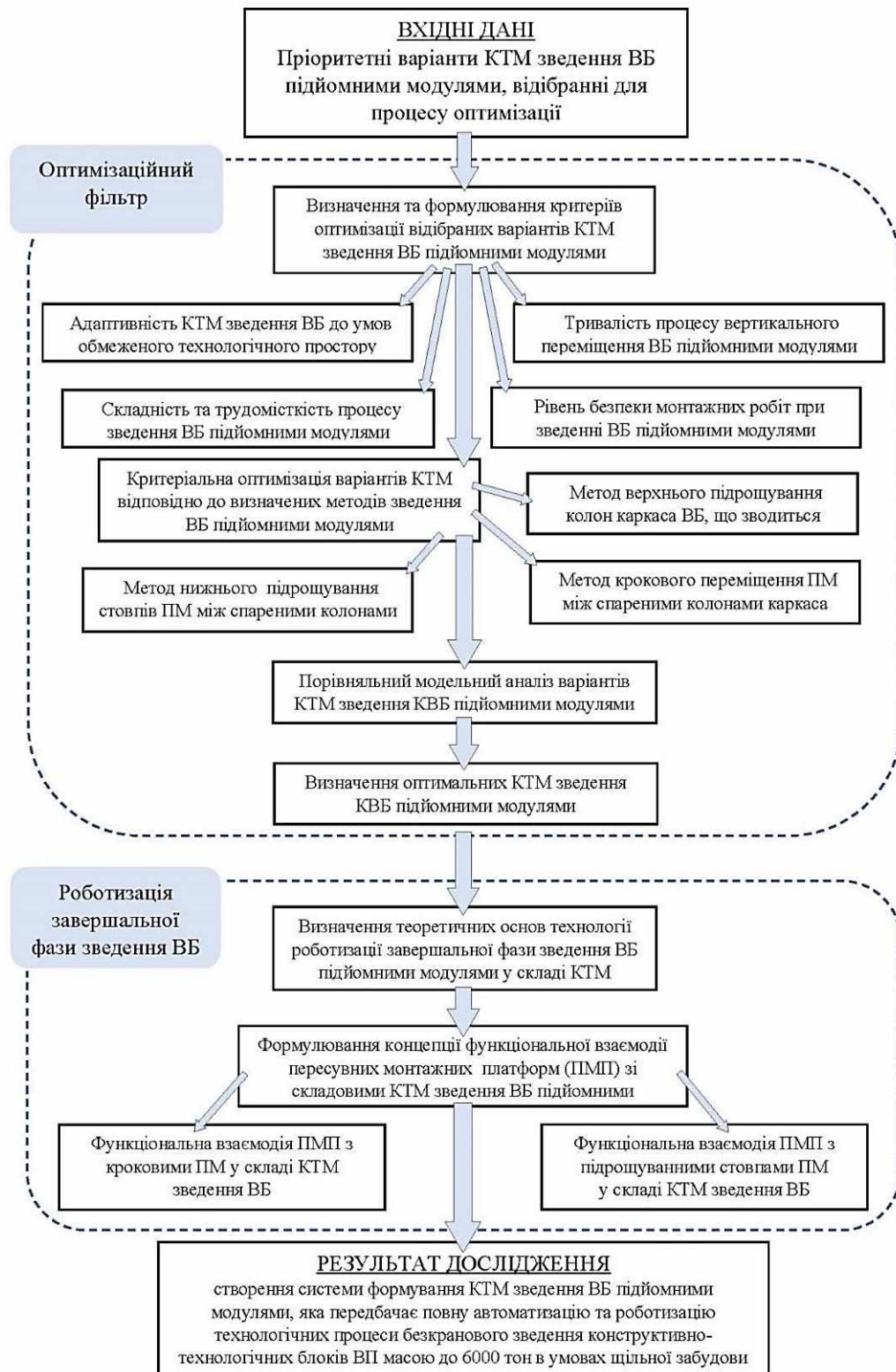


Рис. 6.3 Розширена структурно-логічна схема процесу оптимізації КТМ зведення ВБ підйомними модулями та роботизації завершальної фази підйому ВП

6.1.5 Морфологія процесу оптимізації системно сформованих варіантів конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями

1. Формалізація задачі оптимізації

- Визначення цільової функції (мінімум трудомісткості, часу, максимум адаптивності до умов обмеженого технологічного простору).
- Вибір обмежень (технологічних, конструктивних, безпекових).
- Визначення множини керованих параметрів (тип/кількість ПМ, кількість опорних дисків, робочий хід штоків ПМ, конфігурація блоків КПМ).

2. Побудова множини альтернативних КТМ

- Генерація варіантів компоновок ПМ ($3a$, $6g_2$, $7b_1$ і їх модифікацій).
- Формування множини комбінацій компонентів блоків КПМ для відібраного методу безкранового зведення КВБ.
- Застосування структурно-логічної залежності варіантних рішень КТМ від визначених методів безкранового зведення КВБ, як фільтра для визначення неконкурентоспроможних моделей.

3. Моделювання функціональної взаємодії для кожного варіанту КТМ

- Опис ієрархічної дворівневої системи функціональної взаємодії.
- Моделювання фаз ітераційного циклу підйому (Φ_1 , Φ_2 , Φ_3) для кожного варіанту КТМ.
- Визначення показників ефективності для послідовних фаз циклу підйому (складність, трудомісткість та тривання кожної фази циклу підйому, відповідність функціональної взаємодії складових КТМ в кожній фазі циклу підйому передбаченим технологічним показникам процесу зведення КВБ).

4. Порівняльний модельний аналіз варіантів КТМ

- Застосування методу модельного аналізу для оцінки створених альтернативних варіантів КТМ зведення КВБ.
- Побудова порівняльних таблиць та матриць відповідно до визначених критеріїв оптимізації.

- Відображення отриманих результатів оптимізаційного процесу (графіки, діаграми, блок-схеми технологічних процесів).

5. Визначення оптимальних КТМ зведення ВБ підйомними модулями

- Ранжування варіантів за обраними критеріями.
- Обґрунтування вибору 1–2 найкращих варіантів для конкретних змінюваних умов виконання робіт по зведенню ВБ:, таких як, конструктивне рішення ВБ та рівень пошкоджень будівель (при відновленні), існуюча забудова населених місць та обмежений технологічний простір, сезонність та кліматичні умови, розрахунковий період будівництва/реконструкції, порушена логістика.

6. Формування рекомендацій та інструментарію використання КТМ

- Алгоритм (покрокова процедура) формування оптимальної КТМ для конкретного об'єкта зведення.
- Рекомендації щодо адаптивного вибору типу/кількості ПМ, конфігурації блоків, режимів роботи в умовах щільної забудови.
- Практичні рекомендації по впровадженню варіантних напрацювань створеної системи для проектних організацій та будівельних компаній при розробці організаційно - технологічних рішень по безкрановому зведенню ВБ в умовах існуючої забудови населених місць.
- Рекомендації використання системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями в галузях машино та авіабудування, при зведенні логістичних терміналів та транспортних хабів.
- Перспективи використання системи формування КТМ зведення КВБ на навколоземній орбіті та космічному просторі за умови повної роботизації процесів монтажу повнозбірних міжгалактичних хабів та дистанційного керування процесами зведення з наземних центрів.

Запропонований оптимізаційний підхід дозволяє переходити від емпіричних рішень до науково обґрунтованого формування адаптивних технологічних моделей, що враховують конкретні умови будівельного майданчика, масу блоків покриття, висотні параметри та вимоги безпеки.

6.2 Сегментація та визначення пріоритетних сфер застосування системно сформованих конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями

З урахуванням основних принципів системи формування КТМ зведення КВБ підйомними модулями з багатоваріантного наповнення складної технологічної системи S_A (3.4) на закладі функціональної взаємодії між основними складовими КТМ зведення (група функцій F_{5i}) (2.15) і між основними компонентами підйомних модулів (група функцій F_{6i}) (2.16), конструктивне рішення та техніко-технологічні властивості яких напряду залежать від особливостей відібраних методів безкранового зведення ВП (рис.3.6), та на основі порівняльного модельного аналізу за критеріями оптимізації (підрозділи 5.2 та 5.3) були визначені пріоритетні варіанти КТМ зведення ВБ для використання в будівельній галузі при безкрановому зведенні ВП в умовах існуючої забудови населених місць, обмежених технологічних просторах, порушеній логістиці та технічній неможливості використання класичних кранових технологій. Це варіант $6g_3$ групи А6 КТМ (рис. 5.1) та варіант $7b_1$ групи А7 КТМ (рис. 4.5).

Технологічна особливість варіанту $6g_3$ полягає в примусовому переміщенні опорних рам та ригелів ВП між спареними колонами каркаса методом виштовхування зі спиранням на оголовки підрошуваних стовпів ПМ, домкрати яких розміщується на фундаментах між спареними колонами каркаса (рис. 5.2).

Технологічна особливість варіанту $7b_1$ - спирання опорних рам та ригелів блоку ВП при вертикальному переміщенні між спареними колонами каркаса на крокові ПМ, нижні та верхні опорні платформи яких по чергово функціонально взаємодіють з напрямними профілями, закріпленими на внутрішніх поверхнях колон каркаса ВБ, що зводиться. Умови використання напрямних профілів як вузлів спирання нижніх та верхніх платформ крокового ПМ при передачі навантаження від блоку покриття, що піднімається, на колони каркаса, згідно варіанта $7b_1$ (рис. 4.6), та використання як механізму підйому модифікованого вітчизняного гідравлічного підйомника ПГШ-300 [98] обмежують максимальну масу піднімаємого блоку ВП до 1200 т.

Конструктивно-технічні особливості визначених варіантів КТМ дозволили виконати сегментаційне розмежування за масою повнозбірних просторових інтегрованих блоків ВП, що зводяться.

Варіант 7b₁ групи А7 КТМ - оптимальний для зведення легких та середніх блоків ВП масою до 1200 тонн (швидке перекриття великорозмірних площ легкими металевими конструкціями зі скляним або полегшеним покриттям: медико-реабілітаційні центри, всесезонні хаби «Незламності», логістичні та складські термінали). Цей варіант забезпечує найвищі показники адаптивності до обмеженого технологічного простору, мінімальну складність та трудомісткість монтажних процесів, найкоротшу тривалість циклів підйому та максимальний рівень безпеки висотних робіт завдяки високому ступеню роботизації завершальної фази зведення ВП.

Варіант 6g₃ групи А6 КТМ - оптимальний для відновлення пошкоджених та зведення нових ВП масою від 1200 до 6000 т (об'єкти військово-промислового комплексу з масивними покриттями: ангари, багатоярусні склади, виробничі корпуси з попередньо інстальованими комплексами технологічного обладнання). Завдяки посиленій несучій здатності підрозумованих стовпів ПМ та раціональному розміщенню силового обладнання цей варіант забезпечує надійне вертикальне переміщення масивних конструкцій з високими техніко-економічними показниками. Головною умовою, яка гарантує прогнозованість автоматизованого вертикального переміщення масивних блоків ВП без висотних обмежень - це функціональна взаємодія між просторовими металевими секціями підрозумованих стовпів ПМ, циклічний процес підрозумовання яких виконується в просторі між спареними колонами каркаса ВБ, та опорними конструкціями ВП, що спираються на оголовки підрозумованих стовпів ПМ. Колони каркаса слугують напрямними, які і забезпечують прогнозованість процесів підрозумовання стовпів ПМ за умови розташування вузлів підрозумовання на фундаментах. При цьому вертикальна складова навантажень від опорних елементів ВП, що зводяться, передається через секції підрозумованих стовпів ПМ на фундаменти, а спарені суцільні колони каркаса ВБ разом з попередньо змонтованими вітровими балками та

міжколонними зв'язками, сприймають навантаження від можливих зміщень опорних рам та ригелів ВП в процесі їхнього вертикального переміщення між спареними колонами каркасів зі спиранням на підрошуванні стовпи ПМ на проектну висоту.

Обидва відібраних варіанти КТМ зведення КВБ повністю відповідають критеріям адаптивності до обмеженого простору (технологічна зона не виходить за контур зовнішніх стін об'єкта), забезпечують мінімізацію складності, трудомісткості та тривалості процесів завдяки спрощенню компоновок ПМ та зменшенню кількості операцій на цикл (до ~30 % порівняно з базовими варіантами), дозволяють повністю роботизувати просторовий рух опорних рам та ригелів ВП при наведенні на місцях проектного закріплення на висоті 24,0–34,0 м (рис. 5.3) з можливістю переміщення опорних елементів ВП в трьох площинах. Роботизовані варіанти КТМ (варіант 6g₄ групи А6 та варіант 7b₂ групи А7) формують основу для практичного впровадження системи формування КТМ зведення ВП підйомними модулями в умовах існуючої забудови населених місць для відновлення пошкоджених та зведення нових об'єктів критичної інфраструктури в технологічно обмежених просторах при технічній неможливості застосування в монтажних процесах традиційних кранових технологій.,

6.3 Оцінка ефективності виконаних досліджень

Метою підрозділу є оцінка технологічної ефективності на закладі порівняння показників технологічності варіанту 7b₂ групи А7 КТМ зведення ВБ підйомними модулями (розділ 4, рис. 4.6) з класичними безкрановими технологіями зведення великопрогонових покриттів, які були використанні в Україні при будівництві великопрогонових ангарів авіаційних заводів у Гостомелі (маса покриття 1200 т) та Києві (маса покриття 1100 т) [20].

Принципова схема підйому ВП методом примусового виштовхування зі спиранням на крокові ПМ, які переміщуються між спареними колонами каркаса ВБ, що зводиться (варіант 7b₁), та розподіл навантажень, виникаючих в основних складових КТМ на початковій, проміжній та завершальній фазах зведення ВП, наведені на рис. 6.4.

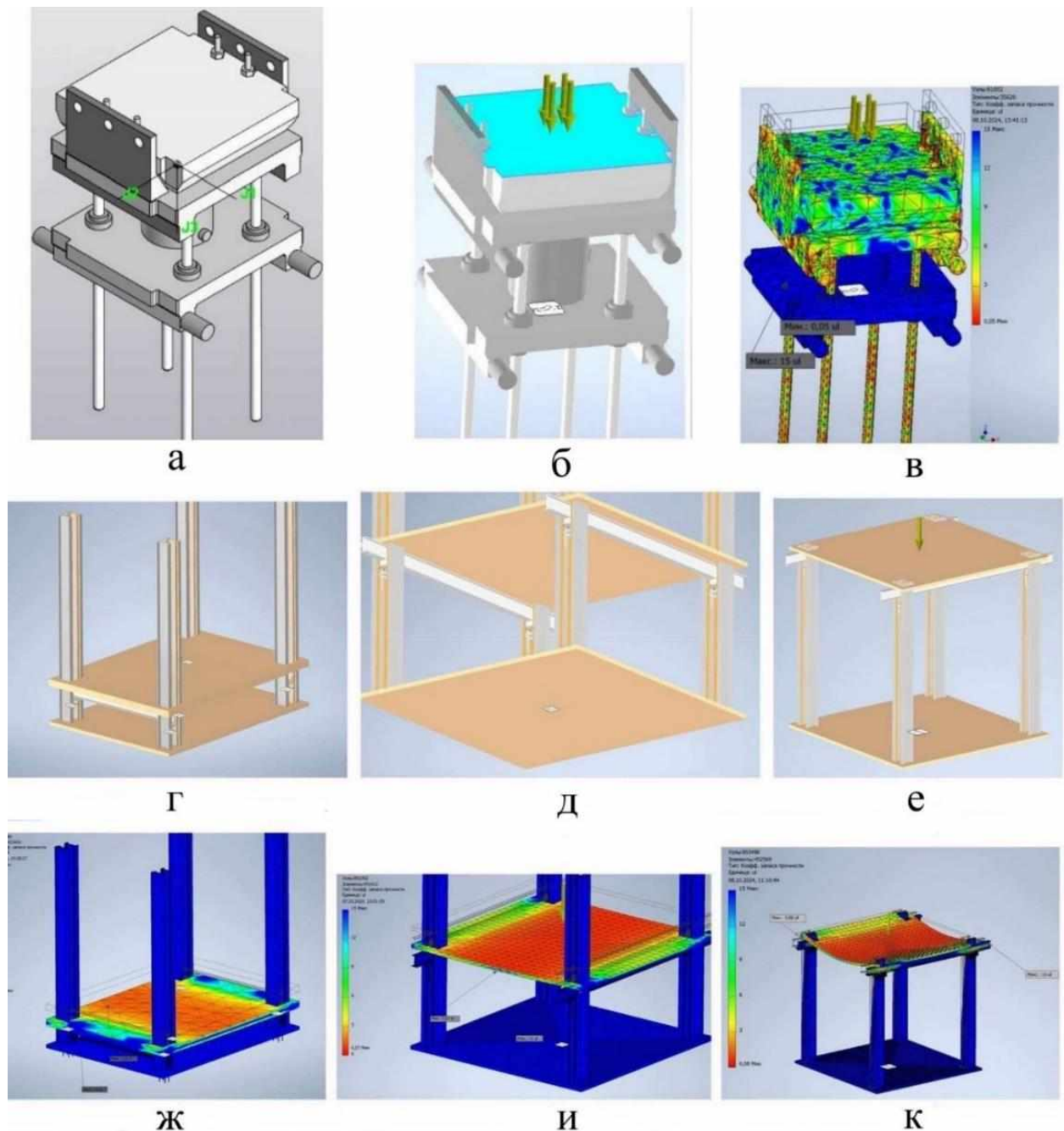


Рис. 6.4 Зведення ВП з використанням крокового ПМ згідно варіанта 7b₁ : а – загальний вигляд крокового ПМ; б – схема напрямку навантаження від ригеля ВП на верхню платформу ПМ ; в – розподіл навантаження в ПМ при спиранні РВП» г ÷ е – висотне положення ВП на послідовних етапах зведення, ж ÷ к – навантаження, виникаюче в ВП в процесі вертикального переміщення

Зведення ВП під час будівництва авіазаводу в Гостомелі виконувалось методом примусового підтягування за умови розміщення гідравлічних підйомників крокового типу ПШ-330 на оголовках спарених колон каркаса ВБ (рис. 2.16). Підйом ВП на висоту 34,0 м тривав 10 змін (90 год). При зведенні ВП

виробничих цехів авіазаводу в Києві був використаний метод примусового виштовхування за умови спирання блоку піднімаемого покриття на оголовки підрощуваних стовпів ПМ. Вузол підрощування секцій стволів ПМ був розміщений на фундаментах (рис. 2.17). Підйом конструктивно-технологічного блоку ВП на висоту 24,0 м тривав 12 змін (108 год).

Для варіанту 7b₁ в якості основного силового механізму був використаний підйомник ПГ-300 (вантажопідйомність 330 тон та розрахунковою швидкістю підйому 0,001 м/сек) [98]. Розрахунковий час переміщення РВП в просторі між спареними колонами каркаса на висоту 34,0 м за умови технологічних проміжних зупинок на відмітках 12, 0 м та 24,0 м становить 3 зміни (27 год) [109; 188; 211].

Для порівняння технологічності реалізованих проектів безкранового зведення ВП та варіанту 7b₁, який презентує створену систему формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, використовувались показники загальної маси піднімаємих покриттів M_i (тон), загальна висота зведення ВП H_{ti} (м), загальна тривалість процесу зведення (вертикального переміщення з рівня передпідйомного укрупнення на рівень закріплення) $\sum_{i=1}^n T_{ti}$ (год), загальна швидкість монтажних процесів при зведенні блоку ВП V_{ti} (м/год), загальна продуктивність при зведенні ВП P_{ti} (т/год), коефіцієнт складності монтажних процесів при зведенні ВП E_{ti} (год/т). Формули для розрахунків приведених показників представлені в розділі 1. Отримані результати розрахунків технологічності реалізованих проектів безкранового зведення ВП та створеного варіанта 7b₁ Групи А7 наведені в табл. 6.1.

Порівняльний аналіз свідчить про суттєву технологічну перевагу варіанту 7b₁ над класичними безкрановими технологіями, застосованими при зведенні ангарів у Гостомелі та Києві. Нова технологія забезпечує повну автоматизацію та роботизацію не тільки процесів підйому блоків покриттів на проектні відмітки, але й остаточного наведення в просторі між оголовками спарених колон каркаса за допомогою пересувних монтажних платформ, що виключає мануальні операції в зоні ризику та зменшує похибку позиціонування до $\pm 1-3$ мм. Це підвищує

Таблиця 6.1

Показники технологічності безкранових варіантів зведення ВБ

Варіант зведення великопрогонового покриття (ВП)	Основний метод монтажу	Загальна маса ВП (т) M_i	Загальна висота зведення ВП (м) H_{ti}	Загальна тривалість процесів зведення ВП (год) $\sum_{i=1}^n T_{ti}$	Загальна швидкість процесів монтажу при зведенні ВП (м/год) V_{ti}	Загальна продуктивність процесів монтажу при зведенні ВП (т/год) P_{ti}	Коефіцієнт складності процесів монтажу при зведенні ВП (год/т) E_{ti}
Зведення ВП авіазаводу у м. Гостомелі за допомогою підйомників ПГ-330	Метод примусового переміщення ВП підтягуванням з використанням вертикальних напрямних	1200,0	34,0	90,00	0,378	13,333	0,075
Зведення ВП авіазаводу у м. Києві за допомогою підйомників ПШ-300	Метод примусового переміщення ВП виштовхуванням зі спиранням на підрошувані стовпи ПМ	1100,0	24,0	108,00	0,222	10,185	0,098
Варіант 7b1 Групи А7 КТМ зведення ВП за допомогою підйомних модулів	Метод примусового переміщення ВП виштовхуванням зі спиранням на крокові ПМ та з використанням вертикальних напрямних	1200,0	34,0	27,00	1,259	44,444	0,023

загальну ефективність, безпеку та адаптивність системи для відновлення пошкоджених об'єктів. Технологічні принципи створеної системи формування КТМ зведення ВП підйомними модулями можуть знайти першочергове впровадження при відновленні пошкоджених та зведенні нових великопрогонових об'єктів в реальних умовах завалів на територіях промислових підприємств та неможливості організації логістики для переміщення кранів по зовнішньому контуру об'єктів зведення.

6.4 Напрями та перспективи масштабування системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями

Створена система формування КТМ зведення КВБ підйомними модулями, яка представляється результатом інтеграції та синергії теоретичних напрацювань розділів 1–5, відкриває широкі перспективи застосування як у найближчому майбутньому в будівельній індустрії, так і в стратегічній перспективі освоєння космічного простору.

У умовах адаптивного будівництва система формування КТМ ефективно застосовується при вирішенні наступних задач, базуючись на визначених критеріях оптимізації (розділ 5): адаптивність до обмеженого простору, мінімізація складності, трудомісткості та тривалості процесів, максимізація безпеки висотних робіт:

- відновлення великопрогонових промислових і цивільних об'єктів в умовах існуючої забудови населених місць, де використання традиційних кранових технологій з шляхами переміщення кранів за зовнішнім контуром об'єктів зведення неможливе. Оптимізовані варіанти КТМ (6g₃ та 7b₂) з роботизованою завершальною фазою закріплення РВП (підрозділ 5.3) дозволяють виконувати роботи в обмеженому технологічному просторі без додаткових лісів, з мінімальною присутністю персоналу в зоні ризику, що суттєво прискорює процеси зведення ВБ з максимальними показниками безпеки висотних робіт;

- зведення нових великопрогонових споруд в умовах обмеженого технологічного простору на існуючих щільно забудованих територіях промислових підприємств, коли розміри будівельного майданчика, відведеного під будівництво не можуть перевищувати габаритні розміри об'єкта зведення. Використання системно сформованих варіантів КТМ дозволяє виконувати автоматизоване вертикальне переміщення блоків ВП зі спиранням на підрошуванні стовпи ПМ або крокові ПМ, виключаючи потребу в зовнішніх страхувальних опорних конструкціях, і відповідає критерію адаптивності (підрозділ 5.1), роблячи можливим зведення ВБ з проектними відмітками закріплення інтегрованих блоків ВП висотою понад 30 м без розширення майданчиків забудови;

- заміна аварійного та монтаж нового надтяжкого технологічного обладнання масою до 7000 т на висоті понад 8 м у закритих приміщеннях промислових об'єктів, де використання мобільних кранів принципово неможливе (рис. 6.4, а). Роботизована фаза завершальної фази підйому надважкого технологічного обладнання з можливістю переміщення опорних конструкцій, які входять до складу обладнання, що піднімається, в трьох площинах (підрозділ 5.3)

дозволяє виконувати автоматизоване наведення та первинне закріплення обладнання в проектному положенні з точністю монтажу ($\pm 1-3$ мм) за умови відсутності монтажників в зоні ризику і дистанційного керування монтажними процесами. Системно сформовані варіанти КТМ дозволяють мінімізувати трудомісткість процесі заміни та інсталяції нового обладнання, що робить систему ідеальною для реконструкції промислових комплексів з обмеженим доступом;

- будівництво висотних просторових конструкцій (хмарочосів, багаторушних логістичних комплексів) з використанням крокових підйомних модулів, які забезпечують переміщення елементів у зону монтажу без обмежень по висоті (рис. 6.4, б). Так, використання оптимізованого варіанту bg_3 групи А6 КТМ у відповідності до критеріїв мінімізації складності та тривалості монтажних процесів (підрозділи 5.1.2 та 5.1.4) дозволяє скоротити цикли підйому на 20–30 %, в порівнянні з базовим варіантом bg_2 , роблячи створену систему формування КТМ конкурентоспроможною для безкранового зведення ВБ при вирішенні актуальних проблем будівництва багатофункціональних ВБ, проектна висота яких перевищує 150м, за умови попереднього утворення несучого каркаса (спарені колони, горизонтальні балки та міжколонні зв'язки) з відміткою оголовків спарених колон каркаса 150, 0 м, і наступного автоматизованого переміщення в просторі між спареними колонами каркасів опорних рам та ригелів міжповерхових великопрогонових покриттів зі спираанням на підрошуванні стовпи ПМ на, проектну висоту при відсутності персоналу в зоні підйому і дистанційному керуванні всіма монтажними процесами.

Запропонована система формування КТМ автоматизованого зведення ВБ підйомними модулями, завдяки високій адаптивності, можливості повної роботизації завершальної фази підйому, дотриманню максимальних показників ресурсозбереження, безпеки висотних монтажних робіт та мінімальній залежності від габаритів будівельного майданчика, може стати однією з базових технологій безкранового відновлення пошкоджених та зведення нових великопрогонових промислових та цивільних будівель.

Висновки по шостому розділу

1. Узагальнено теоретичні основи створеної системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями. Система представляє собою цілісний науково-технологічний комплекс, що базується на представленні КТМ як сукупності функцій багатоваріантної взаємодії основних складових КТМ з елементами соціотехнічної системи перетворень, з подальшою декомпозицією цих функцій на дворівневу ієрархію та цілеспрямованим конструюванням підйомних модулів, призначених для виконання виділених функцій за умови відповідності ієрархії результатів попередньо визначеним параметрам технологічного призначення. За умови ієрархічної дворівневої функціональної взаємодії акцептується морфологічний та критеріальний підхід при формуванні варіантів КТМ, послідовна оптимізація технологічних процесів вертикального переміщення ВП та роботизація завершальної фази підйому блоків ВП.

2. На основі порівняльного модельного аналізу та сегментації за масою піднімаємого ВП визначено пріоритетні варіанти КТМ зведення ВП: $6g_4$ (для покриттів масою 1200–6000 т) та $7b_2$ (для покриттів масою до 1200 т). Обидва відібраних варіанти КТМ зведення КВБ повністю відповідають критеріям адаптивності до обмеженого простору (технологічна зона не виходить за контур зовнішніх стін об'єкта), забезпечують мінімізацію складності, трудомісткості та тривалості процесів завдяки спрощенню компоновок ПМ та зменшенню кількості операцій на цикл підйому ВП (до ~30 % порівняно з базовими варіантами), Функціональна взаємодія між пересувними монтажними платформами, у складі блоків КПМ для варіанта $6g_4$ групи А6 КТМ та варіанта $7b_2$ групи А7 КТМ дозволила роботизувати завершальну фазу зведення ВП при переміщенні опорних рам і ригелів ВП в трьох площинах при наведенні та первинному закріпленні в зоні оголовків спарених колон каркаса ВБ, що зводиться.

3. Порівняльний аналіз технологічності показав суттєву перевагу варіанту $7b_1$ групи А7 КТМ зведення ВБ над технологіями які були використанні в реалізованих проектах по безкрановому зведенні ВП. Застосування принципів

системно сформованого варіант 7b₁ КТМ дозволяє скоротити строки безкранового переміщення інтегрованих просторових блоків ВП на проектні відмітки на 75 % . При застосуванні варіанта 7 b₁ зникає необхідність в мануальних операціях, які були обов'язковою складовою всіх етапів вертикальному переміщенні РВП з використанням класичних безкранових технологій. При роботизації завершальної фази зведення ВП (варіант 7 b₂ групи А7 КТМ) монтажними залучаються в технологічні процеси на значних висотах, виключно, в операції по остаточному закріпленню опорних рам та ригелів ВП в проектному положенні.

4. Масштабування системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями в будівельну галузь дозволяє використовувати теоретичні принципи створеної системи при випрацюванні амбітних проектів безкранового зведення ВБ висотою понад 150,0 м за умови витворення несучого каркасу зі спарених колон , міжколонних горизонтальних та діагональних зв'язків на всю проектну висоту. За таких умов всі складові поверхів об'єкта зведення розміщуються на міжповерхових великопрогонових перекриттях (МВП) в зоні фундаментів. Далі крокові ПМ, на які спираються МВП, переміщують складові поверхів на місця проектного закріплення.

5. Результати досліджень можуть бути використані при випрацюванні технологічних карт та інструкцій по визначенню оптимальних варіантів будівельних технологій згідно зі створеною системою формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, адаптованою для будь-яких вхідних технічних умов по оперативному відновленню пошкоджених і зведенню нових ВБ.

Результати даного розділу дисертації опубліковані у наукових статтях, включених до переліку наукових фахових видань України [182;183], у наукових журналах інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію [145; 158; 214; 215], в статтях у періодичних виданнях, включених до категорії «А» переліку фахових видань України [109; 188], у статтях в закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection [25; 203] та Scopus [187; 211]. Результати шостого розділу дисертації відображені в авторських свідоцтвах [205; 213] та заявках на винаходи Укрпатенту [192; 193].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дисертаційне дослідження присвячено вирішенню актуальної наукової проблеми щодо створення системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями. Повномасштабна війна спричинила значні руйнування об'єктів промислового та цивільного призначення. Швидке, ресурсоефективне, безпечне відновлення пошкоджених та зведення нових, в першу чергу, великопрогонових будівель цивільного і промислового призначення в умовах існуючої забудови населених місць з використанням класичних кранових технологій вкрай ускладнене, а для більшості будівельних проектів з урахуванням пошкодженої логістичної інфраструктури, технічно неможливе. У цьому контексті створення системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями стає особливо актуальним, оскільки дозволяє суттєво підвищити адаптивність, безпеку та продуктивність зведення ВБ відповідно до пріоритетів державних програм повоєнного відновлення України, «Відновлення», Плану відновлення України, Національної програми відновлення та Державної стратегії регіонального розвитку на 2021–2027 роки [1-3].

Значення результатів дисертаційного дослідження для науки полягає у створенні теоретичних основ системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями яка ґрунтується на декомпозиції складових моделей зведення на функції взаємодії між ними з подальшим конструюванням ПМ, призначених для їх виконання, за умови відповідності ієрархії результатів. Це дає змогу різноманітними комбінаційними варіантами компоновок ПМ створювати адаптовані моделі зведення, що відповідають попередньо визначеним параметрам технологічного призначення. Уперше розроблено цілісну науково-прикладну систему безкранового зведення ВБ, в якій функціональна взаємодія крокових підйомних модулів або підрощуваних стовпів підйомних модулів зі спареними колонами каркасів дозволяє переміщувати блоки великопрогонових покриттів з рівня передпідйомного укрупнення до рівня проектного закріплення в автоматичному режимі на будівельних майданчиках, розміри яких в плані не

перевищують габаритні розміри покриттів, що зводяться. При цьому, монтажники залучаються виключно в процеси остаточного закріплення ригелів ВП між оголовками колон каркаса. За умови мінімізації ризиків для персоналу весь процес роботизованого автоматичного підйому ВП дистанційно контролюється з центрів управління, розташованих поза зоною монтажних робіт.

Таким чином, результати дисертаційної роботи сприяють створенню ефективного технологічного середовища адаптивного оперативного безпечного зведення великопрогонових об'єктів, що є критично важливим для відновлення промислової та цивільної інфраструктури України в умовах сучасних викликів.

Значення результатів дисертації для практики полягає в створенні дієвої системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, яка дозволяє вирішувати актуальні проблеми сучасного будівництва в умовах щільної забудови та повоєнного відновлення. Запропонована система забезпечує:

- можливість безкранового зведення та реконструкції великопрогонових об'єктів на територіях, де використання традиційних кранів неможливе або економічно недоцільне;
- суттєве зниження трудомісткості та тривалості монтажних робіт завдяки автоматизації вертикального переміщення блоків ВП і роботизації завершальної фази їхнього наведення та закріплення;
- підвищення безпеки висотних робіт за рахунок мінімальної присутності персоналу в зоні ризику (24,0–34,0 м) - монтажники залучаються лише на етапі остаточного болтового з'єднання конструкцій;
- адаптивність технології до обмеженого монтажного простору, коли розміри будівельного майданчика не перевищують габаритів споруджуваного об'єкта.
- постійний моніторинг за всіма процесами зведення ВП з використанням камер спостереження, розташованими на крокових ПМ або на секціях підрощених стовпів ПМ.

Розроблені варіанти КТМ (6g₃ - для блоків ВП масою 1200–6000 т та 7b₂ - для блоків ВП масою до 1200 т) створюють практичний інструментарій для

оперативного відновлення пошкоджених промислових, логістичних та соціальних об'єктів, а також для зведення нових ВБ у стиснених умовах міської забудови.

Результати дослідження можуть бути безпосередньо використані при розробці технологічних карт і проектів виконання робіт для оперативного відновлення пошкоджених об'єктів. Практична ефективність підтверджена впровадженням принципів створеної системи в технологічні карти та проекти виконання будівельно-монтажних робіт ТОВ «Будівельна компанія «Інжбуд» та ТОВ «Європейські технології в будівництві».

Перспективні напрямки практичного використання технологічних принципів створеної системи КТМ пов'язані з можливістю масштабування технології для роботизованого зведення космічних хабів на навколоземній орбіті і просторових великопрогонових конструкцій міжгалактичних станцій, де повна автоматизація та роботизація монтажних процесів у вакуумі та мікрогравітації є обов'язковою вимогою.

На підставі одержаних результатів дослідження сформовано такі висновки :

1. Встановлено що при сталій тенденції збільшення прогонів будівель цивільного та промислового призначення від 32,5 до 404,0 м за період досліджень з 118 по 2026 рік найбільшу трудомісткість з усього комплексу будівельно-монтажних робіт мають технологічні процеси утворення конструкцій великопрогонових покриттів (до 75 % від загальної трудомісткості). Найвища складність і ризики характерні для висотних монтажних робіт по переміщенню та закріпленню блоків покриттів на висоті до 37,5 м. Саме процеси монтажу ВП впливають на загальну тривалість всього комплексу робіт по зведенню великопрогонових будівель і потребують системної оптимізації.

2. Досліджено конструктивно-технологічні особливості реалізованих вітчизняних і закордонних проектів зведення ВП за період 1953–2026 роки. З використанням методу порівняльного аналізу встановлено, що найбільша частка трудомісткості припадає на операції передпідйомного укрупнення покриттів на монтажних стендах (до 61,6 %) та наступне переміщення блоків ВП на проектні

відмітки (до 57,2 %). На основі системно-структурного аналізу статистичних даних та хронометражу монтажних процесів визначено, що найбільша продуктивність при найменших показниках складності та тривалості процесів зведення ВП характерна для методу примусового переміщення по вертикальних напрямних (ММ3) та методу підрощування колон каркаса (ММ4).

3. Сформовано та досліджено основні складові КТМ зведення ВБ, якими є силові технічні агрегати (стаціонарні та пересувні підйомні модулі) та несучі конструкції (збірні підрощуванні або суцільні колони каркаса, ригелі ВП, які зводяться), що дозволяє визначати умови їхнього об'єднання у єдину цільову систему, забезпечує можливість моделювання варіантів системної компоновки, залежно від умов зведення ВП, та що вперше покладено в основу методології створення та застосування технологічних систем зведення ВП пересувними ПМ.

4. Обґрунтовано методичний підхід щодо дослідження функціонально-цільового обрису КТМ, не у відомій конструктивно-технічній формі, а як сукупності функцій багатоваріантної взаємодії складових КТМ з елементами системи перетворень та який покладено у теоретичне підґрунтя процесу. Удосконалено методологічні принципи декомпозиції складних технологічних систем на дворівневу ієрархічну структуру функціональної взаємодії (зовнішні F1–F4 та внутрішні F5–F6 функції), що дозволяє системно формувати адаптивні КТМ залежно від конкретних умов будівництва. Сформовано 7 принципово нових методів безкранового зведення великопрогонових будівель (групи А1–А7 КТМ) та обґрунтовано 37 нових способів безкранового зведення ВП, технологічні принципи яких відображені у відповідних групах КТМ.

5. Створено теоретичні основи цілісної науково-прикладної системи безкранового зведення ВП, в якій завдяки функціональній взаємодії основних складових КТМ забезпечується автоматичне вертикальне переміщення блоків ВП в просторі між спареними колонами каркаса зі спиранням на крокові ПМ або підрощуванні стовпи ПМ з одночасним забезпеченням просторової стійкості та геометричної незмінності ВП, як в процесі підйому, так й під час технологічних пауз в підйомному процесі на ділянках, розміри яких не перевищують габаритні

розміри ВП, що зводиться, при відсутності персоналу в зоні підйому та дистанційному керуванні всіма етапами процесу вертикального переміщення інтегрованих блоків ВП з рівня укрупнення на рівень проектного закріплення.

6. Обґрунтовано концептуальні принципи та система конструктивно-технологічних моделей використання спарених колон каркаса як багатофункціональних складових КТМ, які одночасно виконують роль вертикальних напрямних для підрошування стовпів ПМ, обмежувачів відхилень в горизонтальній площині ВП, що зводяться, та опорних вузлів для крокових ПМ. Як наслідок, набула подальшого розвитку теорія безкранових методів монтажу ВБ на основі створення багатофункціональних адаптивних технологічних систем, в яких центральною складовою виступають стаціонарні або пересувні ПМ, функціонально взаємодіючи зі спареними суцільними колонами каркасів в процесі вертикального переміщення інтегрованих блоків ВП.

7. Сформовано та досліджено конструктивно-технічні рішення ПМ, згідно з якими довільний ПМ складається з двох блоків компоновок, а саме блок «Механізми підйому та фіксації» та блок «Конструктивні елементи». Функціонально-цільовий обрис ПМ розглядається не в конструктивно-технічному форматі, а як ієрархічна дворівнева система функціональної взаємодії між його силовими та несучо-опорними елементами. В ієрархії рівней функціональної взаємодії КПМ верхній рівень — це взаємодія між блоками компоновок ПМ, а нижній рівень – це взаємодія між компонентами блоків КПМ. При цьому на нижньому рівні системи функціонально взаємодіють між собою сім компонентів блоку КПМ «Механізми підйому та фіксації» та десять компонентів блоку КПМ «Конструктивні елементи».

8. Удосконалено підходи до оптимізації КТМ зведення ВП на основі комплексної системи критеріїв (адаптивність до умов обмеженого технологічного простору, мінімізація складності та трудомісткості монтажних процесів при зведенні ВБ, скорочення тривалості фаз циклів підйому РВП на проектну висоту, максимізація безпеки висотних робіт), що забезпечило перехід від евристичних рішень до науково обґрунтованого вибору раціональних варіантів. Визначені

варіанти, що відповідають всім критеріям оптимізації – це варіант 7b групи A7 , при використанні якого передбачається спирання РВП в процесі вертикального переміщення на крокові ПМ, взаємодіючі зі спареними колонами каркаса ВБ, та варіант 6g₃ групи A6, технологічна модель якого передбачає переміщення РВП в просторі між спареними колонами каркаса ВБ зі спиранням на підрощувальні стовпи ПМ.

9. Розроблено теоретичні принципи роботизації завершальної фази зведення ВП, що дозволяє виконувати автоматичне наведення та встановлення ригелів ВП у проектне положення в трьохвимірному просторі за умови відсутності персоналу в зоні зведення ВП. Роботизоване переміщення опорних рам та ригелів ВП в трьох площинах між оголовками спарених колон каркаса стає можливим завдяки функціональній взаємодії пересувних монтажних платформ, на які спираються опорні рами ВП з кроковими ПМ (варіант 7b₂) або з оголовками підрощувальних стовпів ПМ (варіант 6b₄).

10. Визначено пріоритетні варіантів КТМ, які на основі порівняльного модельного аналізу та сегментації за масою піднімаємого інтегрованого блоку ВП можуть бути успішно використанні при оперативному відновленні пошкоджених та зведенні нових ВБ в умовах обмеженого технологічного простору – це варіант 7b₂, використання якого дозволяє переміщувати блоки ВП масою до 1200 т на висоту 24,0 м за 37,0 год, що дозволяє скоротити строки підйомних процесів на 75 %, та варіант 6g₄, застосування якого дозволяє переміщувати блоки ВП масою до 6000 т зі спиранням на підрощувальні стовпи ПМ на висоту понад 34,0 м.

11. Запропонований підхід згідно теоретичних основ створеної системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями дозволяє переходити від емпіричних рішень до науково обґрунтованого формування адаптивних технологічних моделей, що враховують технічну неможливість використання кранових технологій, конкретні умови будівельного майданчика, масу та конструктивне рішення блоків покриття, висотні параметри та вимоги безпеки. Це створює методологічний фундамент для подальшого розвитку теорії безкранових монтажних технологій та їх інтеграції з роботизованими системами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо засад державної регіональної політики та політики відновлення регіонів і територій. Закон України № 2389-IX від 09.07.2022. (Вісник Верховної Ради України №28 від 09.07.2022). – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2389-20#Text> (дата звернення 10.12.2023).
2. План «Відновлення України». Розпорядження КМУ від 18.03.2024 №244. (Офіційний вісник України, 2024 р., № 32). – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/817-2025-%D1%80#n4> (дата звернення 1.11.2024).
3. Про внесення змін до Державної стратегії регіонального розвитку на 2021-2027 роки. Постанова КМУ від 13.08.2024 №940. (Офіційний вісник України, 2024., №69). – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/940-2024-%D0%BF#Text> (дата звернення 4.12.2024).
4. Плоский В. О., Гетун Г. В., Віроцький В. Д. Архітектура будівель та споруд. Книга 3. Історія архітектури і будівництва: Підручник для вищих навчальних закладів. Київ: Ліра-К, 2016. 816 с
5. Richard L. Tucker, James T. O'Connor. (1996). Industrial Project Constructability Improvement. *Journal of Construction Engineering and Management* Volume 112, Issue 1, 34 – 48.
6. Engel, H. (2006). *Tragsysteme*. *Hatje Gantz Verlag*, 320.
7. Rühle, H., Kühn, E., Weissbach, K. (1984). *Priestorové strešné konštrukcie*. 1 diel, Bratislava: *Vydavateľstvo ALFA*, 310.
8. Мардер А.П. Архітектура: Короткий словник-довідник Київ: Будівельник, 1995. 335 с.
9. Friedman, D. (2010). *Historical Building Construction: Design, Materials, and Technology (Second Edition)* / Donald Friedman. - *W. W. Norton & Company*. New York – London, 320.
10. Жербин М. М., Владимирський В.А. Металлические конструкции. Київ: Вища школа, 1986. 214 с.

11. Гетун Г. В., Безклубенко І. С., Соломін А. В. Аналіз та класифікація сучасних конструкцій великопрогонових покриттів будівель. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. №65, 2023, С. 216–225.
<https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.65.216-225>
12. Tedesco, A. (1954). Thin-Shell Arch Selected for Denver Coliseum. *Civil Engineering*, 46 – 52.
13. Haas, A.M. (1956). Über die Ausführung eines Spannbeton-Schalendaches der Fabric Jamin in Ousterhout. *De Ingenieur*, 68, 47 – 59.
14. Bradshaw, R. (1964). Precast Concrete Toroidal Vault. *Journal of the American Concrete Institute*, 257 – 264.
15. Stenker, H., Böttner, O. (1969). Eissportstadion Halle. *Bautechnik*, 23, H11, 521 – 526.
16. West, F. (1970). Construction de la toiture du hangar 01 de la BOAC a L'aéroport de Heathrow. Description et construction. *Aeirer, Stahl, Steel*, nr. 2, 5 – 9.
17. Черненко К. В. Визначення організаційно-технологічних рішень методів монтажу великорозмірних покриттів. *Будівництво та техногенна безпека*. 2012, №44, С.69-77.
18. Frankfurt Airport. Large-span aircraft hangar. (2008). Lufthansa Technik Groupe. URL: <https://www.lufthansagroup.com/de/home.html> (дата звернення 15.07.2024).
19. World's longest-span aircraft hangar. (2018). Beijing Daxing Airport. URL: http://english.scio.gov.cn/chinaprojects/201809/05/content_62277677.htm (дата звернення 17.07.2024).
20. Назаренко В. Ф., Сытник Н. П., Николаев В. В., Гидроподъемные установки на монтаже большепролетных конструкций. *Монтажные и специальные работы в строительстве*. 1986, №5, С.15-20.
21. Ignatenko O. (2024). Use of stepper lifting modules for construction of large-span coatings. *Slovak International Scientific Journal*, 81, 9–14.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.10810621>

22. Ignatenko O. (2024). Innovative structural and technological solutions for crane-free erection of large-span coatings. *Scientific and Practical Journal «WayScience»*, 7(1), 16–26. <http://www.wayscience.com/vol-7-1-2024/>

23. Технологія монтажу будівельних конструкцій: навчальний посібник / В.К. Черненко, О. Ф. Осипов, Г. М. Тонкачєєв та інші; за ред. В. К. Черненка. Київ: Горобець Г.С., 2011. 372 с.

24. Федоренко П. П., Шкромада А. А. Индустриальные методы строительства промышленных предприятий. Київ: Будівельник, 1988. 200 с.

25. Tonkacheev, H., Ignatenko, O., Rashkivskyi, V., Dubovyk, I., Tryhub, A., Sobko, Yu. (2024). Development of the Technology of Crane-Less Lifting of Long-Span Reinforced Concrete and Metal Coating. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research* (14/01-XL), 271-275. (Web of Science Core Collection). <https://doi.org/10.33543/j.140140.271275>

26. Ignatenko O. (2024). The development of technology for crane-less lifting of large-size roof structures. *Slovak International Scientific Journal*, 79, 15–20. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10480860>

27. Технология и организация монтажа строительных конструкций. Справочник. Черненко В. К., Баранников В. Ф., Волынский А. Я. Київ: Будівельник, 1988. 276 с.

28. Черненко В. К. Аналіз умов і принципів формування методів монтажу великогабаритних конструкцій у робочій зоні. Макіївка: Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Випуск 2010-5(85). Том II, 2010. С.291-297.

29. Черненко В. К., Собко Ю. Т. Дослідження основних технологічних показників, що впливають на безкранові методи піднімання структурних покриттів. *Нові технології в будівництві*. 2016, №36, С.50-55. <http://www.ntinbuilding.ndibv.org.ua/archive/2016/31/9.pdf>

30. Собко Ю. Т. Аналіз структурних покриттів та методів монтажу. Чернівці: Науковий вісник Чернівецького університету, 2014, Т. 3, вип.2, С. 100-103.

31. Собко Ю. Т., Новак Є. В. Відбір факторів, що впливають на трудомісткість процесу монтажу структурних плит покриттів одноповерхових будівель. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2022 , №64, С. 343–350. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.64.343-350>
32. Черненко К. В. Історія, сучасний стан і перспективи будівництва будинків і споруд з великорозмірними покриттями. *Техніка будівництва*. 2011, №27, С. 36 – 41.
33. All terrain mobile crane. LIEBHERR LTM 11200-9.1. Crane locator. Heavy Lifting & Project Logistic Exchange. URL: <https://www.liebherr.com/> (дата звернення 10.08.2024).
34. Черненко В. К. Методы монтажа строительных конструкций . Київ: Будівельник, 1982. 208 с.
35. Технологія будівельного виробництва: підручник для студентів будівельних спеціальностей вищих навчальних закладів / [В. К. Черненко, М. Г. Ярмоленко, Г. М. Батура, О. Ф. Осипов та інш.]; під ред. В. К. Черненко та М. Г. Ярмоленко. Київ : Вища школа, 2002. 430 с.
36. Ignatenko O. Selection of the most complex segment of structural for erection of large-span coatings. XV international scientific conference «*The modern vector of the development of science*»: conference proceedings (Philadelphia, USA, August 15 – 16, 2024). 139 – 146. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13356785>
37. Ignatenko O. (2024). Spatial coatings as the most complex structural elements in the construction of large-span buildings. *Znanstvena Misel Journal*, 93, 35–42. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13583180>
38. Будников М. С. Технология и организация возведения зданий и сооружений/ М. С. Будников, А. П. Обозный. Київ: Будівельник, 1964. 304 с.
39. Фоков Р.И. Выбор оптимальной организации и технологии возведения зданий. Київ: Будівельник, 1969. 192 с.
40. Hojarcszyk, S., Humiecki, W. (1970). Montaż konstrukcji hangaru NR. 4 na Lotnisku Warszawa – Okęcie. *Przegląd Budowlany*, nr. 1, 7 – 15.

41. Taylor, R.G. (1970). BOAC hangar 01 at Heathrow – airport of Boeing 747 airlines. *Structural Engineer*, nr. 9, 11 – 14.
42. Швиденко В. И. Монтаж строительных конструкций. Київ: Будівельник, 1973. 310 с.
43. Швиденко В. И. Монтаж высотных зданий. Киев: Будівельник, 1977. 152 с.
44. Швиденко В. И. Монтаж строительных конструкций. Учебное пособие для студентов строительных институтов. Харків: Вища школа, 1982. 240 с.
45. Павловский Н. П., Сытник Н. П. Монтаж сооружений методом подрачивания. Київ: Будівельник, 1975. 120 с.
46. Fligier, K., Rowinski, L. (1977). Montaz zintegrowanych konstrukcji budowlanych. *Pansnwowe naukowe*, Warszawa, 290.
47. Жуков А. А. Оптимизация технологии и организации строительства. Київ: Будівельник, 1977. 182 с.
48. Таукач Г. Л., Черненко В. К., Антоник П. И. и др. Система обоснования и выбора метода производства работ. Київ: Будівельник, 1977. 136 с.
49. Таукач Г. Л. Научные основы организации труда в строительстве. (2-е издание). Київ: Вища школа, 1978. 246 с.
50. Андрусенко А. Н., Воропаев А. П. Конвейерная сборка и монтаж покрытий из легких конструкций. Київ: Будівельник, 1979. 144 с.
51. Завадскас Э. К. Основы оптимизации строительного производства. Вильнюс: ВИСИ, 1979. 75 с.
52. Ziólko, J., Orlik, G. (1980). Montař konstrukcji stalowych. *Wydawnictwo Arcady*, Warszawa. 284.
53. Персион А. А., Седых Ю. И., Маркман Ю. Н. Справочник монтажника специальных сооружений. Київ: Будівельник, 1981. 274 с.
54. Нижниковский Г. С., Резниченко П. Г. Технология монтажа металлических конструкций. Київ-Донецьк: Вища школа, 1981. 236 с.

55. Нижниковский Г. С., Давыдов В. А., Диденко Л. М., Колесник Л. А. Монтажные работы при реконструкции промышленных предприятий. Київ: Будівельник, 1982. 172 с.
56. Канюка Н. С., Резуник А. В., Новацкий А. А. Комплексная механизация трудоемких работ в строительстве. Київ: Будівельник, 1981. 232 с.
57. Федоренко П. П. Эффективность сборочно-монтажного конвейера / П. П. Федоренко, Ю. И. Зыбин. Київ: Будівельник, 1983. 96 с.
58. Федоренко П. П. Теоретичне обґрунтування і розробка основ технології монтажу легких металевих конструкцій з застосуванням системи напівавтоматичних пристроїв: автореф. дис... д. техн. наук: 05.23.08. Харків, 1994. 37 с.
59. Колесниченко В. Г. Технология монтажа металлических конструкций. [учебник для вузов]. Київ: Вища школа, 1984. 207 с.
60. Литвинов О. О., Беляков Ю. И., Батура Г. М. Технология строительного производства. Київ: Вища школа, 1984. 479 с.
61. Kintly, B., Imrich, P. Mechanizácia a prevádzanie stavieb. Kniha I. VŠT, Košice, 1985. 180.
62. Kintly, B., Juríček, I. Mechanizácia a prevádzanie stavieb. Kniha I. SVŠT, Bratislava. 1990. 240.
63. Тонкачев Г. Н. Формирование и оптимизация комплектов приспособлений для выверки и временного закрепления строительных конструкций: автореф. дис... канд. техн. наук: 05. 23. 08. Днепропетровск, 1985. 23 с.
64. Балицкий В. С. Программно-целевое совершенствование работы строительных организаций. Київ: Будівельник, 1987. 160 с.
65. Балицкий В. С., Белостоцкий Т. П., Третьяк О. Б. Типовая технология реконструкции промышленных предприятий. Киев: Будівельник, 1988. 98 с.
66. Козловский Л. К., Ланда С. Л., Аркуша В. И. Полносборный монтаж большепролетного покрытия. *Монтажные и специальные работы в строительстве*. 1987, № 4, С. 13 – 16.

67. Колесник Л. А., Шнайдер А. И., Черненко В. К. Крупноблочный монтаж строительных конструкций. Київ: Будівельник, 1990. 320 с.
68. Колесник Л. А. Использование грузоподъемных устройств при монтаже. *Промышленное строительство и инженерные сооружения*. 1987, Выпуск 2, С. 4 – 5.
69. Резуник А. В., Беляков Ю. И. Технология и комплексная механизация строительно-монтажных работ. Київ: Вища школа, 1987. 263 с.
70. Ливинский А. М. Организация поточного производства выполнения работ. Київ: Будівельник, 1988. 119 с.
71. Черненко В. К. Обоснование и разработка технологии и средств механизации монтажа крупноблочных строительных конструкций: автореф. дисс. ...д-ра техн. наук: 05.23.08. Київ, 1991. 35 с.
72. Zapletal, I. 1990 Mechanizácia a prevádzanie stavieb. Technológia inžinierských stavieb. Kniha III. SVŠT, Bratislava, 1990. 210.
73. Игольников В. М., Черненко В. К., Беляев В. В. Технология возведения объектов из комплектно-блочных устройств. Київ: Будівельник, 1991. 144 с.
74. Черненко В. К., Тонкачеев Г. М. Особливості розвитку технології і методології проектування монтажної оснастки. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*: збірник наукових праць. Київ: КНУБА, 2003, Вип 12, С. 56-61.
75. Тонкачеев Г. Н. Основы формирования и выбора комплектов монтажной оснастки в строительстве. *Містобудування та територіальне планування*: Збірник наукових праць. Київ: КНУБА, 2003, Вип 14. С. 185-189.
76. Тонкачеев Г. Н. Функционально-модульная система формирования комплектов строительной оснастки [монография] / под. ред.: Тонкачеев Г.Н. Київ: Блудчий М.І., 2012. 158 с.
77. Тонкачеев Г. Н. Функционально-модульная система формування комплектів будівельної оснастки: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.08. Киев, 2012. 38 с.

78. Осипов О. Ф., Черненко К. В. Дослідження технологічних процесів укрупнення і піднімання великорозмірних покриттів із застосуванням вантажопідйомних крокуючих модулів. *Управління розвитком складних систем*. 2014. №19, С.164 -174.

79. Осипов А. Ф. Система обоснования и выбора организационно-технологических решений реконструкции зданий: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.08. Киев, 2015. 44 с.

80. Osipov, A.F., and Chernenko, K.V. (2020) Information Model of the Process of Lifting Long-Span Roof. *Science innov.* V. 16, no. 4, 3 - 10. <https://doi.org/10.15407/scine16.04.00>

81. Черненко К. В. Історія, стан і перспективи будівництва будинків і споруд з великорозмірними покриттями. *Техніка будівництва*. Київ: КНУБА, 2011, Вип. 27, С.36 - 41.

82. Черненко К. В. Основні положення методики вибору технології піднімання укрупнених надважких і великорозмірних покриттів з одночасним влаштуванням постійних опор. *Техніка будівництва*. Київ: КНУБА, 2012, Вип. 28, С. 46-51.

83. Черненко К. В. Визначення організаційно-технологічних рішень методів монтажу великорозмірних покриттів. Симферополь: *Строительство и техногенная безопасность*. НАПСК, 2012, Вып.44. С. 69 - 76.

84. Черненко К. В. Технологічні особливості вантажопідйомного крокуючого модуля (ВПКМ) та його встановлення при монтажі покриттів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. Збірник наукових праць. Київ: КНУБА, 2012, Вип. 27, С. 211 – 218.

85. Черненко К. В. Технологія піднімання великорозмірних покриттів з одночасним влаштуванням постійних опор: дис. ...канд. техн. наук: 05.23.08. Одеса, 2013. 169 с.

86. Tonkacheiev H.M., Rashkivskyi V.P., Rudnieva I.M., Dubovyk I.V. (2021). Investigation of labour intensity and duration of the assembly processes of structural

covering blocks. *Strength of Materials and Theory of Structures*. Kyiv: KNUBA, Iss. 110, 393-403. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.110.393-403>

87. Tonkacheiev, H., Rashkivskyi, V., & Sobko Yu. (2022). Prerequisites for the creation of lifting and collecting technological modules for the installation of structural blocks of the coating. *AD ALTA*: No.12/01/XXVII. 204–206. http://www.magnanimitas.cz/ADALTA/120127/papers/J_05.pdf

88. Черненко В. К. Организационно-технологическая структура и классификация методов монтажа строительных конструкций. Приморск: НРБ, Сборник докладов НИР, 10 – 13.05. 1986, С. 244 - 248.

89. Черненко В. К. Основные положения теории монтажа строительных конструкций. Лейпциг: *IX Интерконгресс индустриального строительства*. Тезисы докладов, 18 – 21.06. 1991, С.111.

90. Черненко В. К., Беляков Ю. И. Монтаж конструкций большепролетных зданий. *Промышленное строительство и инженерные сооружения*. 1987, № 1, С. 40 – 44.

91. Таукач Г. Л., Черненко В. К., Антоник П. И., Федосова Е. В. Система обоснования и выбора метода производства работ. Київ: Будівельне виробництво. Будівельник. 1977, выпуск 16, С. 3 – 10.

92. Ignatenko O. (2024). Dialectics of the formulation of organizational and technological structures and classification of methods for Installation of building structures. *Slovak International Scientific Journal*, 88, 14–22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13926488>

93. Ignatenko O. The determination of organizational and technological structures and classification of methods for installation of building structure. XI International Scientific and Practical Conference «*Science in modern society*»: conference proceedings Beijing, China, September 30, 2024). 27 – 36. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13861164>

94. Ignatenko A. (1991). Metodika voľby tradičných metód a návrh netradičných technológií mohtáže strešných sústav. Kandidátska dizertačná práca: 36-03-9 Technológia stavieb. Školiteľ Belo Kintly. Bratislava: STU, 111.

95. А.с. № 994395 СССР, МКИ В 66 F 3/46. Шаговый подъемник / Сытник Н. П., Назаренко В. Ф., Колесник Л. А., Иванов И. В., Кузьменко В. С., Шнайдер А. И., Желтянников П. А., Вертиев С.В. (СССР) - №3324856/27-11; Заявлено 15.07.91; Оpubл. 07.02.93, Бюл. № 5.

96. Овсянников Н. И., Ворончук Г. И., Гельфанд Б. Л. Монтаж металлоконструкций покрытия большепролетного здания методом надвижки. *Монтажные и специальные работы в строительстве*. 1990, №2, С.14-19.

97. Осауленко В. Ф., Старченко А. И., Калмыков В. Г. Монтаж покрытий бескрановых зданий методом надвижки многопролетных блоков. *Монтажные и специальные работы в строительстве*. 1985, №5, С.13-14.

98. Тюшка М. М., Иванов И. В. Подъемник гидравлический шаговый ПГШ – 300. Техническое предложение. Киев: *Укрспецмонтажпроект*, 1990. 20 с

99. ДСТУ Б Д.2.2-9:2012. Металеві конструкції. Збірник 9. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: *Мінрегіон України*, 2012. 6 с.

100. Черненко В. К., Игнатенко А. А., Слинченко В. С., Глущенко И. В. Развитие технологии бескранового монтажа покрытий. *Промышленное строительство и инженерные сооружения*. 1991, №3, С.26 - 27.

101. Ignatenko O. (2024). The improvement of the technology of lifting large-size roof the method of column growing. *Slovak International Scientific Journal*, 80, 20 - 25. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10480860>

102. Ignatenko A. (1991). Metodika voľby tradičných metód a návrh netradičných technológií montáže strešných sústav. Autoreferát kand. dizertačnej práce: 36-03-9 Technológia stavieb. Školiteľ Belo Kintly - Bratislava: STU, 19.

103. Игнатенко А. А., Глущенко И. В., Картун В. П., Томашевичева В. П. Развитие технологии монтажа покрытий. Киев: АП НИИСК, научно-технический сборник, 1992, вып. 32, С. 21 - 26.

104. Игнатенко А. А., Глущенко И. В. Развитие технологии подъема покрытий гидроподъемными установками. *Промышленное строительство и инженерные сооружения*. 1992, №1, С.26 - 27.

105. Ігнатенко О. О. Розвиток безкранових технологій підйому великопрольотних покриттів. 1st International Scientific and Practical Internet Conference “*Impact of Artificial Intelligence and Other Technologies on Sustainable Development*”: conference proceedings (Dnipro, Ukraine, December 28-29, 2023). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 66 - 69. <http://www.wayscience.com/en/1st-conference-december-28-29-2023/>

106. Ігнатенко О. О. Розвиток технології безкранового підйому великопрольотних покриттів з застосуванням методу підрощування колон. *Проблеми та перспективи розвитку науки, освіти, технологій і суспільства: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (Кропивницький, 29 листопада 2023 р.) у 3 ч. Кропивницький: ЦФЕНД, 2023. Ч. 3, С. 39 – 42. <https://www.economics.in.ua/2023/12/11-29-3.html>

107. Ігнатенко О. О. Удосконалення технології підрощування колон при безкрановому підйомі великопрольотних покриттів. *Наука, освіта та суспільство: світові тенденції та регіональний аспект: збірник тез доповідей міжн. наук.-практ. конф.* (Кременчук, 18 грудня 2023 р.). Кременчук: ЦФЕНД, 2023. С. 58 - 63. <https://www.economics.in.ua/2023/12/18-2023.html>

108. Ігнатенко О. О. Розвиток технології зведення великопрольотних покриттів з використанням підйомних модулів. 5th International Scientific and Practical Internet Conference “*Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Winter Debates*”: conference proceedings (Dnipro, Ukraine, February 8 - 9, 2024). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 82 - 87. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-5-8-9-lyutogo-2024/>

109. Osipov, O., & Ignatenko, O. (2024). Innovation Technologies for Constructing Large-Span Coverings Using Lifting Modules. *Science and Innovation*, 20(5), 83–94. <https://doi.org/10.15407/scine20.05.083>

110. Ignatenko O.O. The development of methods for crane-less lifting of long-span roofs. International Electronic Scientific and Practical Journal «WayScience», Vol. 6 (№ 2). Ukraine, Dnipro: FOP Marenichenko V.V., 2023, 48 – 57. <http://www.wayscience.com/en/vol-6-2-2023-2/>

111. Ігнатенко О. О. Використання крокових підйомників при зведенні великопрогонових покриттів промислових і цивільних об'єктів. *Сучасний стан та пріоритети модернізації науки, освіти та технологій*: збірник тез доп. міжн. наук.-практ. конф. (Біла Церква, 10 січня 2024 р.) у 3 ч. Біла Церква: ЦФЕНД, 2024. Ч.3, С. 16 - 21. <https://www.economics.in.ua/2024/01/10-3.html>
112. Собко Ю. Т., Новак Є. В. Дослідження методів піднімання структурних великорозмірних покриттів одноповерхових промислових споруд. *Сучасні технології та методи розрахунків в будівництві*. 2015, Вип. 3, С. 157-162.
113. Собко Ю. Т. Аналіз роботи домкратних пристроїв, які використовуються для монтажу структурних покриттів великих розмірів. *Сучасні технології та методи розрахунків в будівництві*. 2015, Вип. 3, С. 163-170.
114. Taiwan Gears up to raise the roof. (1983). *New Construction Engineering International*. nr.418, 34.
115. Lifting of roof. (1987). *Construction industry International*. vol.3, nr.7, 9.
116. Record – setting houses jumbo jets in Toronto. (1982). *Construction Industry Engineering*. nr.3, 82.
117. 1.100 tons of roof coming up. (1982). *Engineering News- Record*, vol. 208, nr. 7, 28.
118. Huge hangar raised in records time. (1981). *World Construction*, vol. 34, nr. 10, 161 – 165.
119. The aircraft hangar in Beijing Daxing International Airport. (2018). URL: <http://en.people.cn/n3/2018/0905/c90000-9497662.html> (дата звернення 5.8.2024).
120. Магафуров Д. Б., Медведева Т. С. Бескрановый монтаж большепролетного покрытия. *Монтажные и специальные работы в строительстве*. 1985, №4, С.13 – 16.
121. Kabando, E.K., Shen, L., Zhang, X. (2017). Capacity analysis, investigations and retrofitting of a long span steel grid hangar. *Engineering Failure Analysis*, vol.78, 2-14. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2017.02.012>

122. MAMMOET (2021). Stand jack lifts, slide, support and transfer large and heavy loads along straight line. - URL: <https://www.mammoet.com/resources/piet-explains-strand-jacks/> (дата звернення 10.08.2024).

123. Ruan, R., Lai, M., & Lin, Y. (2023). Integral Lifting of Steel Structure Corridor between Two Super High-Rise Building under Wind Load. *Buildings*. 13. 2441, 2-19. <https://doi.org/10.3390/buildings13102441>

124. Нижниковский Г. С., Гуревич Э. И., Ланда С. Л. Крупноблочный монтаж промышленных зданий и сооружений. Київ: Будівельник, 1979. 256 с.

125. Лубенець В. Г., Зельцер Р. Я., Титок В. В. Будівельні крани: посібник. Київ : КНУБА, 2012. 204 с.

126. Plagemann W. Hub Montage eines Raumwachswerkes. *Bauingenieur*. 1981, 412.

127. Kühn, E. (1984). Priestorové strešné konštrukcie. 2 diel, Bratislava: Vydavateľstvo ALFA, 420.

128. Колесник Л. А., Ткаченко В. П., Шнайдер А. И. Монтаж блоков кровельного покрытия массой до 1200 тонн. *Монтажные и специальные работы в строительстве*. 1982, №3. С. 14 – 18.

129. Игнатенко А. А. Подъем покрытий методом комбинированного подрачивания. Киев: КИСИ. Тезисы докладов 53-й научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов, 1992. С.123 - 124.

130. Ignatenko, O. (2024).Improvement of structural and technological solutions for the erection of large-span coatings using the pushing method. *Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft*, 83, 40–45. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12656956>

131. Ignatenko O. (2024). Taking advantage of the pull-up method for erection of taking large-span coatings with lifting modules. *Sciences of Europe*, 144, 62–66. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12739964>

132. Назаренко І. І., Німко Ф. О. Вантажопідіймальна техніка (конструкції, ефективне використання, сервіс). Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Видавничий дім «Слово», 2010. 400 с.
133. Пелевін Л. Є., Рашківський В. П. Структурний синтез гідро- та пневмосистем. Навчальний посібник. Київ : КНУБА, 2011, 80 с.
134. Тонкачєєв Г. М., Собко Ю. Т. Удосконалення конструктивно технологічних рішень монтажу блоків покриття вантажопідйомними встановлюючими модулями. Будівельне виробництво. НДІБВ, 2021, № 71, С. 10-14.
135. Черненко В. К., Собко Ю. Т. Безкранова технологія монтажу структурного покриття одноповерхових промислових споруд. Ефективні технології в будівництві. 2016, С.130 – 131.
136. Войтенко С. П. Математична обробка геодезичних вимірів. Метод найменших квадратів: навчальний посібник. Київ : КНУБА, 2005. 236 с.
137. ІГНАТЕНКО, О. (2025). Дослідження технологічних особливостей процесів зведення великопрогонових покриттів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(55), 13–23. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55\(1\).13-23](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(1).13-23)
138. Игнатенко А. А. Развитие технологии бескранового подъема покрытий. *Промышленное строительство и инженерные сооружения*. 1992, №3, С.16-17.
139. Игнатенко А. А. Непрерывная схема бескранового подъема покрытий. *Промышленное строительство и инженерные сооружения*. 1992, №4, С.17-18.
140. Ігнатенко О. О. Розвиток технології підйому покриттів методом комбінованого підрощування. *Будівництво України*. 1993, №1, С.19-20.
141. Ігнатенко О. О., Коваль М.М., Тюшка М.М., Іванов І.В. Технологія підйому покриттів гідропідйомними установками. *Будівництво України*. 1993, №2, С.25-26.
142. Ігнатенко О. О. Застосування гідропідйомників для підйому покриттів. *Будівництво України*. 1994, №1, С.22-23.
143. Ігнатенко О. О. Вдосконалення конструктивно-технологічних рішень зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. Міжнародний

науково-технічний форум Київ: Ліра-К, 2024. С. 116

https://drive.google.com/file/d/1TpA1Hh7c71ChP79W55YV0wPz_pUvVnWz/view

144. Менейлюк А. И. Современные технологии в строительстве: Учебник для студентов высших учебных заведений. Київ: Освіта, 2010. 549 с.

145. Ignatenko O. (2024). Use of step lifting modules for erection of large-size coatings. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, 67 – 72.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.12746293>

146. Ignatenko O. (2024). Improvement of the method of growing column for erection of large-span coatings. *The Scientific Heritage*, 140, 24–28.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.12720650>

147. Ignatenko O. Improvement of structural and technological solutions for erection of large-span coatings by crane-free methods. X International Scientific and Practical Conference «*Theoretical and practical perspectives of modern science*»: conference proceedings (Stockholm, Sweden, Jul 13 – 14, 2024). 61 – 67.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.12745671>

148. Барч И. З., Кутовой Э. Н. Строительные краны: Справочное пособие. Київ: Будівельник, 1974. 336 с.

149. Terex-Demag AC 1000 All Terrain Crane. (2013). Crane network. - URL: <https://cranenetwork.com/crane/all-terrain-cranes/terex-demag/ac-1000/171226> (дата звернення 10.12.2024).

150. Liebherr LTM 11200-9.1. (2007). The Max Bögl Group'2007. - URL: https://uk.wheelsage.org/category/crane/liebherr_ltm_11200-9.1/pictures/wrg07m (дата звернення 16.12.2024).

151. XCMG Xca5000. (2012). High Quality 5000. All Terrain Crane. - URL: <https://oriemac.en.made-in-china.com/product/WnlrtKoUOmhv/China-High-Quality-5000-Ton-All-Terrain-Crane-Xca5000-Truck-Crane-Mobile-Crane.html> (дата звернення 16.12.2024).

152. Zoomlion ZACB01. (2012). The biggest crane in the world. - URL : <https://www.ixbt.com/live/car/kak-vyglyadit-samy-bolshoy-avtokran-v-mire-zacb01-s-gruzopodemnostyu-2000-tonn.html> (дата звернення 28.12.2024).

153. LIEBHERR LR 13000 (2024). The most powerful crane in the world. - URL: <https://www.trucks-cranes.nl/english/cranes/liebherr/helling1300.html> (дата звернення 10.12.2024).
154. MAMMOET (2024). Mammoet launches world's biggest land-based crane. - URL: <https://www.world-nuclear-news.org/articles/mammoet-launches-worlds-biggest-land-based-crane> (дата звернення 15.11.2024).
155. LIEBHERR LTM 1100-4.2. (2024). 100 T. All Terrain Crane. - URL: <https://www.premiercranes.com.au/mobile-crane-hire/100t-liebherr-crane> (дата звернення 28.12.2024).
156. Zoomlion R2000-720. (2023). Zoomlion introduced the world's largest tower crane. - URL: <https://specmachinery.com.ua/news/build/10676-zoomlion-predstavyv-naibilshyi-u-sviti-bashtovyi-kran> (дата звернення 29.12.2024).
157. JACO GRUA TORRE TOWER CRANE J110N. (2024). - URL: <http://vysota-k.com.ua/ua/bashtovi-krani.html> (дата звернення 29.12.2024).
158. Ignatenko O. (2024). Taking advantage of pulling and pushing methods in the development of technologies for lifting large-span coatings. Slovak International Scientific Journal, 82, 9 - 14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10952884>
159. Ігнатенко О. О. Використання переваг методу підтягування для зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. 5th International Scientific and Practical Internet Conference “*Ways of Science Development in Modern Crisis Conditions*”: conference proceedings (Dnipro, Ukraine, June 13 – 14, 2024). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 82 - 86. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-5-13-14-chervnya-2024/>
160. Ігнатенко О. О. Використання підйомних модулів при зведенні великопрольотних покриттів промислових об’єктів. International scientific-practical conference “*Vectors of science, education and technology development in the context of globalization*”: conference proceedings (Tampere, Finland, December 20, 2023). Tampere, Finland: Scholarly Publisher ICSSH, 2023. 46 - 51. <https://www.economics.in.ua/2023/12/20-2023.html>

161. Ігнатенко О. О. Розвиток технології підйому великопрольотних покриттів зі спиранням на підрощувальні колони. *Перспективні напрямки розвитку науки, освіти та технологій: теорія і практика*: збірник тез доповідей міжн. наук.-практ. конф. (Ізмаїл, 22 грудня 2023 р.). Ізмаїл: ЦФЕНД, 2023. С. 39 - 45. <https://www.economics.in.ua/2023/12/22-2023.html>

162. Ігнатенко О. О. Використання методу комбінованого підрощування колон для підйому великопрольотних покрівельних конструкцій. *Перспективи розвитку науки, освіти і технологій в Україні та світі*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конф. (Житомир, 11 груд. 2023 р.). Житомир: ЦФЕНД, 2023. С. 55 - 59. <https://www.economics.in.ua/2023/12/11-2023.html>

163. Ігнатенко О. О. Розвиток технології підйому покрівельних конструкцій. International scientific-practical conf. “Current issues of science, education and technology in Ukraine and the world”: conference proceedings (Tampere, Finland, December 29, 2023). Tampere, Finland: Scholarly Publisher ICSSH, 2023. 59 - 64. <https://www.economics.in.ua/2023/12/20-2023.html>

164. Ігнатенко О. О. Використання методу виштовхування для зведення великопрольотних покриттів підйомними модулями. 1st International Scientific and Practical Internet Conference “*Interdisciplinary Approaches to Tackle Global Challenges and Promotion of Innovative Solutions*”: conference proceedings (Dnipro, Ukraine, March 14 - 15, 2024). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 117 - 122. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-1-14-15-bereznaya-2024/>

165. Ігнатенко О. О. Використання переваг методу виштовхування при зведенні великопрогонових покриттів підйомними модулями. International scientific-practical conference “*Current state and modernization priorities of science, education and society*”: conference proceedings (Aarhus, Denmark, May 24, 2024): in 2 parts. Aarhus, Denmark: Scholarly Publisher ICSSH, 2024. Part 1, 51 - 55. <https://www.economics.in.ua/2024/05/24-1.html>

166. The VSL hydraulic strand lifting system (2012). Heavy Lifting. - URL: <https://vsl.com/home/technologies/heavy-lifting/> (дата звернення 31.12.2024).

167. SARENS GROUP (2024). Direct Industry. Innovative solutions for hydraulic lifting system. - URL: <https://www.directindustry.com/prod/sarens-group/product-111959-1057327.html> (дата звернення 12.09.2024).

168. ENERPAC (2022). The Jack-Up System with a lifting capacity of 2,000 metric tons (500 tons per unit). - URL: <https://www.enerpac.com/en-us/jack-up-systems/USJackupSystems> (дата звернення 15.11.2024).

169. FAGOLI. (2024). Modular jack-up system. Innovative software and hardware for lifting systems with hydraulic Stand Jacks. - URL: <https://www.fagioli.com/en/heavy-lifting> (дата звернення 10.09.2024).

170. Ігнатенко О. О. Використання гідропідйомних установок для зведення великопрольотних покриттів промислових будівель. *Стратегічні орієнтири розвитку науки, освіти, технологій та суспільства: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конф. (Полтава, 12 грудня 2023 р.)*. Полтава: ЦФЕНД, 2023, С.39-42. <https://www.economics.in.ua/2023/12/12-2023.html>

171. Ігнатенко О. О. Удосконалення технології зведення великопрольотних покриттів підйомними модулями. International scientific-practical conference “Current issues of science, education and technology in modern conditions”: conf. proceed. (Aarhus, Denmark, 12.03.2024). Aarhus, Denmark: Scholarly Publisher ICSSH, 2024. 63 – 66 <https://www.economics.in.ua/2024/03/12-03-2024.html>

172. DLT Engineering. (2010). BHEL Western Division 370 ton capacity strand jack system. - URL: https://www.dlteng.com/en/projects/BHEL_western.htm (дата звернення 10.09.2024).

173. ULTRACON (2022). The Stand Lifting Units (SLU). Integrated Business Park Development. Singapore. - URL: <https://utracon.com/ucplwp/index.php/the-strand-lifting-unit-slu/> (дата звернення 16.09.2024).

174. FAGOLI. (2022). STRAND JACKS AND TOWER LIFT SYSTEM. - URL: <https://www.fagioli.com/en/heavy-lifting> (дата доступу 10.09.2024).

175. FAGIOLI. (2024). The Climbing Jacks System 300 – 600 ton. - URL: <https://www.fagioli.com/en/heavy-lifting> (дата звернення 01.01.2025).

176. Ignatenko O. (2024). Improvement of technological solutions for erection of large-span coatings by lifting modules. *Science – Technology - Innovation*. Abstracts of the 69th International scientific and practical conference. Pegas Publishing, Canada. 38 - 44. <http://el-conf.com.ua/>

177. Ігнатенко О. О. Використання підйомних модулів для зведення великопрольотних покриттів. International scientific-practical conference “*Science, education and technology: global trends and the regional aspect*”: collection of materials (Tampere, Finland, 3.02.2024). Tampere, Finland: Scholarly Publisher ICSSH, 2024. 39 - 43. <https://www.economics.in.ua/2024/02/3.html>

178. Ігнатенко О. О. Вдосконалення технологічних рішень методу підрощування колон при зведенні великопрольотних покриттів підйомними модулями. 3rd Internet Conference “*Scientific Research and Innovation*”: conf. Proc. (Dnipro, Ukraine, 04. 18 – 19, 2024). Dnipro, Ukraine: Marenichenko, 114 - 118. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-3-18-19-kvitnya-2024/>

179. Ignatenko O. (2024). Improvement of technological solutions for erection of large-span coatings with lifting modules. *Slovak International Scientific Journal*, 84, 28 - 34. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11624363>

180. Ігнатенко О. О. Вдосконалення технологічних рішень зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. 3б. тез доповідей XIV Міжнародної наук.-практ. конф. (м. Чернігів, 23.05.2024 р.) 2024. С.163 – 164. <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/materiali-konferentsiyi/kzyatps-2024/>

181. Ігнатенко О. О. Вдосконалення технологічних рішень зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: збірник наукових праць*. Київ: КНУБА, 2024, Вип. 53(1), С. 111-121. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53\(1\).111-121](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(1).111-121)

182. Oleksandr Ignatenko, Volodymyr Rashkivskyi, Natalia Zozulia (2024). Improvement of structural and technological solutions for erection of large-span coatings using lifting modules. *Theory and Buildings Practice*. Vol. 6, No. 2, 1-6. <https://doi.org/10.23939/jtbp2024.02>

183. Ігнатенко О. О. (2024). Оптимізація технологічних процесів зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. Нові технології в будівництві. №44, С. 29 – 36. <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2024.44.5>

184. Ignatenko O., & Storozhev S. (2025). Researching of the labor intensity of the main installations during the construction of large-span coatings. Slovak International Scientific Journal, 91, 3–8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14636705>

185. Ignatenko, O., Storozhev, S. (2025). Analysis of technological features of installation machines and mechanisms used in the construction of large-span coatings. The Scientific Heritage. International Scientific Journal, 153, 78 – 85. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14729661>

186. РАШКІВСЬКИЙ, В., ІГНАТЕНКО, О. (2025). Аналіз технологічних особливостей використання монтажних машин і механізмів при зведенні великопрогонових будівель. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2(55), 55–66. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55\(2\).55-66](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(2).55-66)

187. Hennadii Tonkacheiev, Oleksandr Ignatenko, Volodymyr Rashkivskyi, Natalia Zozulia, Kateryna Nosach, Yuri Zaiets (2024). Latest technology for erection of large-span coatings using lifting modules. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology. Volume XVI, Issue 9, 99 – 109. <https://xajzkjdx.cn/volume-xvi-issue-ix-september-2024/>

188. Volodymyr Rashkivskyi, Oleksandr Ignatenko, Roman Demianenko, Andrii Kozak, Iryna Dubovyk, Yurii Zaiets. (2024). Research of the interconnections of the "structure - technology - mechanized equipment" system in the construction of frame buildings. Strength of Materials and Theory of Structures, 113, 337 – 344. <http://omtc.knuba.edu.ua/issue/view/18619>

189. Кононюк А. Е. Обобщенная теория моделирования. Начала. К.1.Ч.1 Київ:"Освіта України", 2012. 602 с.

190. Осипов А. Ф. Адаптивные динамические трансформирующиеся технологические системы. Методология проектирования организационно-технологических решений реконструкции зданий. Київ: Ямчинський, 2022. 393с.

191. Гончаренко Д. Ф., Шулипа А. Н., Панченко В. А. Сокращение трудоемкости монтажа сборных железобетонных конструкций. Київ: Будівельник, 1990. 144 с.
192. Рашківський В. П., Ігнатенко О. О., Тонкачєєв Г. М., Дубовик І. В., Заєць Ю. В. Спосіб монтажу покриття : заявка на винахід ; заявл. 06.2024, № а202403034, Укрпатент.
193. Рашківський В. П., Ігнатенко О. О., Тонкачєєв Г. М., Дубовик І. В., Заєць Ю. В. Будівельний підйомний модуль : заявка на винахід ; заявл. 06.2024, № а202403035, Укрпатент.
194. Ігнатенко О. О. Використання підйомних модулів при зведенні великопрогонових покриттів в умовах щільної забудови. Internat.Scientific and Practical Conference “Modern Challenges in Science, Education, and Society: A Global Context”: (Stanford, USA, September 6, 2025). Stanford, USA: Golden Quill Publishing, 2025. 212 - 215. <https://www.economics.in.ua/2025/09/06.html>
195. ІГНАТЕНКО, О. (2024). Використання переваг методу підтягування при зведенні великопрогонових покриттів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(54), 82–90. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54\(1\).82-90](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(1).82-90)
196. Технологія будівельного виробництва: Підручник / М. Г. Ярмоленко, Є. Г. Романушко, В. І. Терновий та ін.; За ред. М. Г. Ярмоленка. 2-ге вид., допов. і переробл. Київ : Вища шк., 2005. - 342 с.
197. Будников М. С. Недавний П. И., Рыбальский В. И. Основы поточного строительства. Киев: Госстройиздат, 1961. 415 с.
198. Черненко В. К., Беляев В. В., Игнатенко А. А. Транспортно-монтажные работы с применением КБУ. Промышленное строительство и инженерные сооружения. 1990, №3, С.11 - 12.
199. Черненко В. К., Слинченко В. С., Игнатенко А. А., Разработка поточной технологии и транспортно-монтажного средства для строительства объектов инфраструктуры из КБУ в условиях Крайнего Севера. Гос. Рег. № 02880026106. Киев: КИСИ, Сборник НИР и ОКР. 1990, №14. 40с.

200. Черненко В. К., Слинченко В. С., Игнатенко А. А. Разработка технологии производства работ с применением транспортно-монтажного средства г/п 1000 тн с оптимальными экологическими параметрами в условиях Крайнего Севера. Гос. Рег. № 02900026383. Киев: КИСИ, Сборник НИР и ОКР. 1990, №2. 50 с.

201. Скрипник О. Г. Функционально-стоимостный анализ при проектировании изделий. Киев: Техника, 1990. 160 с.

202. РАШКІВСЬКИЙ, В. , ІГНАТЕНКО, О. (2024). Особливості визначення напрямів розвитку будівельного технологічного оснащення. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(54), 189–198. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54\(1\).189-198](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(1).189-198)

203. Tonkacheiev, H. ., Ignatenko, O. ., Rashkivskyi, V. ., Dubovyk, I. ., & Zaiets, Y. . (2024). Innovation in technology solutions for erecting large-span coatings through module lifting. *Cadernos De Educação Tecnologia E Sociedade*, 17(se4), 246–256. <https://doi.org/10.14571/brajets.v17.nse4.246-256>

204. А.с. № 1716050 СССР, МКИ Е 04 G21/14, Е 04 В1/35, 7/10. Способ монтажа покрытия сооружения. Игнатенко А. А., Черненко В. К., Слинченко В. С. (СССР) - №4763645/33; Заявлено 04.12.89; Опубл. 29.02.92; Бюл. № 8.

205. А.с. № 1776631 СССР, МКИ В 66 F7/00. Шаговый подъемник. Игнатенко А. А., Вакуленко Б. И., Сытник Н. П., Иванов И. В., Черненко В. К., Тюшка М. М., Заславський М. С., Луценко Ф. А. (СССР) - №4880352/11; Заявлено 06.11.90; Опубл. 23.11.92; Бюл. № 43.

206. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Управління, організація, технологія. Інформаційний бюлетень. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ: *Мінрегіон України*, 2016. 52 с.

207. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12). [Чинний від 2012-04-01]. Вид. офіц. Київ: *Мінрегіон України*, 2012. 202 с.

208. Rashkivskyi, V., Demianenko, R., Ignatenko, O., & Zaiets, Y. (2024). The

system of filling the information model of construction structural elements. Transfer of Innovative Technologies, 7(1), 60–68. <https://doi.org/10.32347/tit.2024.71.02.08>

209. Rashkivskiy, V., Demianenko, R., Ignatenko, O., & Zaiets, Y. (2024). Formation of a system for monitoring construction processes during the construction of buildings. Transfer of Innovative Technologies, 7(2), 68–75. <http://tit.knuba.edu.ua/issue/view/18867>

210. Rashkivskiy V., Ignatenko O., Dubovyk I., & Zaiets Yu. (2024). Directions of the development of the construction technological equipment. Danish Scientific Journal, 91, 47 – 55. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14578109>

211. Hennadii Tonkacheiev; Oleksandr Ignatenko; Volodymyr Rashkivskiy; Natalia Zozulia; Kateryna Nosach; Yuri Zaiets (2024). Development of structural and technological solutions for the construction of large-span coatings by craneless methods. Edelweiss Applied Science and Technology. Vol.8, No. 6, 582-590. <https://doi.org/10.55214/25768484.v8i6.2130>

212. Рыбальский В. И. Автоматизированные системы управления строительством: (учебное пособие для студентов вузов строительных специальностей). Киев: Вища школа, 1974. 480 с.

213. А.с. № 1596047 СССР, МКИ Е 04 G21/14. Устройство для монтажа покрытия. Игнатенко А. А. (СССР) - №4497020/23-33; Заявлено 24.10.88; Опубл. 30.09.90, Бюл. № 29.

214. Rashkivskiy Volodymyr, Ignatenko Oleksandr, Zaiets Yuri. (2025). The composition of technological modules for orienting of building structures during the process of their installation in the design position. Deutsche International Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft, 95, 54–60. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14609665>

215. Rashkivskiy V., Ignatenko O., Dubovyk I., & Zaiets Yu. (2025). Concept of filling the levels of detail of mechanization of building erection technologies. Internat. Independent Scientific Journal, 69, 19 - 28. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14626484>

216. А.с. № 1679013 СССР, МКИ Е 04 G21/14. Устройство для монтажа покрытия. Игнатенко А. А., Черненко В. К., Черненко Т. В. (СССР) - №4755223/33; Заявлено 02.10.89; Опубл. 23.09.91; Бюл. № 35.

217. А.с. № 1701868 СССР, МКИ Е 04 G21/14, Е 04 В7/00. Устройство для подъема покрытия при монтаже . Игнатенко А. А. (СССР) - №4755915/33; Заявлено 03.11.89; Опубл. 30.12.91; Бюл. № 48.

218. А.с. № 1716052 СССР, МКИ Е 04 G21/14, В 62 D57/02. Шагающее транспортное средство. Черненко В. К., Слинченко В. С., Игольников В. М., Рутгайзер С. Л., Игнатенко А. А., Беляев В. В., Савилов А. В. (СССР) - №4737685/33; Заявлено 24.07.89; Опубл. 29.02.92; Бюл. № 8.

219. А.с. № 1729072 СССР, МКИ В62 D57/02. Шагающий движитель транспортного средства. Бут В. М., Черненко В. К., Игнатенко А. А. (СССР) - №4821274/11; Заявлено 09.04.90; Опубл. 15.07.92; Бюл. № 15 (ДСП).

220. А.с. № 1598400 СССР, МКИ В62 D57/02. Шагающий движитель транспортного средства/ Бут В. М., Игнатенко А. А., Черненко В. К., Пристайло Ю.П. (СССР) – №4666317/25-11; Заявлено 27.03.89; Опубл. 8.06.90

221. Пелевін Л. Є., Смирнов В. М., Гаркавенко О. М., Фомін А. А. Гідро- та пневмоприводи будівельних машин: Київ: КДТУБА, 2002. 328 с.

222. Савйовський В. В., Молодід О. С. Зведення спеціальних будівель і споруд: навчальний посібник. Київ: Видавництво Ліра-К, 2018. 248 с.

223. Москальова В. М., Батлук В. А., Кусковець С. Л., Филипчук В. Л. Охорона праці (питання та відповіді). Довідник. Львів: Магнолія. 2025. 350 с.

224. ДБН В.1.2-12-2008 Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. Основні положення. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ: *Мінрегіон України*, 2008. 34 с.

225. High-precision spatial monitoring of construction objects. – URL: <https://ngc.com.ua/info/monitoring-obyektov.html> (дата доступу 6.04.2025).

226. Leica Geosystems. Robotic tachymeters, GPS/GNSS receivers. - URL: <https://machine-control.chcnave.com/home> (дата доступу 6.04.2025).

227. Міца О. В., Лавер В. О. Системний аналіз. Навчально-методичний посібник. Ужгород : ПП «АУТДОР - ШАРК», 2021. 63 с.

228. Волошин О. Ф., Мащенко С. О. Теорія прийняття рішень. Навчальний посібник. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2006. 304 с.

229. Згуровский М. З., Панкратова Н. Д. Системний аналіз: Проблеми, методологія, застосування. Київ: Наукова думка, 2005. 743 с.
230. Бейко И. В., Бублик Б. Н., Зинько П. Н. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации. Київ: Вища школа, 1983. 512 с.
231. Ачкасов А. Є., Лушкін В. А., Охріменко В. М., Воронкова Т. Б. Теорія систем і системний аналіз. Навч. посібник. Харків : ХНУМГ, 2014. 167 с.
232. Панкратова Н. Д., Савченко І. О. (2009). Стратегія застосування методу морфологічного аналізу в процесі технологічного передбачення. Наукові вісті НТУУ “КПІ”: науково-технічний журнал, № 2(64), 35–44
233. ENERPAC. Hydraulic Cylinders and Jacks. When Every Lift Matters. – URL: <https://www.enerpac.com/> (дата звернення 20.11.2025).
234. Hi-Force. Hydraulic Tools – Cylinders and Jacks. – URL: <https://www.hi-force.com> (дата звернення 20.11.2025).
235. Yale Hydraulics. Hydraulic Cylinders and Lifting Equipment. – URL: <https://www.yalehydraulics.com> (дата звернення 20.11.2025).
236. Holmatro. Hydraulic Cylinders and Industrial Tools. – URL: <https://www.holmatro.com> (дата звернення 20.11.2025).
237. Zinko Hydraulic Jack. Industrial Hydraulic Jacks and Cylinders. – URL: <https://www.zinko.com> (дата звернення 20.11.2025).
238. REHOBOT. Single acting push cylinders for large loads CX. – URL: <https://www.rehobot.se/en/about-us/> (дата звернення 20.11.2025).
239. REHO Hydraulic. Hydraulic Jacks and Cylinders. – URL: <https://www.rehobrasil.com.br> (дата звернення 22.11.2025).
240. Gidrotilindr. Гідроциліндри та домкрати для будівельної техніки. – URL: <https://gidrotilindr.com.ua> (дата звернення 22.11.2024).
241. Hydro Hid. Гідравлічні системи та домкрати промислового призначення. – URL: <https://hydrogid.com.ua> (дата звернення 22.11.2025).
242. Techno Force. Домкрати та гідравлічні інструменти нового покоління. – URL: <https://technoforce.ua> (дата звернення 22.11.2025).

243. Пічкур В. В., Капустян О. В., Собчук В. В. Теорія динамічних систем. Навч. посібник. Луцьк : Вежа-Друк, 2020. 348 с.

244. Болтянський О. В., Теличко В. І. Застосування методу модельного аналізу при виборі технологічних схем монтажу великопрогонових конструкцій. Вісник Придніпровської держ. академії буд-ва та арх-ри. 2021, № 3 (89). С. 45–52.

245. Теличко В. І., Теличко О. В. Моделювання та оптимізація технологічних процесів у будівництві. Монографія. Київ: КНУБА, 2018. 248 с.

246. БАСАРАБ, В. . (2025). Методи моделювання технологічних процесів зведення будівель і споруд. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(55), С. 24–31. <https://orcid.org/0000-0003-2888-7398>

247. Лізунков О. В., Дарієнко В. В., Скриннік І. О. Організація будівництва. Навчальний посібник . Кропивницький: ЦНТУ, 2020. 145с.

248. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи . Норми проектування. [Чинний від 2012-04-01]. Вид. офіц. Київ: *Мінрегіон України*, 2006. 63 с.

249. ДБН В.1.2-14:2018 13 ЗМІНОЮ № 1. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ: *Мінрегіон України*, 2022. 33 с.

250. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення. [Чинний від 2012-04-01]. Вид. офіц. Київ: *Мінрегіон України*, 2012. 116 с.

251. ДСТУ Б В.2.8-39:2011. Засоби підмоцнювання. Загальні технічні умови.[Чинний від 2012-12-01]. Вид. офіц. Київ: *Мінрегіон України*, 2022. 9 с.

252. НПАОП 0.00-1.15-07 «Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті».[Чинний від 2007-06-15]. Вид. офіц. Київ: Держгірпромнагляд України, 2007. 108 с.

Додаток А

Таблиця А. 1

Процентні складові основних монтажних процесів при використанні технологій безкранового зведення великопрогонових покриттів

Конструктивно - технологічні характеристики досліджуваних варіантів зведення покриттів				Одиниця виміру	Варіанти зведення великопрогонових покриттів					
					ММ 1 В.1	ММ 2 В.2	ММ 3 В.3	ММ 3 В.4	ММ 4 В.5	ММ 4 В.6
Маса великопрогонового покриття				т	4 018	1 200	3 080	1 009	4 200	1 100
Проектна висота зведення покриття				м	28,0	34,0	15,4	19,2	24,0	24,0
Загальна площа поверхні покриття				м ²	17 280	5 184	10 584	1 770	5 968	6 912
Тривалість процесу зведення покриття (транспортування, підготовчі та монтажні роботи)				год	5080,9	565,8	1527,2	1026,0	623,2	533,0
Коефіцієнт передпідйомного укрупнення конструкції покриття				-	0,078	1,000	0,033	0,050	1,000	1,000
Процентна складова основних монтажних операцій	Транспортування "А"	Доставка елементів конструкцій в зону розвантаження і складування	A ₁	%	2,1	3,6	2,0	1,9	2,1	3,8
		Переміщення конструкцій в зони передньої збірки та укрупнення	A ₂	%	3,1	2,8	3,2	2,2	2,4	4,2
		Доставка конструкцій в зону підйому на проектну висоту	A ₃	%	1,7	4,1	3,8	3,9	6,8	3,9
		$\sum A_1 \div A_3$		%	6,9	10,5	9,0	8,0	11,3	11,9
	Підготовчі роботи "В"	Перевірка комплектності елементів покрівельної конструкції	B ₁	%	2,2	1,8	4,5	2,1	2,4	1,8
		Укрупнення сегментів покрівельних конструкцій	B ₂	%	28,2	37,4	14,4	10,0	22,5	36,2
		Підрізання несучих конструкцій покриттів	B ₃	%	9,5	7,2	0,8	2,2	5,0	4,9
		Оснащення захватними пристроями та з'єднувальними елементами	B ₄	%	2,2	5,1	2,3	6,1	3,7	1,9
		Перевірка геометричних розмірів покрівельних конструкцій	B ₅	%	1,6	4,1	1,8	3,7	3,0	4,0
		Підготовка кріпильних деталей для встановлення стиків	B ₆	%	0,9	0,9	2,2	4,2	3,4	1,2
		Антикорозійна обробка поверхонь покрівельних конструкцій	B ₇	%	2,1	1,4	1,7	1,8	4,4	1,9
		Розміщення монтажних механізмів в зоні майбутнього підйому покриттів	B ₈	%	2,00	3,7	6,1	10,7	4,6	4,8
		$\sum B_1 \div B_8$		%	48,7	61,6	33,8	40,8	49,0	56,7
	Монтажні роботи "С"	Оснащення та монтажне захоплення конструкцій	C ₁	%	3,2	5,6	3,2	5	1,9	3,9
		Підйом (переміщення) покрівельних конструкцій в проектне положення	C ₂	%	16,9	8,7	34,2	23,8	27,1	9,1
		Наведення, орієнтування та первинне встановлення покрівельних елементів	C ₃	%	4,0	2,6	6,5	5,2	4,6	8,9
		Визначення просторового положення покрівельних конструкцій	C ₄	%	4,2	5,4	1,9	4,6	1,3	1,8
		Тимчасове закріплення покрівельних конструкцій та тимчасових опор	C ₅	%	6,8	1,6	2,4	4,1	0,9	2,8
		Остаточне закріплення покрівельних конструкцій в проектному положенні	C ₆	%	7,5	0,6	2,7	4,7	1,3	3,0
		Демонтаж обладнання, задіяного в підйомі (переміщенні) покриттів	C ₇	%	1,8	3,4	6,3	3,8	2,6	1,9
		$\sum C_1 \div C_7$		%	44,4	27,9	57,2	51,2	39,7	31,4
	$\sum A_1 \div A_3 \cup \sum B_1 \div B_8 \cup \sum C_1 \div C_7$			%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Додаток Б

Таблиця Б. 1

Монтажно - технологічні показники досліджуваних варіантів зведення великопрогонових покриттів з використанням кранових та безкранових монтажних технологій. Методи монтажу ММ1 та ММ3.

ОСНОВНІ МЕТОДИ МОНТАЖУ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУВАЛИСЬ ПРИ ЗВЕДЕННІ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ ПОКРИТТІВ			ММ 1			ММ 3		
ДОСЛІДЖУЄМІ ВАРІАНТИ РЕАЛІЗОВАНИХ ПРОЕКТІВ ЗВЕДЕННЯ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ ПОКРИТТІВ			В 1	В 2	В 3	В 4	В 5	В 6
КОНСТРУКТИВНО - ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОСЛІДЖУЄМИХ ВАРІАНТІВ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ ПОКРИТТІВ	L_{ri}	ДОВЖИНА БЛОКУ ПОКРИТТЯ (М)	180,0	216,0	163,1	128,0	96,0	404,5
	W_{ri}	ШИРИНА БЛОКУ ПОКРИТТЯ (М)	96,0	60,0	73,5	129,0	54,0	97,5
	H_{ri}	ВИСОТА БЛОКУ ПОКРИТТЯ (М)	8,6	4,1	9,1	9,0	3,8	10,4
	F_i	ЗАГАЛЬНА ПЛОЩА БЛОКУ ПОКРИТТЯ (М ²)	17 280	12 960	11 988	16 512	5 184	39 939
	M_i	ЗАГАЛЬНА МАСА БЛОКУ ПОКРИТТЯ (Т)	4 018	3 000	1 325	5 300	1 200	7 200
	H_{di}	ВИСОТА ПРОЕКТНОГО ЗАКРІПЛЕННЯ БЛОКУ ПОКРИТТЯ (М)	28, 0	18,0	19,4	26,0	34,0	37,5
ПЕРЕМІЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПОКРИТТІВ ПРИ ЗВЕДЕННІ (ГОРИЗОНТАЛЬНА ПЛОЩИНА)	L_{si}	ВІДСТАНЬ МІЖ ЗОНАМИ СКЛАДУВАННЯ ТА УКРУПНЕННЯ (М)	120,0	100,0	85,0	15,0	12,0	95,0
	L_{li}	ВІДСТАНЬ МІЖ ЗОНАМИ УКРУПНЕННЯ ТА ПРОЕКТНОГО ЗАКРІПЛЕННЯ (М)	0	50,0	70,0	0	0	0
	$\sum_{i=1}^n L_{li}$	ЗАГАЛЬНА ВІДСТАНЬ МІЖ ЗОНАМИ СКЛАДУВАННЯ, УКРУПНЕННЯ ТА ПРОЕКТНОГО ЗАКРІПЛЕННЯ (М)	120,0	150,0	155,0	15,0	12,0	95,0
ПЕРЕМІЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПОКРИТТІВ ПРИ ЗВЕДЕННІ (ВЕРТИКАЛЬНА ПЛОЩИНА)	H_{si}	ПЕРЕВИЩЕННЯ ВИСОТНИХ ВІДМІТОК ЗОНИ УКРУПНЕННЯ НАД ЗОНОЮ СКЛАДУВАННЯ (М)	0	2,0	0	2,1	0	2,4
	H_{fi}	ПЕРЕВИЩЕННЯ ВИСОТНИХ ВІДМІТОК ЗОНИ ПРОЕКТНОГО ЗАКРІПЛЕННЯ НАД ЗОНОЮ УКРУПНЕННЯ (М)	28,0	16,0	19,4	23,9	34,0	35,1
	$\sum_{i=1}^n H_{fi}$	СУМАРНА ВИСОТА ПЕРЕМІЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПОКРИТТІВ В ПРОЦЕСІ ЗВЕДЕННЯ (М)	28,0	18,0	19,4	26,0	34,0	37,5
ТРИВАЛІСТЬ ПРОЦЕСІВ ЗВЕДЕННЯ ПОКРИТТІВ	t_{1i}	ТРИВАЛІСТЬ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПОКРИТТІВ МІЖ ЗОНАМИ СКЛАДУВАННЯ І УКРУПНЕННЯ ТА ПРОЦЕСІВ ПЕРЕДПІДЙОМНОГО УКРУПНЕННЯ (ГОД)	4 968,8	3 201,3	1 335,6	1 377,7	524,8	1 488,0
	t_{2i}	ТРИВАЛІСТЬ ПЕРЕМІЩЕННЯ ОКРЕМИХ ЧИ УКРУПНЕНИХ СЕГМЕНТІВ ПОКРИТТІВ НА ПРОЕКТНУ ВИСОТУ ТА ЗАКРІПЛЕННЯ (ГОД)	112,1	247,9	412,6	201,2	82,0	432,0
	$\sum_{i=1}^n t_{2i}$	ЗАГАЛЬНА ТРИВАЛІСТЬ ПРОЦЕСІВ ЗВЕДЕННЯ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ ПОКРИТТІВ (ГОД)	5 080,9	3 449,2	1 748,2	1 578,9	606,8	1 920,0
МОНТАЖНО - ТЕХНОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАРІАНТІВ ЗВЕДЕННЯ ПОКРИТТІВ	N_i	ПЕРЕДПІДЙОМНЕ УКРУПНЕННЯ СЕГМЕНТІВ ПОКРИТТІВ НА МОНТАЖНИХ СТЕНДАХ (-)	0,078	0,097	0,077	1,000	1,000	1,000
	V_{ti}	ЗАГАЛЬНА ШВИДКІСТЬ МОНТАЖНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЗВЕДЕННІ ПОКРИВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ (М/ГОД)	0,0291	0,0487	0,0998	0,0260	0,0758	0,0690
	P_{ei}	ЗАГАЛЬНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСІВ ЗВЕДЕННЯ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ ПОКРИТТІВ (Т/ГОД)	0,7908	0,8698	0,7579	3,3568	1,9776	3,7500
	E_{ti}	КОЕФІЦІЄНТ СКЛАДНОСТІ МОНТАЖНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЗВЕДЕННІ ПОКРИВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ (ГОД/Т)	1,2645	1,1497	1,3194	0,2979	0,5057	0,2667

Таблиця Б. 2

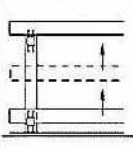
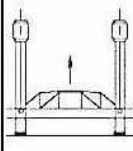
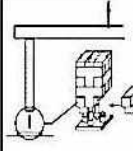
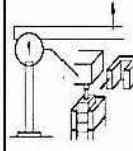
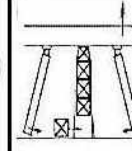
Монтажно - технологічні показники досліджуваних варіантів зведення великопрогонових покриттів з використанням кранових та безкранових монтажних технологій. Методи монтажу ММ5 та ММ4.

ОСНОВНІ МЕТОДИ МОНТАЖУ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУВАЛИСЬ ПРИ ЗВЕДЕННІ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ ПОКРИТТІВ			ММ 5			ММ 4		
ДОСЛІДЖУЄМІ ВАРІАНТИ РЕАЛІЗОВАНИХ ПРОЕКТІВ ЗВЕДЕННЯ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ ПОКРИТТІВ			В 7	В 8	В 9	В 10	В 11	В 12
КОНСТРУКТИВНО - ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОСЛІДЖУЄМИХ ВАРІАНТІВ ЗВЕДЕННЯ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ ПОКРИТТІВ	L_{ri}	довжина блоку покриття (м)	126,0	47,2	126,0	33,5	58,8	144,0
	W_{ri}	ширина блоку покриття (м)	84,0	37,5	109,4	56,9	101,5	48,0
	H_{ri}	висота блоку покриття (м)	1,2	3,6	3,5	2,4	4,1	6,7
	F_i	загальна площа блоку покриття (м ²)	10 584	1 770	13 784	1 906	5 968	6 912
	M_i	загальна маса блоку покриття (т)	3 080	1 009	3 120	1 400	4 200	1 100
	H_{di}	висота проектного закріплення блоку покриття (м)	15,4	19,2	19,1	14,0	24,0	24,0
ПЕРЕМІЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПОКРИТТІВ ПРИ ЗВЕДЕННІ (ГОРИЗОНТАЛЬНА ПЛОЩИНА)	L_{si}	відстань між зонами складування та укрупнення (м)	10,0	10,0	10,0	20,0	25,0	15,0
	L_{li}	відстань між зонами укрупнення та проектного закріплення (м)	63,0	41,3	58,0	0	0	0
	$\sum_{i=1}^n L_{li}$	загальна відстань між зонами складування, укрупнення та проектного закріплення (м)	73,0	51,3	68,0	20,0	25,0	15,0
ПЕРЕМІЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПОКРИТТІВ ПРИ ЗВЕДЕННІ (ВЕРТИКАЛЬНА ПЛОЩИНА)	H_{si}	перевищення висотних відміток зони укрупнення над зоною складування (м)	0	2,5	4,5	0	0	2,5
	H_{fi}	перевищення висотних відміток зони проектного закріплення над зоною укрупнення (м)	15,4	16,7	14,6	14,0	24,0	21,5
	$\sum_{i=1}^n H_{fi}$	сумарна висота переміщення елементів покриттів в процесі зведення (м)	15,4	19,2	19,1	14,0	24,0	24,0
ТРИВАЛІСТЬ ПРОЦЕСІВ ЗВЕДЕННЯ ПОКРИТТІВ	t_{1i}	тривалість переміщення елементів покриттів між зонами складування і укрупнення та процесів передпідйомного укрупнення (год)	1 299,2	819,4	312,3	287,0	328,0	246,6
	t_{2i}	тривалість переміщення окремих чи укрупнених сегментів покриттів на проектну висоту та закріплення (год)	228,0	206,6	1 256,6	114,8	295,2	360,8
	$\sum_{i=1}^n t_{ti}$	загальна тривалість процесів зведення великопрогонових покриттів (год)	1 527,2	1 026,0	1 568,9	401,8	623,2	607,4
МОНТАЖНО - ТЕХНОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАРІАНТІВ ЗВЕДЕННЯ ПОКРИТТІВ	N_i	передпідйомне укрупнення сегментів покриттів на монтажних стендах (-)	0,033	0,050	0,083	1,000	1,000	1,000
	V_{ti}	загальна швидкість монтажних процесів при зведенні покривельних конструкцій (м/год)	0,0579	0,0687	0,0555	0,0846	0,0786	0,0642
	P_{ei}	загальна продуктивність процесів зведення великопрогонових покриттів (т/год)	2,0168	0,9834	1,9887	3,4843	6,7394	1,8110
	E_{ti}	коефіцієнт складності монтажних процесів при зведенні покривельних конструкцій (год/т)	0,4958	1,0168	0,5029	0,2870	0,1484	0,5522

Додаток В

Таблиця В. 1

Конструктивно - технологічні характеристики варіантів зведення покриттів великопрогонових будівель з використанням безкранових методів монтажу

Конструктивно-технологічні характеристики варіантів зведення металевих та залізобетонних конструкцій великопрогонових покриттів	Одиниця вимірювання	Варіанти зведення конструкцій великопрогонових покриттів безкрановими методами				
		ММ3 - примусове переміщення покриттів з використанням вертикальних напрямних		ММ4 - примусове переміщення покриттів зі спиранням на підштовувальні секції проектних чи монтажних колон		
						
Розглядаємія варіант зведення покрівельної конструкції		В 1 ММ3	В 2 ММ3	В 3 ММ4	В 4 ММ4	В 5 ММ4
Загальна маса блоку піднімаемого великопрогонового покриття M_i	т	5300	1200	1400	4200	1100
Загальна висота переміщення великопрогонового покриття H_i	м	18,40	34,00	14,00	24,00	24,00
Загальний час зведення великопрогонового покриття T_i	год	147,60	82,00	114,80	188,60	90,20
Конструктивне рішення несучих колон каркасу будівлі		Суцільні (з/б)	Суцільні (метал)	Збірні (з/б)	Збірні (з/б)	Суцільні (метал)
Загальна кількість колон каркасу великопрогонової будівлі C_i	шт	4	4	4	14	4
Загальна кількість підйомників, задіяних в процесі зведення великопрогонового покриття	шт	4	8	16	14	8
Робочий хід пістону гідроциліндрів, задіяних в вертикальному переміщенні покриття	мм	450	1120	350	200	1120
Висота вертикального переміщення покриття за один цикл підйому	м	0,40	6,00	0,35	1,00	2,00
Кількість циклів підйому при взаємодії підйомників з однією суцільною чи збірною колоною	—	46	6	40	24	12
Кількість операцій одного циклу підйому покриття при взаємодії підйомників з однією суцільною чи збірною колоною n_{ki}	—	5	14	5	14	7
Загальна кількість операцій всіх циклів підйому покриття при взаємодії підйомників з однією суцільною чи збірною колоною n_{ti}	—	230	84	200	336	84
Загальна кількість операцій всіх циклів підйому покриття при взаємодії підйомників зі всіма колонами N_i	—	920	336	800	4704	336
Швидкість процесу зведення великопрогонового покриття з використанням підйомників, взаємодіючих з колонами V_i	м/год	0,125	0,415	0,122	0,127	0,266
Продуктивність монтажників при зведенні великопрогонового покриття з використанням підйомників, взаємодіючих з колонами P_i	т/год	35,91	14,63	12,20	22,27	12,20
Складність процесу зведення покриття з використанням підйомників, взаємодіючих з суцільними чи збірними колонами K_i	1/т	0,174	0,280	0,571	1,120	0,305
Трудомісткість процесу зведення покриття з використанням підйомників, взаємодіючих з суцільними чи збірними колонами E_i	год/т	0,028	0,068	0,082	0,045	0,082

Додаток Г

Таблиця Г. 1

Порівняльні характеристики домкратів та гідроциліндрів з гідравлічним, пневматичним і пневмогідравлічним приводом

№ п. п.	Тип механізму	Тип приводу	Вантажо-підйомність, т	Макс. серійна, т	Робочий тиск, МПа (бар)	Хід штока (макс.), мм	Виробник / серія (2025 р.)
1	Гідроциліндр односторонньої дії	Гідравлічний	5 – 200	500	70 (700)	3000	Gidrotsilindr Hydro Gid Enerpac RC, Hi-Force HSS, Yale YCS, Rehobot
2	Гідроциліндр двосторонньої дії	Гідравлічний	10 – 400	1000	70 (700)	2500	Hydraulic Line RGS Ukraine Enerpac RR, Holmatro HDC, Power Team RD
3	Домкрат гідравлічний односторонньої дії	Гідравлічний	50 – 1000	2000+	70 (700)	500	TechnoForce Hydro-Maximum REHO HJ-G, Zinko ZHJ, Larzep CD
4	Домкрат гідравлічний двосторонньої дії	Гідравлічний	50 – 500	1000	70 (700)	600	Gidrotsilindr Hydraulic Line Enerpac RAR, Hi-Force HRA
5	Пневмоциліндр	Пневматичний 6–10 бар	0,5 – 25	50	0,6–1,0 (6–10)	2000	Hydro Gid Festo DNC, SMC CP95
6	Пневмо гідравлічний домкрат односторонній	Пневмо+ гідравлічний	10 – 100	200	70 (700) + 0,8	500	TechnoForce Hydro-Maximum REHO YPL, Yale YPP
7	Пневмо гідравлічний домкрат подвійної дії	Пневмо+ гідравлічний	20 – 150	300	70 (700) + 0,8	600	Hydraulic Line RGS Ukraine REHO YCP, Hi-Force HPA

Примітка. Джерело: складено автором за каталогами українських (Gidrotsilindr, Hydraulic Line, Hydro Gid, Hydro-Maximum, RGS Ukraine, TechnoForce) та закордонних (Enerpac, Hi-Force, Holmatro, Rehobot, Power Team, REHO, Yale, Zinko, Larzep, Festo, SMC) виробників, що постачають продукцію в Україну та країни ЄС (станом на березень 2026 р.).

Додаток Д. Довідки про впровадження



04073, м.Київ,
вул. Куренівська, 18, офіс 317

тел. 38044 228 20 74
email: eurotekhnobud@ukr.net
etb.company

ТОВ «ЄВРОПЕЙСЬКІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ»

ЄДРПОУ: 39641071
IBAN – UA493005060000026001001027780
в АТ «Перший Інвестиційний Банк»,
ІПН 396410726544

вих № 02-4
від 18.02.2026р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження «Система формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями» Ігнатенка Олександра Олександровича на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.08 - Технологія і організація промислового та цивільного виробництва

При розробці «Проектів виконання робіт» по зведенню нових та відновленню пошкоджених промислових об'єктів з великопрогоновими покрівельними конструкціями в умовах щільної міської забудови проектно-виробничими підрозділами та службою головного інженера ТОВ «Європейські технології в будівництві» були використанні результати дисертаційних досліджень Ігнатенка Олександра Олександровича, які він виконав при створенні системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями.

Головні напрацювання дисертаційного дослідження Ігнатенка О.О., які знайшли своє практичне впровадження в проектно-організаційній діяльності ТОВ «Європейські технології в будівництві» при випрацюванні технології будівельно-монтажних робіт по зведенню металевих конструкцій великопрогонових складських центрів та логістичних терміналів, це:

- можливість зведення нових та відновлення пошкоджених великопрогонових будівель на ділянках, розміри яких не виходять за контур зовнішніх стін об'єкта зведення;
- можливість використання при укрупненні покриттів на монтажних стендах висотою до 2м мобільних кранів малої вантажопідйомності;
- можливість виконання підйомних процесів по зведенню блоків покриттів в автоматичному режимі при відсутності в людей в зоні підйому;
- мінімальність робіт, в яких задіяні монтажники при підйомі покриття, а саме участь тільки в операціях по завершальному закріпленню покриття в проектному положенні;
- повний моніторинг та контроль всіх підйомних процесів за допомогою камер спостереження з блоку управління, який знаходиться поза зоною підйому покриття;
- можливість використання при розробці технологічних схем підйому покриттів модифікацій вітчизняних гідравлічних підйомників типу ПГ – 300.

Технічний директор ТОВ
«Європейські технології в
будівництві»



Олег ОВЧИННИКОВ



ТОВ « БУДІВЕЛЬНА КОМПАНІЯ « ІНЖТЕХБУД »
 Україна, 07400, м. Бровари Київська область, вул. Воїнів – афганців, 2,
 Рахунок №UA253052990000026000010133926 АТ КБ "ПРИВАТБАНК",
 код ЄДРПОУ 42216980, ІПН 422169810297

Вих. № 97- 01
 від 20.02 2026 р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження «Система формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями» Ігнатенка Олександра Олександровича на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.08 - Технологія і організація промислового та цивільного виробництва

Наукові результати дисертаційного дослідження здобувача Ігнатенка О.О. знайшли практичне використання в проектно-конструкторському відділі ТОВ БК «Інжтехбуд» при формуванні технологічних карт та проектів виконання будівельно-монтажних робіт по зведенню несучих конструкцій промислових виробничих споруд із легких металевих конструкцій з огорожею із сендвіч-панелей та великопрогонових теплиць для круглорічного використання з покрівельним прошарком зі скла або стільникового полікарбонату

Переваги, які отримуються при використанні варіантів конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями згідно результатів дисертаційного дослідження Ігнатенка О.О., наступні:

- технологічний процес по укрупненню просторових покрівельних конструкцій покриттів теплиць з утворенням зовнішнього прошарку зі скла чи стільникового полікарбонату виконується з використанням мобільних кранів в межах ділянки, яка не виходить за контур фундаментів об'єкта зведення, що вельми актуально при утворенні нових великопрогонових теплиць між раніше побудованими тепличними комплексами;
- характеристики гідравлічних підйомних модулів згідно варіантів зведення, створених в дисертаційній роботі, дозволяють конструкторам акцептувати значення загальної маси покриттів, що зводяться з рівня передпідйомного укрупнення на монтажних стендах з утвореними зовнішніми прошарками та змонтованими системами поливу і освітлення, від 20 до 1000 тон;
- використання крокових підйомних модулів згідно розроблених в дисертації варіантів безкранового зведення великопрогонових покриттів дозволяє виконувати всі технологічні процеси по підйому укрупнених покриттів з рівня монтажних стендів на рівень закріплення в проектному положенні в автоматичному режимі за умови контролю всього процесу підйому операторами з центру керування підйомом за допомогою камер спостереження, які закріплені на колонах каркасу теплиці та конструкціях покриття, що зводиться.

Директор ТОВ БК «Інжтехбуд»

Сергій СІРОБАБА



067 404 24 60
 095 270 25 06

engtbud@gmail.com
 itbud.com.ua

Україна, 07400,
 м. Бровари Київської обл.,
 вул. Воїнів-афганців 2

Додаток Е. Список публікацій здобувача за темою дисертації

Статті у наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science Core Collection

1. Tonkacheev, H., Ignatenko, O., Rashkivskyi, V., Dubovyk, I., Tryhub, A., Sobko, Yu. (2024). Development of the Technology of Crane-Less Lifting of Long-Span Reinforced Concrete and Metal Coating. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research* (14/01-XL), 271-275. <https://doi.org/10.33543/j.140140.271275> (Web of Science Core Collection).
2. Osipov, O., & Ignatenko, O. (2024). Innovation Technologies for Constructing Large-Span Coverings Using Lifting Modules. *Science and Innovation*, 20(5), 83–94. <https://doi.org/10.15407/scine20.05.083> (SCOPUS).
3. Hennadii Tonkacheiev, Oleksandr Ignatenko, Volodymyr Rashkivskyi, Natalia Zozulia, Kateryna Nosach, Yuri Zaiets (2024). Latest technology for erection of large-span coatings using lifting modules. *Journal of Xi'an University of Architecture & Technology*. Volume XVI, Issue 9, 99 – 109. <https://xajzkjdx.cn/volume-xvi-issue-ix-september-2024/> (SCOPUS).
4. Hennadii Tonkacheiev; Oleksandr Ignatenko; Volodymyr Rashkivskyi; Natalia Zozulia; Kateryna Nosach; Yuri Zaiets (2024). Development of structural and technological solutions for the construction of large-span coatings by craneless methods. *Edelweiss Applied Science and Technology*. Vol.8, No. 6, 582-590. <https://doi.org/10.55214/25768484.v8i6.2130> (SCOPUS).
5. Tonkacheiev, H. ., Ignatenko, O. ., Rashkivskyi, V. ., Dubovyk, I. ., & Zaiets, Y. . (2024). Innovation in technology solutions for erecting large-span coatings through module lifting. *Cadernos De Educação Tecnologia E Sociedade*, 17(se4), 246–256. <https://doi.org/10.14571/brajets.v17.nse4.246-256> (Web of Science Core Collection).
6. Volodymyr Rashkivskyi, Oleksandr Ignatenko, Roman Demianenko, Andrii Kozak, Iryna Dubovyk, Yurii Zaiets. (2024). Research of the interconnections of the "structure - technology - mechanized equipment" system in the construction of frame

buildings. *Strength of Materials and Theory of Structures*, 113, 337 – 344.
<http://omtc.knuba.edu.ua/issue/view/18619> (Web of Science Core Collection).

Статті у наукових фахових виданнях України категорії Б, що входять до наукометричних баз даних

7. Ігнатенко О. О. (2024). Оптимізація технологічних процесів зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. *Нові технології в будівництві*. №44, С. 29 – 36. <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2024.44.5>

8. Ігнатенко, О. (2024). Вдосконалення технологічних рішень зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(53), 111–121. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53\(1\).111-121](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(1).111-121)

9. ІГНАТЕНКО, О. (2024). Використання переваг методу підтягування при зведенні великопрогонових покриттів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(54), 82–90. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54\(1\).82-90](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(1).82-90)

10. РАШКІВСЬКИЙ, В. , ІГНАТЕНКО, О. (2024). Особливості визначення напрямів розвитку будівельного технологічного оснащення. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(54), 189–198. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54\(1\).189-198](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(1).189-198)

11. Oleksandr Ignatenko, Volodymyr Rashkivskyi, Natalia Zozulia (2024). Improvement of structural and technological solutions for erection of large-span coatings using lifting modules. *Theory and Buildings Practice*. Vol. 6, No. 2, 1-6. <https://doi.org/10.23939/jtbp2024.02>

12. Rashkivskyi, V., Demianenko, R., Ignatenko, O., & Zaiets, Y. (2024). The system of filling the information model of construction structural elements. *Transfer of Innovative Technologies*, 7(1), 60–68. <https://doi.org/10.32347/tit.2024.71.02.08>

13. Rashkivskyi, V., Demianenko, R., Ignatenko, O., & Zaiets, Y. (2024). Formation of a system for monitoring construction processes during the construction of buildings. *Transfer of Innovative Technologies*, 7(2), 68–75. <http://tit.knuba.edu.ua/issue/view/18867>

14. ІГНАТЕНКО, О. (2025). Дослідження технологічних особливостей процесів зведення великопрогонових покриттів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(55), 13–23. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55\(1\).13-23](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(1).13-23)

15. РАШКІВСЬКИЙ, В., ІГНАТЕНКО, О. (2025). Аналіз технологічних особливостей використання монтажних машин і механізмів при зведенні великопрогонових будівель. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2(55), 55–66. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55\(2\).55-66](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(2).55-66)

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію

16. Ignatenko O. (2024). The development of technology for crane-less lifting of large-size roof structures. *Slovak International Scientific Journal*, 79, 15–20. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10480860>

17. Ignatenko O. (2024). The improvement of the technology of lifting large-size roof the method of column growing. *Slovak International Scientific Journal*, 80, 20 - <https://doi.org/10.5281/zenodo.10480860>

18. Ignatenko O. (2024). Use of stepper lifting modules for construction of large-span coatings. *Slovak International Scientific Journal*, 81, 9–14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10810621>

19. Ignatenko O. (2024). Taking advantage of pulling and pushing methods in the development of technologies for lifting large-span coatings. *Slovak Intern. Scientific Journal*, 82, 9 - 14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10952884>

20. Ignatenko O. (2024). Improvement of technological solutions for erection of large-span coatings with lifting modules. *Slovak International Scientific Journal*, 84, 28 - 34. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11624363>

21. Ignatenko, O. (2024). Improvement of structural and technological solutions for the erection of large-span coatings using the pushing method. *Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft*, 83, 40–45. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12656956>

22. Ignatenko O. (2024). Taking advantage of the pull-up method for erection of taking large-span coatings with lifting modules. *Sciences of Europe*, 144, 62–66. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12739964>
23. Ignatenko O. (2024). Use of step lifting modules for erection of large-size coatings. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, 136, 67 – 72. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12746293>
24. Ignatenko O. (2024). Improvement of the method of growing column for erection of large-span coatings. *The Scientific Heritage*, 140, 24–28. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12720650>
25. Ignatenko O. (2024). Spatial coatings as the most complex structural elements in the construction of large-span buildings. *Znanstvena Misel Journal*, 93, 35–42. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13583180>
26. Ignatenko O. (2024). Dialectics of the formulation of organizational and technological structures and classification of methods for Installation of building structures. *Slovak International Scientific Journal*, 88, 14–22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13926488>
27. Rashkivskyi V., Ignatenko O., Dubovyk I., & Zaiets Yu. (2024). Directions of the development of the construction technological equipment. *Danish Scientific Journal*, 91, 47 – 55. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14578109>
28. Rashkivskyi Volodymyr, Ignatenko Oleksandr, Zaiets Yuri. (2025). The composition of technological modules for orienting of building structures during the process of their installation in the design position. *Deutsche Internat. Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft*, 95, 54–60. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14609665>
29. Ignatenko O., & Storozhev S. (2025). Researching of the labor intensity of the main installations during the construction of large-span coatings. *Slovak International Scientific Journal*, 91, 3–8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14636705>
30. Rashkivskyi V., Ignatenko O., Dubovyk I., & Zaiets Yu. (2025). Concept of filing the levels of detail of mechanization of building erection technologies. *International Independent Scientific Journal*, 69, 19 - 28. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14626484>

31. Ignatenko, O., Storozhev, S. (2025). Analysis of technological features of installation machines and mechanisms used in the construction of large-span coatings. *The Scientific Heritage. International Scientific Journal*, 153, 78 – 85. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14729661>

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

32. Ігнатенко О. О. Розвиток технології безкранового підйому великопрольотних покриттів з застосуванням методу підрощування колон. *Проблеми та перспективи розвитку науки, освіти, технологій і суспільства: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (Кропивницький, 29 листопада 2023 р.) у 3 ч. Кропивницький: ЦФЕНД, 2023. Ч. 3, С. 39 – 42. <https://www.economics.in.ua/2023/12/11-29-3.html>

33. Ігнатенко О. О. Використання методу комбінованого підрощування колон для підйому великопрольотних покрівельних конструкцій. *Перспективи розвитку науки, освіти і технологій в Україні та світі: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (Житомир, 11 грудня 2023 р.). Житомир: ЦФЕНД, 2023. С. 55 - 59. <https://www.economics.in.ua/2023/12/11-2023.html>

34. Ігнатенко О. О. Використання гідропідйомних установок для зведення великопрольотних покриттів промислових будівель. *Стратегічні орієнтири розвитку науки, освіти, технологій та суспільства: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (Полтава, 12 грудня 2023 р.). Полтава: ЦФЕНД, 2023, С.39-42. <https://www.economics.in.ua/2023/12/12-2023.html>

35. Ігнатенко О. О. Удосконалення технології підрощування колон при безкрановому підйомі великопрольотних покриттів. *Наука, освіта та суспільство: світові тенденції та регіональний аспект: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (Кременчук, 18 грудня 2023 р.). Кременчук: ЦФЕНД, 2023. С. 58 - 63. <https://www.economics.in.ua/2023/12/18-2023.html>

36. Ігнатенко О. О. Використання підйомних модулів при зведенні

великопрольотних покриттів промислових об'єктів. International scientific-practical conference “*Vectors of science, education and technology development in the context of globalization*”: conference proceedings (Tampere, Finland, December 20, 2023). Tampere, Finland: Scholarly Publisher ICSSH, 2023. 46 - 51.
<https://www.economics.in.ua/2023/12/20-2023.html>

37. Ігнатенко О. О. Розвиток технології підйому великопрольотних покриттів зі спиранням на підрозувальні колони. *Перспективні напрямки розвитку науки, освіти та технологій: теорія і практика*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Ізмаїл, 22 грудня 2023 р.). Ізмаїл: ЦФЕНД, 2023. С. 39 - 45. <https://www.economics.in.ua/2023/12/22-2023.html>

38. Ігнатенко О. О. Розвиток безкранових технологій підйому великопрольотних покриттів. 1st International Scientific and Practical Internet Conference “*Impact of Artificial Intelligence and Other Technologies on Sustainable Development*”: conference proceedings (Dnipro, Ukraine, December 28-29, 2023). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 66 - 69. <http://www.wayscience.com/en/1st-conference-december-28-29-2023/>

39. Ігнатенко О. О. Розвиток технології підйому покрівельних конструкцій. International scientific-practical conf. “*Current issues of science, education and technology in Ukraine and the world*”: conference proceedings (Tampere, Finland, December 29, 2023). Tampere, Finland: Scholarly Publisher ICSSH, 2023. 59 - 64.
<https://www.economics.in.ua/2023/12/20-2023.html>

40. Ігнатенко О. О. Використання крокових підйомників при зведенні великопрогонових покриттів промислових і цивільних об'єктів. *Сучасний стан та пріоритети модернізації науки, освіти та технологій*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Біла Церква, 10 січня 2024 р.) у 3 ч. Біла Церква: ЦФЕНД, 2024. Ч.3, С. 16 - 21.
<https://www.economics.in.ua/2024/01/10-3.html>

41. Ігнатенко О. О. Використання підйомних модулів для зведення великопрольотних покриттів. International scientific-practical conference “*Science, education and technology: global trends and the regional aspect*”: collection of

materials (Tampere, Finland, 3.02.2024). Tampere, Finland: Scholarly Publisher ICSSH, 2024. 39 - 43. <https://www.economics.in.ua/2024/02/3.html>

42. Ігнатенко О. О. Розвиток технології зведення великопрольотних покриттів з використанням підйомних модулів. 5th International Scientific and Practical Internet Conference “*Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Winter Debates*”: conference proceedings (Dnipro, Ukraine, February 8 - 9, 2024). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 82 - 87. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-5-8-9-lyutogo-2024/>

43. Ігнатенко О. О. Удосконалення технології зведення великопрольотних покриттів підйомними модулями. International scientific-practical conference “*Current issues of science, education and technology in modern conditions*”: conf. proceed. (Aarhus, Denmark, 12.03.2024). Aarhus, Denmark: Scholarly Publisher ICSSH, 2024. 63 – 66 <https://www.economics.in.ua/2024/03/12-03-2024.html>

44. Ігнатенко О. О. Використання методу виштовхування для зведення великопрольотних покриттів підйомними модулями. 1st International Scientific and Practical Internet Conference “*Interdisciplinary Approaches to Tackle Global Challenges and Promotion of Innovative Solutions*”: conference proceedings (Dnipro, Ukraine, March 14 - 15, 2024). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 117 - 122. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-1-14-15-berezhnya-2024/>

45. Ігнатенко О. О. Вдосконалення технологічних рішень методу підпрошування колон при зведенні великопрольотних покриттів підйомними модулями. 3rd Internet Conference “*Scientific Research and Innovation*”: conf. Proc. (Dnipro, Ukraine, 04. 18 – 19, 2024). Dnipro, Ukraine: Marenichenko, 114 - 118. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-3-18-19-kvitnya-2024/>

46. Ігнатенко О. О. Використання переваг методу виштовхування при зведенні великопрогонових покриттів підйомними модулями. International scientific-practical conference “*Current state and modernization priorities of science, education and society*”: conference proceedings (Aarhus, Denmark, May 24, 2024): in 2 parts. Aarhus, Denmark: Scholarly Publisher ICSSH, 2024. Part 1, 51 - 55. <https://www.economics.in.ua/2024/05/24-1.html>

47. Ігнатенко О. О. Вдосконалення технологічних рішень зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем*: Збірник тез доповідей XIV Міжнародної науково-практичної конференції (м.Чернігів, 23–24 травня 2024 р.) : у 2 т. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2024. Т. 2, С.163 – 164. <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/materiali-konferentsiyi/kzyatps-2024/>

48. Ігнатенко О. О. Використання переваг методу підтягування для зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. 5th International Scientific and Practical Internet Conference “*Ways of Science Development in Modern Crisis Conditions*”: conference proceedings (Dnipro, Ukraine, June 13 – 14, 2024). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 82 - 86. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-5-13-14-cherhvnya-2024/>

49. Ignatenko O. Improvement of structural and technological solutions for erection of large-span coatings by crane-free methods. X International Scientific and Practical Conference «*Theoretical and practical perspectives of modern science*»: conference proceedings (Stockholm, Sweden, Jul 13 – 14, 2024). 61 – 67. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12745671>

50. Ignatenko O. (2024). Improvement of technological solutions for erection of large-span coatings by lifting modules. *Science – Technology - Innovation*. Abstracts of the 69th International scientific and practical conference. Pegas Publishing, Canada. 38 - 44. <http://el-conf.com.ua/>

51. Ignatenko O. Selection of the most complex segment of structural for erection of large-span coatings. XV international scientific conference «*The modern vector of the development of science*»: conference proceedings (Philadelphia, USA, August 15 – 16, 2024). 139 – 146. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13356785>

52. Ignatenko O. The determination of organizational and technological structures and classification of methods for installation of building structure. XI International Scientific and Practical Conference «*Science in modern society*»: conference proceedings Beijing, China, September 30, 2024). 27 – 36. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13861164>

53. Ігнатенко О. О. Вдосконалення конструктивно-технологічних рішень зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. Міжнародний науково-технічний форум Київ: Ліра-К, 10 листопада 2024. С. 116 https://drive.google.com/file/d/1TpA1Hh7c71ChP79W55YV0wPz_pUvVnWz/view

54.. Ігнатенко О. О. Використання підйомних модулів при зведенні великопрогонових покриттів в умовах щільної забудови. International Scientific and Practical Conference “Modern Challenges in Science, Education, and Society: A Global Context”: Conference Proceedings (Stanford, USA, September 6, 2025). Stanford, USA: Golden Quill Publishing, 2025. 212 - 215. <https://www.economics.in.ua/2025/09/06.html>

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації

55. Ignatenko O. (2023). The development of methods for crane-less lifting of long-span roofs. Scientific and Practical Journal «WayScience», Vol. 6 (№ 2). Ukraine, Dnipro: 6 (2), 48 – 57. <http://www.wayscience.com/en/vol-6-2-2023-2/>

56. Ignatenko O. (2024). Innovative structural and technological solutions for crane-free erection of large-span coatings. *Scientific and Practical Journal «WayScience»*, Ukraine, Dnipro: 7(1), 16–26. <http://www.wayscience.com/vol-7-1-2024/>