

ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕВАГ МЕТОДУ ПІДТЯГУВАННЯ ПРИ ЗВЕДЕННІ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ ПОКРИТТІВ

На закладі аналізу особливостей відомого варіанту підйому великопрогонних покриттів методом підтягування було розроблене нове технологічне рішення зведення покриттів з використанням підйомних модулів. Згідно з розробленим рішенням, спочатку методами вільного підйому з використанням самохідних стрілових кранів монтують спарені колони рамного каркасу, міжколонні балки та зв'язки. На внутрішніх поверхнях спарених колон закріплюють напрямні профілі. Між спареними колонами на фундаментах монтують підйомні модулі. На верхніх платформах підйомних модулів закріплюють опорні рами. На монтажних стендах укрупнюють покрівельний великопрогонний блок за умови спирання несучих ригелів покриття на опорні рами. Переміщення ригелів покриття на проектну висоту виконують методом виштовхування. В процесі вертикального переміщення навантаження від ригелів покриття по чергово сприймають нижні та верхні платформи підйомного модуля, які взаємодіють з напрямними профілями. Після переміщення ригелів покриття на проектну відмітку виконують фіксацію опорних рам між оголовками спарених колон. Звільнені від навантаження підйомні модулі переміщують на фундаменти з використанням напрямних профілів та демонтують. Використання розробленого конструктивно-технологічного рішення дозволяє зменшити об'єми верхолозних трудомістких небезпечних монтажних робіт до операцій по остаточному закріпленню ригелів опорних рам покриття між оголовками спарених колон каркасу. Всі складові процесу переміщення покриття з рівня фундаментів на проектну висоту з використанням підйомного модуля автоматизовані. Також розроблене рішення дозволяє значно скоротити загальні строки робіт по зведенню покриттів. Всі монтажні роботи по укрупненню покриттів на стендах з використанням самохідних стрілових кранів та комплекс робіт по вертикальному переміщенню покриттів з використанням підйомних модулів виконуються на ділянках, розміри яких не перевищують габаритні розміри великопрогонних покриттів, що зводяться.

Ключові слова: *підйомні модулі, зведення великопрогонних покриттів, безкрановий підйом, методи виштовхування та підтягування.*

Вступ

В сучасних умовах при будівництві заводів авіа- та пароплавобудування, торгівельно-розважальних та рекреаційних комплексів, терміналів аеропортів, морських та залізничних вокзалів, критих стадіонів та виставкових центрів найбільш складними та трудомісткими є монтажні операції по зведенню великопрогонних покриттів з вмонтованим технологічним обладнанням [1]. Монтажні роботи по утворенню покриттів виконуються за два послідовних етапи.

На першому етапі з використанням самохідних стрілових кранів на низьких стендах укрупнюють конструкції покриття, монтують технологічне обладнання та покривельні прошарки. На другому етапі блок покриття 100% готовності переміщують на проектну висоту методами підтягування чи виштовхування [2, с.11-12]. При використанні методу підтягування гідропідйомники, які за допомогою тягових стрічок підтягують покриття на проектну висоту, розміщують на оголовках колон несучого каркасу. При використанні методу виштовхування ригелі покриття виштовхуються на проектну висоту зі спиранням на верхні секції підрощувальних стволів підйомників, підрощування яких виконують гідропідйомники, розташовані на фундаментах [3]. Для обидвох варіантів примусового безкранового підйому покриття характерними є показники високої трудомісткості та підвищеної небезпечності виконання монтажних робіт на висотах 26–38м [4]. Створення нових конструктивно-технологічних рішень підйому великопрогонових покриттів з використанням підйомних модулів, дозволяючих зменшити об'єми та трудомісткість висотних монтажних робіт, є актуальним напрямком розвитку будівельних технологій.

Аналіз досліджень та публікацій

Дослідження технологічних рішень по зведенню великопрогонових об'єктів знайшли своє відображення в багаточисельних працях закордонних та вітчизняних науковців. Серед вітчизняних вчених, це роботи В.К. Черненка [2], Г.М. Тонкачєва [5], В.П. Рашківського [6], О.Ф. Осипова [7], та К.В. Черненка [8]. Серед закордонних вчених слід виділити Ю. Янга [9], Р. Руана [10]. Сучасна технологія зведення великопрогонових покриттів методом підтягування представлена у звітах концерну FAGOLI [11], зведення металевих просторових покриттів методом виштовхування детально описані в звітах концерну SARENS GROUP [12]. В наукових працях, в звітах профільних фахівців детально описані технологічні послідовності процесів утворення великопрогонових покриттів, але відсутній алгоритм оптимізації технологічних рішень по зведенню покриттів.

Постановка задачі

З використанням переваг відомого варіанту підйому покриттів методом підтягування необхідно розробити нове конструктивно-технологічне рішення зведення покриттів з використанням підйомних модулів. Згідно з новим рішенням вертикальне виштовхування опорних ригелів покриттів з рівня фундаментів до рівня оголовків несучих колон має виконуватись зі спиранням на підйомними модулями, які переміщуються між спареними колонами каркасу і використовують для спирання напрямні профілі, закріплені на внутрішніх поверхнях спарених колон. Мета розробки нового рішення – зменшення об'ємів висотних трудомістких та небезпечних монтажних робіт та скорочення загальних строків будівельно-монтажних робіт.

Виклад основного матеріалу досліджень

Аналіз особливостей вертикального переміщення покриттів методом підтягування виконаний на прикладі утворення покриттів цехів авіазаводу загальною площею 40000 м² [2, с. 26-27]. При зведенні двох блоків покриттів розмірами 96×48 м, 96×54 м та масою до 1200 т з комплектом технологічного обладнання використовувались спеціальні гідропідйомники ПШ-330, розміщені на оголовках колон (рис. 1).

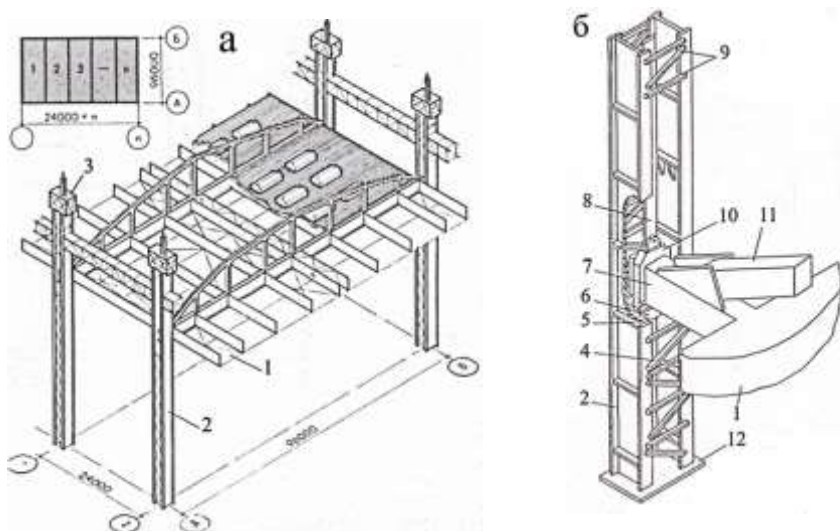


Рис. 1. Підйом блоку покриття методом підтягування: а – принципова схема підйому; б – проміжне положення блоку покриття в процесі підйому;
 1 – покриття; 2 – опорна колона; 3 – кроковий підйомник ПШ-330;
 4 – постійне з'єднання; 5 – упори колони; 6 – опорно-поворотна балка;
 7 – опорна консольна частина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

Гідропідйомник тягнутого типу ПШ-330 складався з двох гідравлічних домкратів ГД – 170 (вантажопідйомність по 170 т кожний, довжина робочого ходу штоку домкрата 1120 мм), двох страхувальних гвинтів, піддомкратної і наддомкратної балок, цільнозвареної челочної стрічки (довжина 12 м), яка з'єднана нижнім кінцем з тяговою стрічкою (в перерізі 600x40 мм). Тягова стрічка складалась з шарнірно з'єднаних ланок довжиною 6 м. Тягова стрічка шарнірно прикріплена до балки піднімаемого покриття. В якості опорних конструкцій для гідропідйомника тягнутого типу використовувались колони несучого каркасу з проміжними столиками для тимчасового спирання блоку покриття в процесі переміщення на проектну висоту. Підйом двох покрівельних блоків на висоту 34 м був виконаний за 10 змін. Процес підйому кожного блоку складався з шістьох повторних циклів. До кожного циклу входили два послідовних етапи – підйом блоку покриття на 6 м та проміжне спирання покриття на опорні столики колон. В кожному циклі підйому покриття шість разів підтягувалось до гори на висоту 1 м, яка була відповідна ходу штоків домкратів та кроку отворів в тяговій стрічці. Під час підйому покриття в колонах за допомогою ручної лебідки для переміщення ригеля покриття в міжколонному просторі демонтувались елементи решітки на ділянці висотою 6 м з подальшим монтажем решіток після підйому ригеля

покриття. До переваг аналізуемого рішення можна віднести утворення жорсткого поперечного каркасу з несучих колон та міжколонних балок, контроль вертикальності підйомного процесу покриття, який забезпечувався переміщенням опорних ригелів блоку покриття між спареними несучими колонами. До недоліків відносяться зупинки, пов'язані з демонтажем міжколонних решіток перед підйомом опорного ригеля покриття та наступний монтаж решіток, влаштування проміжних висотних монтажних площадок, складний демонтаж гідропідйомника на висоті 34–36 м після завершення підйомних робіт, додаткові витрати металу (загалом 160 т) для підсилення несучого каркасу під час підйому покриття на проектну висоту .

З урахуванням переваг методу підтягування, а саме використання спарених колон несучого каркасу в якості напрямних, які контролюють відхилення в горизонтальній площині несучих ригелів покриття, що піднімається, було розроблене нове конструктивно-технологічне рішення зведення покриття з використанням підйомних модулів, переміщення яких разом з несучими ригелями покриття, виконувалося в просторі між спареними колонами зі спиранням підйомних модулів на напрямні профілі, закріплені на внутрішніх поверхнях спарених колон. Підйомний модуль складається з гідроциліндру подвійної дії, нижньої та верхньої платформ, та страхувальних стержнів. Корпус гідроциліндра закріплений на нижній платформі модуля. Шток гідроциліндра прикріплений до верхньої платформи модуля. В верхній та нижній платформах модуля вмонтовані механізми фіксації підйому з висувними опорними циліндрами. Страхувальні стержні прикріплені до верхньої платформи модуля та проходять через ковзні гайки, які закріплені на нижній платформі модуля. На верхній платформі підйомного модуля розміщують опорну раму. Загальний вигляд покриття в процесі підйому та підйомний модуль зображені на рис. 2 .

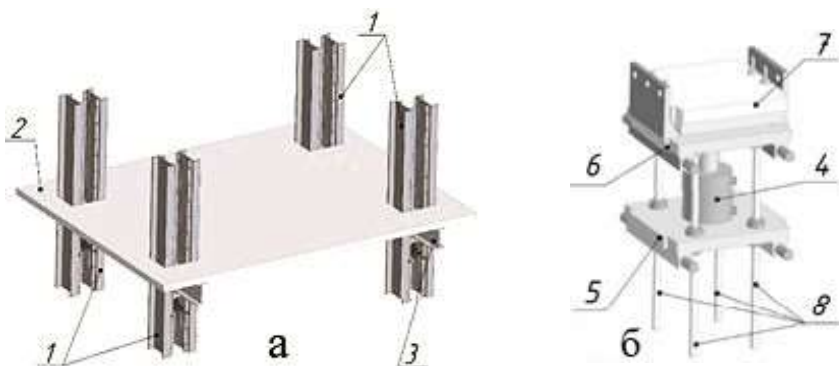


Рис .2. Зведення покриття підйомним модулем, розташованим між спареними колонами: а – загальний вигляд покриття в процесі підйому; б – підйомний модуль; 1 – колона каркасу; 2 – покриття; 3 – несучий ригель покриття; 4 – гідроциліндр; 5 – нижня платформа модуля; 6 – верхня платформа модуля; 7 – опорна рама; 8 – страхувальні стержні

Процес утворення блоку покриття з використанням підйомного модуля складається з передпідйомного, підйомного та післяпідйомного етапів. *Передпідйомний етап* (рис. 3, а) – на фундаменті за допомогою стрілових кранів встановлюють спарені колони несучого каркасу з напрямними профілями, попередньо закріпленими на внутрішніх поверхнях колон, на фундаментах в міжколонному просторі встановлюють підйомні модулі, на верхніх платформах модулів розміщують опорні рами, на низьких стендах укрупнюють покриття за умови заведення кінців несучих ригелів покриття в простір між спареними колонами і опускання ригелів на опорні рами.

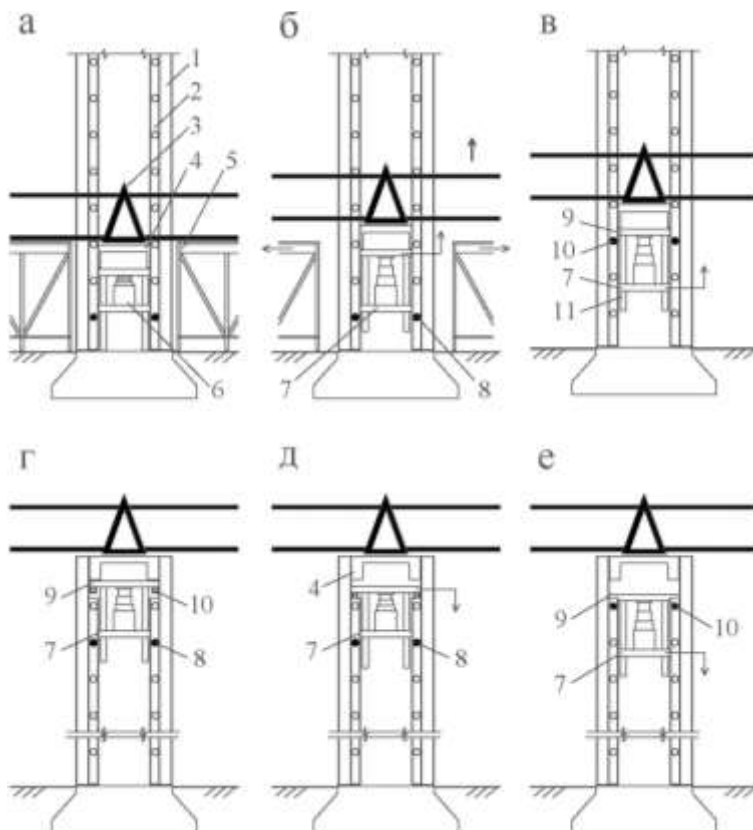


Рис. 3. Послідовність монтажу покриття з використанням підйомного модуля: а – передпідйомний етап; б, в, г – підйомний етап; д, е – післяпідйомний етап;

- 1 – спарені колони; 2 – напрямний профіль; 3 – несучий ригель покриття;
- 4 – опорна рама; 5 – стенди; 6 – гідроциліндр; 7 – нижня платформа модуля;
- 8 – нижні висувні опорні циліндри; 9 – верхня платформа модуля;
- 10 – верхні висувні опорні циліндри; 11 – страхувальні стержні

Підйомний етап (рис. 3, б-г) – спочатку нижні висувні опорні циліндри механізмів фіксації підйому, закріплені на нижніх платформах модулів, заводять в отвори в напрямних профілях, подають рідину в корпуси гідроциліндрів і піднімають верхні платформи модулів з опорними рамами покриття. При цьому, навантаження від піднімаємого покриття сприймають висувні опорні циліндри нижніх платформ модуля. Підйом верхніх платформ модуля виконують на висоту, яка дорівнюється робочому ходу штоків гідроциліндрів модуля. Далі заводять верхні висувні опорні циліндри механізмів фіксації підйому, закріплені на верхніх платформах модулів, у отвори в напрямних профілях. На верхні висувні циліндри модуля передають навантаження від піднімаємого покриття. Звільнені від навантаження, нижні висувні опорні циліндри модуля переміщують з отворів в напрямних профілях та, з використанням гідроциліндрів подвійної дії, піднімають корпуси гідроциліндрів і нижні платформи модуля на висоту, яка дорівнюється робочому ходу штоків гідроциліндрів. Підйом ригелів покриття методом виштовхування з використанням циклічної почергової передачі навантаження від модуля та несучих рам покриття, через висувні опорні циліндри механізмів фіксації підйому нижніх та верхніх платформ модуля, на напрямні профілі продовжують до моменту переміщення опорних рам покриття на рівень оголовків спарених колон. На завершальній фазі підйому, за умови сприйняття навантаження від піднімаємого покриття нижніми опорними циліндрами модулів, виконують переміщення верхніх платформ модуля в мінімальних висотних діапазонах для закріплення опорних рам покриття між оголовками спарених колон каркасу.

Післяпідйомний етап (рис. 3, д-е) – після остаточного закріплення несучих рам покриття в проектному положенні виконують переміщення підйомного модуля на фундаменти. Процес опускання підйомного модуля має циклічний характер. Так, за умови сприйняття навантаження від модуля верхніми опорними циліндрами, заведеними в отвори в напрямних профілях, переміщують нижню платформу модуля вниз на крок, величина якого еквівалентна робочому ходу штоків гідроциліндрів. Потім нижні опорні циліндри модуля заводять в отвори в напрямних профілях. Далі, звільнені від навантаження, верхні опорні циліндри модуля переміщують з напрямних профілів і опускають верхню платформу модуля на крок, який дорівнюється робочому ходу штоків гідроциліндрів. Після переміщення підйомного модуля на фундаменти, виконується його демонтаж. Спарені колони каркасу згідно нового рішення виконують потрібну функцію:

- колони обмежують відхилення в горизонтальній площині несучих ригелів покриття, переміщення яких відбувається в просторі між спареними колонами;
- колони задають напрямок вертикального переміщення покриттів, при якому несучі ригелі покриттів виштовхуються верхніми платформами підйомних модулів, взаємодіючи через напрямні профілі з колонами несучого каркасу;
- колони сприймають навантаження через напрямні профілі від висувних опорних циліндрів нижніх та верхніх платформ підйомного модуля та ригелів покриття, які виштовхуються підйомними модулями в міжколонному просторі.

Висновки

З урахуванням переваг варіанту переміщення покриттів методом підтягування було розроблене нове рішення, згідно з яким опорні ригелі покриття переміщуються з рівня фундаментів на проектну висоту в просторі між спареними

колонами каркасу зі спиранням на підйомні модулі, які в процесі циклічного вертикального переміщення взаємодіють з напрямними профілями, закріпленими на внутрішніх поверхнях спарених колон. Процес переміщення покриттів підйомними модулями на всій ділянці підйому автоматизований.

Впровадження розробленої технології дозволяє скоротити об'єми верхолазних робіт до операцій по остаточному закріпленню опорних ригелів покриття між оголовками несучих колон, знизити трудомісткість монтажних робіт та скоротити загальні строки підйомних робіт. Розміри будівельного майданчик, не перевищують габаритні розміри блоку покриття, що зводиться.

Список літератури:

1. 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>
2. Черненко В.К., Осипов О.Ф., Тонкачев Г.М., Назаренко І.І. Технологія монтажу будівельних конструкцій. За редакцією Черненко В.К., Київ, Будівельник, 2011, 374 с.
3. Собко Ю.Т., Новак Є.В. Аналіз роботи домкратних пристроїв, які використовуються для монтажу структурних покриттів великих розмірів. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2015, №3, С. 157-162. <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/construction/issue/view/18>
4. Tonkacheev, H., Ignatenko, O., Rashkivskiy, 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*: No.14/01-XL, 271-275. <https://doi.org/10.33543/j.140140.271275>
5. Tonkacheiev, H., Rashkivskiy, V., & Dubovyk, I. (2023). Investigations of labour intensity and duration of the assembly processes of structural covering blocks. *Strength of Materials and Theory of Structures*. No110, 393-403, <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.110.393-403>
6. Tonkacheiev, H., Rashkivskiy, 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
7. Osipov, O., & Chernenko, K. (2020). Information Model of the Process of Lifting Long Span Roof. *Science innov.*, 16 (4), 3-10 <https://doi.org/10.15407/scine16.04.003>
8. Черненко К.В. Історія, сучасний стан і перспективи будівництва будинків і споруд з великорозмірними покриттями. *Технологія і організація виробництва*. 2011, № 27, С. 36–41.
9. Yang, Y., Du, H., & Men, W. (2023). Time-Varying Mechanical Analysis of Long-Span Special Steel Structures Integral Lifting in Construction Basing Building Information Model. *Sustainability*.15,11256. <https://doi.org/10.3390/su15411256>
10. Ruan, R., Lai, M., & Lin, Y. (2023). Integral Lifting of Steel Structure Corridor between Two Super High-Rise Building under Wind Load. *Buildings*, 13(10), 2441. <https://doi.org/10.3390/buildings13102441>

11. FAGOLI Asotech. (2024). Innovative software and hardware for lifting systems with hydraulic Stand Jacks. <https://www.asotech.com/en/portfolio/innovative-software-for-lifting-equipment/>

12. SARENS GROUP. (2024). Direct Industry. Innovative solutions for hydraulic lifting system. <https://www.directindustry.com/>

Reference:

1. Sobko, Yu., & Novak, Ye. (2022). Selection of factors affecting the labor-intensiveness of the process of installation of structural plates covering single-story building. *Current Problems of Architecture and Urban Planning*, (64), 343–350. [in Ukrainian] <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.64.343-350>

2. Chernenko, V., Osypov, O., Tonkacheiev, H., Romanushko, Ye. (2011). Technology of installation of building structures. Horobets, Kyiv, 374 p. [in Ukrainian].

3. Sobko, Yu. & Novak, Ye., (2015). Research of methods of raising large-scale structural coverings of one-story industrial buildings. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 3, 157-162, from <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/construction/issue/view/18> [in Ukrainian].

4. Tonkacheiev, 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*: No.14/01-XL, 271-275. <https://doi.org/10.33543/j.140140.271275>

5. Tonkacheiev, H., Rashkivskyi, V., & Dubovyk, I. (2023). Investigations of labour intensity and duration of the assembly processes of structural covering blocks. *Strength of Materials and Theory of Structures*. No110, 393-403, <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.110.393-403>

6. 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, from http://www.magnanimitas.cz/ADALTA/120127/papers/J_05.pdf

7. Osipov, O., & Chernenko, K. (2020). Information Model of the Process of Lifting Long Span Roof. *Science innov.*, 16 (4), 3-10. <https://doi.org/10.15407/scine16.04.003>

8. Chernenko, K.V. (2011). History and prospects of buildings and structures of large surfaces. *Construction Engineering*, 27, 36-41. [in Ukrainian].

9. Yang, Y., Du, H., & Men, W. (2023). Time-Varying Mechanical Analysis of Long-Span Special Steel Structures Integral Lifting in Construction Basing Building Information Model. *Sustainability*, 15, 11256. <https://doi.org/10.3390/su15411256>

10. 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. <https://doi.org/10.3390/buildings13102441>

11. FAGOLI Asotech. (2024). Innovative software and hardware for lifting systems with hydraulic Stand Jacks, from <https://www.asotech.com/en/portfolio/innovative-software-for-lifting-equipment/> [in English].

12. SARENS GROUP. (2024). Direct Industry. Innovative solutions for hydraulic lifting system, from <https://www.directindustry.com/> [in English].

Oleksandr IGNATENKO

Use of advantages of pulling method for erection of large-span coatings

Based on analysis of the features of the known variant of lifting of large-span coatings through the pulling method, a new technological solution for erecting coatings using lifting modules was developed. According to the developed solution, first, by methods of free lifting using self-propelled boom cranes, paired columns of the frame, inter-column beams and bundles are mounted. Guide profiles are fixed on inner surfaces of paired columns. Lifting modules are mounted between paired columns on foundations. Support frames are fixed on upper platforms of lifting modules. The large-span block of coatings is enlarged on mounting stands provided that bearing crossbars of covering rest on support frames. The moving of coating girders to design height is performed by pushing method. In the process of vertical movement of the load from the crossbars of the coating, the lower and upper platforms of the lifting module are alternately perceived, which interact with the guide profiles. After moving the roof girders to the design mark, support frames are fixed between the heads of paired columns. Unloaded lifting modules are moved to foundations using guide profiles and dismantled. The use of the developed structural and technological solution allows to reduce the volume of top-climbing labor-intensive dangerous installation work before the operations for the final fastening of the crossbars of the supporting frames of the coating between the heads of the paired columns of the frame. All components of the process of moving the coating from the foundation level to the design height using a lifting module are automated. Also, the developed solution can significantly reduce the overall time for the construction of coatings. All installation work on the enlargement of coatings on stands using self-propelled boom cranes and a set of works on the vertical movement of coatings using lifting modules are carried out on the sites, dimensions of which do not exceed overall dimensions of large-span erected coatings.

Keywords: lifting modules, erection of large-span coatings, crane-free lifting, pushing and pulling methods.