

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЗВЕДЕННЯ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ ПОКРИТТІВ ПІДЙОМНИМИ МОДУЛЯМИ

На закладі аналізу організаційно-технологічних особливостей відомих варіантів підйому великопрогонових покриттів методами підтягування та виштовхування 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 фундаментах між спареними колонами розміщують підйомні модулі, які складаються з гідравлічних домкратів та підйомних площадок. На підйомних площадках встановлюють оголовки монтажних колон. На зовнішніх поверхнях колон каркасу закріплюють фіксатори підйому, які складаються з консольних опорних площадок, гідроциліндрів та пересувних ригелів. На низьких рихтуваннях укрупнюють конструктивно-технологічні блоки покриттів. При цьому несучі ригелі покриттів заводять в простір між спареними колонами каркасу і опускають на оголовки монтажних колон. На другому етапі монтажних робіт методом виштовхування переміщують покриття на проектну висоту за умови спирання опорних ригелів покриття на оголовки підрозумованих монтажних колон. В процесі підрозумовання секцій монтажних колон навантаження від піднімаємого покриття та секцій монтажних колон по чергово передається на гідравлічні домкрати підйомних модулів та ригелі фіксаторів підйому. Згідно з розробленим рішенням всі процеси підрозумовання секцій монтажних колон та переміщення ригелів покриттів з рівня фундаментів до рівня оголовків колон каркасу автоматизовані. Роботи по зведенню покриттів можуть бути виконані в умовах щільної забудови на ділянці, розміри якої не перевищують габаритні розміри покриття, що піднімається. Об'єми висотних робіт скорочені до операцій по закріпленню несучих ригелів покриттів між оголовками спарених колон каркасу, що дозволяє суттєво скоротити загальні строки підйомних робіт.

Ключові слова: *підйомні модулі, зведення великопрогонових покриттів, підрозумовання монтажних колон.*

Вступ. Сучасний стан будівельної галузі потребує вирішення питання щодо подальшого вдосконалення відомих та створення нових організаційно-технологічних рішень безкранового підйому великопрогонових покриттів. В умовах сьогодення технологічні рішення по зведенню великорозмірних покриттів передбачають виконання монтажних робіт в два послідовних етапи. На першому етапі виконується укрупнення блоку покриття на низьких рихтуваннях (висота до 2 м), монтаж технологічного обладнання, передбаченого в конструкції покриття, та укладаються покрівельні прошарки [1]. Одночасно з укрупненням блоку покриття, виконується монтаж фундаментних стаканів, несучих колон, міжколонних балок та зв'язків. Операції першого монтажного етапу виконуються,

виключно, методом вільного підйому з використанням традиційних кранових технологій [2]. На наступному етапі примусове переміщення (підйом) покриття на проектну висоту виконується методами підтягування або виштовхування [3]. Для обидвох варіантів примусового підйому покриттів обов'язковою умовою є значна дискретність підйомного процесу, пов'язана з переміщенням та наступною фіксацією багаточисельних конструктивних елементів, задіяних в підтягуванні чи виштовхуванні покриттів [4]. Також, для варіанту підйому покриття методом підтягування обов'язковим було влаштування багатоярусних тимчасових висотних монтажних площадок [5]. Зменшення працездатності та оптимізація процесів підйому покриттів з використанням підйомних модулів є актуальним напрямком розвитку технології зведення великопрогонових покриттів промислових та цивільних об'єктів.

Аналіз досліджень та публікацій. Велику увагу в вивченні особливостей зведення конструкцій покриттів методом вільного підйому з використанням традиційних кранових технологій і методами примусового переміщення (підйому) з використанням принципів підтягування та виштовхування приділяли відомі вітчизняні та закордонні вчені. Серед українських вчених найбільший вклад в розробку організаційно-технологічних та конструктивно-технічних рішень по зведенню покриттів промислових об'єктів зробили: Л.А. Колесник [6], В.Ф. Назаренко [7], Г.С. Ніжніковський [8], О.Ф. Осипов [9], П.Г. Резниченко [10], Н.П. Ситнік [7], Г.М. Тонкачев [3], П.П. Федоренко [1], А.А. Шкромада [1], В.К. Черненко [2]. Серед закордонних вчених великий внесок в розробку науково-теоретичних та практичних рішень по зведенню великопрогонових залізобетонних та металевих покриттів зробили Н. Engel [11], К. Fliger [12], E. Kühn [13], G. Orlik [14], L. Rowinski [13], Н. Rühle [12], J. Ziólko [14]. В наукових працях зазначених авторів достатньо детально проаналізовані недоліки та переваги відомих кранових та безкранових варіантів підйому покриттів, проте відсутній алгоритм розвитку та вдосконалення технологічних рішень по примусовому переміщенню покриттів на проекту висоту з використанням підйомних модулів.

Постановка задачі. На закладі аналізу особливостей відомих організаційно-технологічних варіантів підйому великорозмірних покриттів методами підтягування та виштовхування необхідно обґрунтувати теоретичні основи створення інноваційної технології зведення великопрогонових покриттів з використанням підйомних модулів, згідно з якою вертикальне переміщення опорних ригелів покриттів з рівня фундаментів до рівня оголовок несучих колон відбувається методом виштовхування зі спиранням на оголовки підрозсувальних монтажних колон у просторі між спареними колонами опорного каркасу. В процесі підрозсування монтажних колон задіяні гідравлічні домкрати, розміщені на фундаментах, та фіксатори підйому, закріплені на колонах опорного каркасу. Мета розробляємої технології – зменшення об'ємів висотних монтажних робіт та скорочення загальних строків підйомних робіт за умови виконання всього комплексу робіт по зведенню покриттів в умовах щільної забудови на ділянках, розміри яких не перевищують габаритні розміри великопрогонових покриттів, що піднімаються.

Вклад основного матеріалу досліджень. Дослідження організаційно-технологічних і конструктивно-технічних особливостей зведення великопрогонових покриттів були виконані на прикладі будівництва промислових об'єктів в Україні. Варіант підйому покриття методом виштовхування зі спиранням ригелів покриття на оголовки підрозсувальних стовпів підйомників був

впроваджений при зведенні покриття цеху авіазаводу розмірами 144×275м. Покриття площею 39600 м² і масою 1100т піднімалось на висоту 24 м за 12 змін. В підйомі стволів підйомників були задіяні гідропідйомники ПГ-300 [5]. Варіант підйому покриття методом виштовхування показаний на рис. 1.

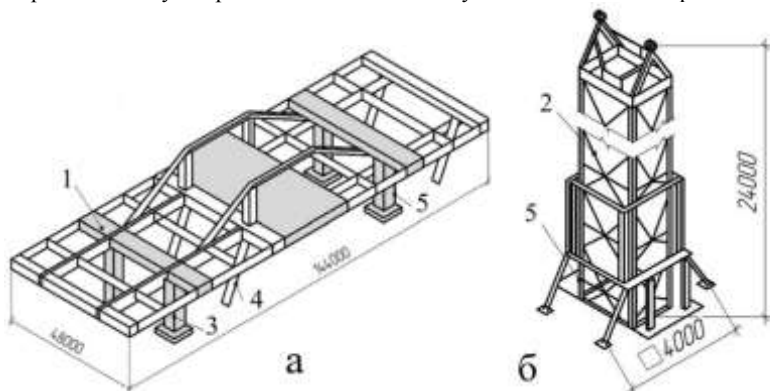


Рис. 1. Підйом покриття методом виштовхування зі спиранням несучих ригелів покриття на оголовки підрошувальних стволів підйомників:
а – великопрогонове покриття в процесі підйому,
б – підйомний модуль ПГ-300, *1* – покриття,
2 – сегменти ствола підйомника, *3* – підрошений ствол підйомника,
4 – цілісна проектна колона, *5* – гідравлічні домкрати

Суцільні проектні колони буди прикріплені до нижньої поверхні несучих ригелів покриття в період укрупнення великопрогонового покриття на низьких риштуваннях. В процесі підйому покриття проектні колони змінювали положення з горизонтального до вертикального. На завершальній фазі підрошування стволів підйомників проектні колони закріплювались в фундаментних стаканах., при цьому, багаторазово виконувались «підйом-опускання» оголовоків підрошувальних підйомників в висотних межах до 300 мм з регулюванням місць стикування ригелів блоків покриття. Після закріплення ригелів покриття демонтували стволі підйомників. До недоліків впровадженої технології можна віднести складність посадки блоків покриття на оголовки проектних колон та значну працеземність монтажних робіт на висоті 24м, пов'язаних з остаточним закріпленням ригелів покриття. До переваг розглянутої технології можна віднести відсутність проміжних висотних монтажних площадок. В роботах на висоті 24м монтажники були задіяні тільки на завершальній фазі при фіксації оголовоків проектних колон та закріпленню ригелів покриття. Весь процес підрошування стволів підйомників був сконцентрований на фундаментах.

Варіант підйому покриття методом підтягування був впроваджений при зведенні великопрогонового покриття авіаційного заводу. Покриття складалось з блоків розмірами 96 х 48м та 96 х 54м і масою 1100 – 1200 т [6, с. 74-76]. Підйом двох покрівельних блоків (загальна площа 40000 м² на висоту 34 м був виконаний за 10 змін. [4]. Гідропідйомники ПШ-330 були розташовані на оголовках проектних колон і виконували циклічне підтягування ригелів покриттів за

допомогою шарнірно-ланцюгової тягової стрічки. Тягова стрічка була шарнірно прикріплена до балки піднімаемого покриття. В якості опорних конструкцій для гідропідіймника використовувались колони несучого каркасу з проміжними столиками для тимчасового спирання блоку покриття в процесі переміщення на проектну висоту. Процес підйому покриття методом підтягування та вузол фіксації ригеля піднімаемого покриття показані на рис. 2.

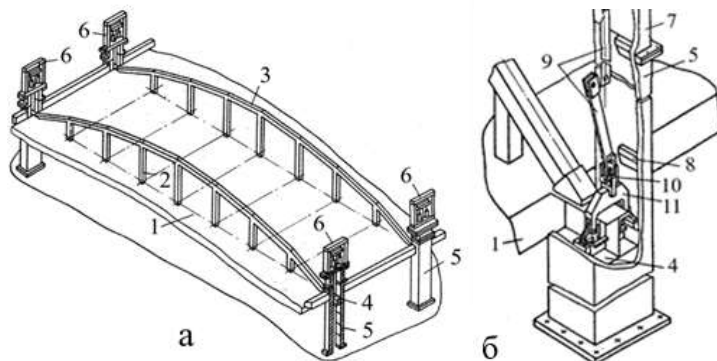


Рис. 2. Підйом великопрогонового покриття методом підтягування:
а – покриття в процесі підйому, *б* – вузол фіксації опорного ригеля піднімаемого покриття, *1* – блок покриття, *2* – стійка ферми покриття, *3* – верхній пояс ферми покриття, *4* – опорний ригель покриття, *5* – колона несучого каркасу, *6* – підіймник ПШ-330, *7* – опора підіймника, *8* – проміжний підйомний упор, *9* – тягова стрічка, *10* – перехідна ланка тягової стрічки, *11* – стропувальна траверса

До недоліків розглянутої технології можна віднести складний монтаж і демонтаж підйомного обладнання на значній висоті з утворенням опорних площадок для підіймників (додатковий розхід опорних металоконструкцій склав 160 т), складне і небезпечне обслуговування підіймника на висоті 34 м, необхідність утворення великої кількості проміжних висотних площадок для демонтажу ланцюгів тягової стрічки по мірі підйому покриття. До переваг аналізованого рішення можна віднести утворення жорсткого поперечного каркасу з несучих колон та міжколонних балок, та використання спарених колон несучого каркасу в якості направляючих для ригелів покриття в процесі переміщення покриття на проектну висоту.

З урахуванням перелічених переваг варіантів підйому покриття методами підтягування та виштовхування, була розроблена нова технологія зведення великопрогонових покриттів з використанням підйомних модулів. Згідно з розробленою технологією, спарені колони несучого каркасу використовуються в якості направляючих для вертикального переміщення ригелів покриття, попередньо укрупненого на низьких рихтуваннях. Вертикальне переміщення покриття виконується методом виштовхування за умови спирання ригелів покриття на оголовки підрозсувальних монтажних колон. Оголовки та всі наступні секції підрозсувальних монтажних колон в нижній частині з двох бокових сторін мають консольні опорні виступи. Підрозсування монтажних колон виконується за

допомогою підйомних модулів та фіксаторів підйому. Підйомні модулі складаються з гідравлічних домкратів, встановлених на фундаментах в просторі між спареними колонами та опорних площадок, прикріплених до штоків гідравлічних домкратів. Фіксатори підйому складаються з консольних опорних площадок, закріплених на зовнішніх сторонах спарених колон, гідроциліндрів, розташованих в торцях консольних площадок та пересувних ригелів. Вертикальне переміщення підрозувальних секцій монтажних колон відбувається між напрямними профілями, закріпленими на внутрішніх поверхнях спарених колон каркасу. Процес підйому покриття методом виштовхування має циклічний характер. В кожному циклі висота переміщення ригелів покриття в просторі між спареними колонами каркасу дорівнювалась довжині робочого ходу штоків гідравлічних домкратів підйомного модуля. Послідовні фази циклу підйому ригелів покриття зі спиранням на оголовки монтажних підрозувальних колон складаються з наступних операцій:

Фаза 1. «Передача навантаження від покриття на підйомний модуль». Спочатку, в процесі укрупнення покриття на риштуваннях під несучими ригелями покриття закріплюють опорні рами. Ригелі покриття та опорні рами заводять в простір між спареними колонами несучого каркасу та опускають на оголовки монтажних підрозувальних колон, які розміщені на опорних площадках підйомних модулів. Опорні площадки приєднані до штоків гідравлічних домкратів підйомних модулів, розташованих на фундаментах в просторі між спареними колонами несучого каркасу. Таким чином навантаження від конструктивних елементів піднімаемого покриття, оголовків монтажних колон та опорних площадок передається на гідравлічні домкрати підйомних модулів.

Фаза 2. «Підйом покриття зі спиранням на оголовки монтажних колон». При подачі робочої рідини в корпуси гідравлічних домкратів відбувається переміщення (виштовхування) опорних площадок підйомних модулів, оголовків монтажних колон та конструкцій покриття на висоту, яка дорівнюється довжині робочого ходу штоків гідравлічних домкратів. За умови переміщення опорних рам та несучих ригелів покриття в просторі між спареними колонами каркасу, останні виконують функцію обмежувачів відхилень в горизонтальній площині покриття, що піднімається. Для контролю вертикальності переміщення секцій монтажних колон, що підрозуються, служать напрямні профілі, закріпленні на внутрішніх поверхнях спарених колон каркасу. Штоки гідравлічних домкратів виштовхують до моменту, поки консольні виступи оголовків монтажних колон не піднімуться вище рівня розташування фіксаторів підйому, закріплених на зовнішніх поверхнях спарених колон. При цьому, ригелі фіксаторів підйому знаходяться в початковому положенні, при якому вони не створюють перешкод для підйому консольних виступів оголовків монтажних колон вище висотного рівня розміщення ригелів фіксаторів підйому.

Фаза 3. «Передача навантаження від покриття на фіксатори підйому». Після підйому оголовків монтажних колон до рівня, при якому їхні консольні виступи знаходяться вище рівня розміщення ригелів фіксаторів підйому, виконується подача робочої рідини в гідроциліндри фіксаторів підйому, що дозволяє перемістити ригелі фіксаторів підйому під консольні виступи оголовків монтажних колон. На наступному етапі штоки гідравлічних домкратів підйомних модулів переміщують вниз опорні площадки з оголовками монтажних колон до моменту, поки консольні виступи оголовків монтажних колон не опустяться на ригелі фіксаторів підйому. Таким чином навантаження від конструкції покриття

через консольні виступи оголовків монтажних колон передається на ригелі фіксаторів підйому. Звільнені від навантаження опорні площадки переміщують в початкове положення в напрямку корпусів гідравлічних домкратів підйомного модуля. Після цього на опорні площадки підйомного модуля подають наступні секції монтажної колони для виконання процесу підрозування. Фази циклу підйому покриття зі спиранням на підрозувальні монтажні колони показані на рис. 3.

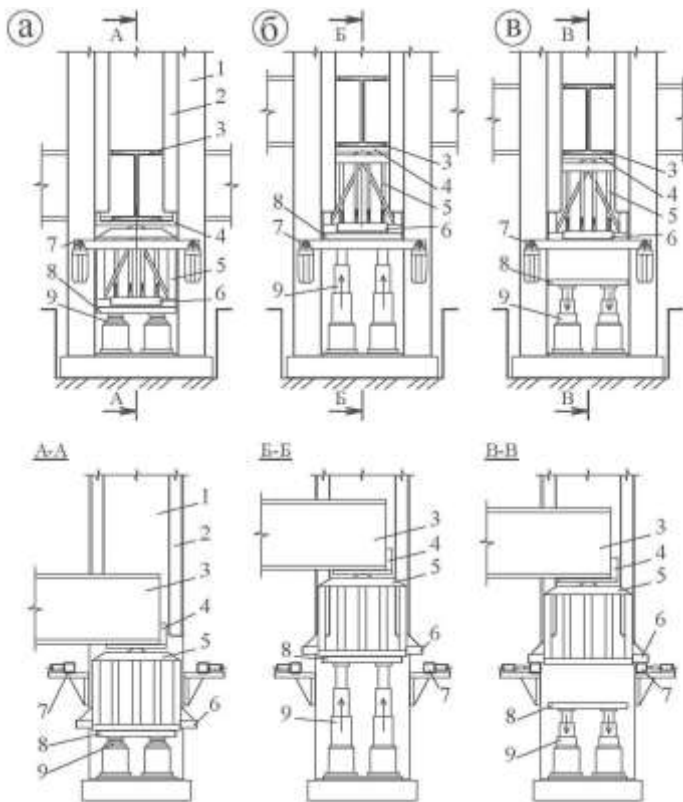


Рис. 3. Фази циклу підйому покриття зі спиранням на підрозувальні монтажні колони: *a* – передача навантаження від покриття на підйомний модуль, *б* – підйом покриття зі спиранням на оголовки монтажних колон, *в* – передача навантаження від покриття на фіксатори підйому, 1 – колона каркасу, 2 – напрямний профіль, 3 – ригель покриття, 4 – опорна рама, 5 – оголовок монтажної колони, 6 – консольний виступ оголовка монтажної колони, 7 – ригель фіксатора підйому, 8 – опорна площадка підйомного модуля, 9 – гідравлічний домкрат підйомного модуля

Процес зведення великопрогонового покриття згідно з розробленим рішенням складається з трьох послідовних організаційно-технологічних етапів.

«Передпідйомний етап». Методом вільного підйому з використанням самохідних стрілових кранів монтують фундаментні стакани, спарені колони, міжколонні балки та зв'язки. На фундаментах в просторі між спареними колонами розміщують складові підйомних модулів, а саме гідравлічні домкрати та опорні площадки. На опорні площадки подають оголовки монтажних колон. На зовнішніх поверхнях спарених колон каркасу закріплюють фіксатори підйому, яку складаються з несучих консольних площадок з гідравлічними циліндрами та пересувних ригелів. На низьких риштуваннях укрупнюють покриття, при цьому під несучими ригелями покриттів закріплюють опорні рами. В процесі укрупнення покриття несучі ригелі та опорні рами заводять в простір між спареними колонами каркасу та опускають на оголовки монтажних колон. Після монтажу технологічного обладнання, яке передбачене в конструкції покриття та утворення всіх покривельних прошарків, конструктивно-технологічний блок 100% готовності може бути піднятий на проектну висоту.

«Підйомний етап». Підйом несучих ригелів покриття між спареними колонами каркасу має циклічний покроковий характер. Висота кожного кроку підйому покриття еквівалентна довжині робочого ходу штока гідравлічних домкратів, які виштовхують секції підрозсувальних монтажних колон та, розташовані на них, опорні рами і несучі ригелі покриття. В процесі підйому покриття навантаження від підрозсувальних колон та конструкцій покриття по чергово передається на опорні площадки підйомних модулів та на ригелі фіксаторів підйому. Після підйому несучих ригелів покриття до рівня проектної висоти, виконують остаточну фіксацію опорних рам покриття між оголовками спарених колон каркасу. Звільнені від навантаження, секції монтажних колон демонтують.

«Післяпідйомний етап». Демонтаж секцій монтажних колон виконують в зоні фундаментів. В процесі демонтажу навантаження від секцій монтажних колон по чергово передається на опорні площадки підйомних модулів та на ригелі фіксаторів підйому. Після демонтажу всіх секцій монтажних колон виконують переміщення підйомних модулів та фіксаторів підйому з зони монтажних робіт.

Послідовність зведення блоку покриття зі спіранням опорних рам та ригелів покриття на оголовки підрозсувальних монтажних колон зображена на рис. 4.

Використання розробленої технології дозволяє зменшити об'єми верхолазних робіт до операцій по остаточному закріпленню ригелів покриттів на проектній висоті, скоротити загальні строки підйомних робіт за умови виконання всього комплексу робіт по зведенню покриттів на майданчиках, розміри яких не перевищують габаритні розміри великопрогонового покриття, що піднімається. Всі процеси підрозсування секцій стволів підйомних модулів та переміщення несучих ригелів покриття з рівня фундаментів до рівня оголовків колон автоматизовані. Оператори, керуючи процесом зведення покриттів підйомними модулями, знаходяться за межами зони підйомних робіт.

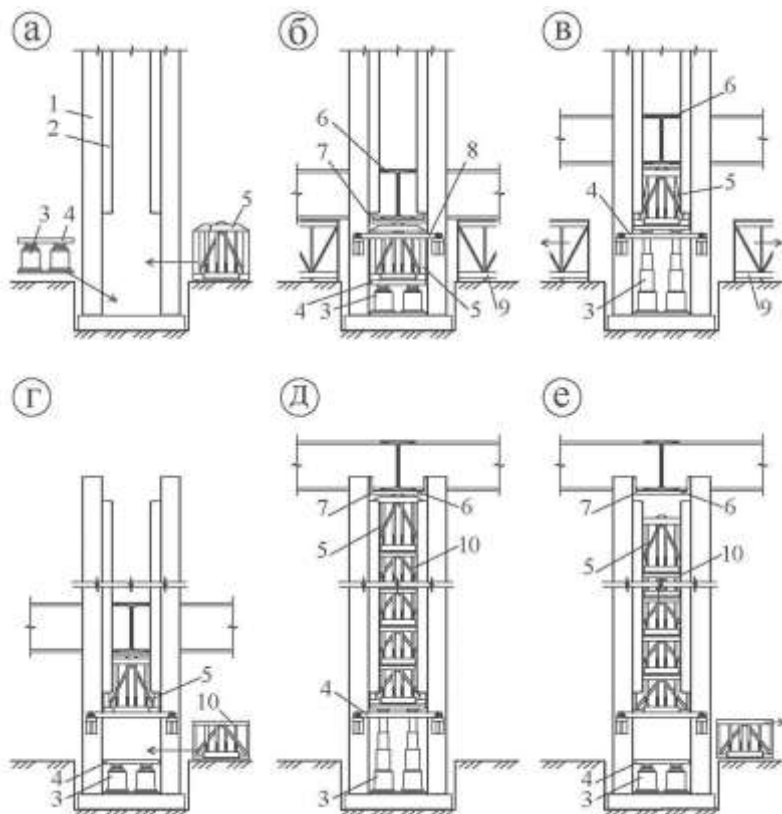


Рис. 4. Послідовність зведення блоку покриття зі спиранням опорних рам та ригелів покриття на оголовки підрозумувальних монтажних колон:

a, б – передпідйомний етап, *в, г, д* – підйомний етап, *е* – післяпідйомний етап, *1* – колона каркасу, *2* – напрямний профіль, *3* – гідравлічний домкрат, *4* – опорна площадка, *5* – оголовок підрозумувальної монтажної колони, *6* – ригель покриття, *7* – опорна рама, *8* – ригель фіксатора підйому, *9* – рихтування, *10* – друга секція монтажної підрозумувальної колони

Висновки:

- з урахуванням переваг відомих варіантів підйому покриттів методами підтягування та виштовхування було розроблене нове організаційно-технологічне рішення по зведенню великопрогонових покриттів підйомними модулями. Згідно з розробленим рішенням, вертикальне переміщення покриттів на проектну висоту виконується за умови спирання несучих ригелів покриттів в просторі між спареними колонами несучого каркасу на оголовки підрозумувальних монтажних колон. В процесі підрозумування колон навантаження від секцій монтажних колон

та покриття, що піднімається, по чергово сприймається гідравлічними домкратами підйомного модуля, розташованого на фундаментах в просторі між спареними колонами каркасу, та ригелями фіксаторів підйому, закріпленими на зовнішніх поверхнях спарених колон;

- всі процеси підрошування секцій монтажних колон та переміщення ригелів покриття в просторі між спареними колонами каркасу з рівня фундаментів на проектну висоту автоматизовані. Скорочення об'ємів верхолозних робіт до операцій по остаточному закріпленню ригелів покриття між оголовками колон каркасу дозволяє скоротити загальні строки підйомних робіт. При використанні розробленої технології весь комплекс робіт по зведенню покриттів може виконуватись в умовах щільної забудови на ділянках, розміри яких не перевищують розміри великопрогонового покриття, що піднімається;

- організаційно-технологічні принципи розробленого рішення можуть бути використанні при випрацюванні технологічних схем підйому великорозмірного та важкого технологічного обладнання в промислових цехах у випадках, коли використання традиційних кранових технологій для підйому обладнання неможливе. При підвищенні несучих характеристик спарених колон каркасу підйом конструктивно-технологічних покрівельних блоків з застосуванням розробленої технології можливий на висоті, більші ніж 34м.

Список літератури:

1. Федоренко П.П., Шкромада А.А. *Индустриальные методы строительства промышленных предприятий*. Киев, Будівельник, 1988, 200 с.
2. Черненко В.К. *Методы монтажа строительных конструкций*. Киев, Будівельник, 1982, 208 с.
3. Черненко В.К., Осипов О.Ф., Тонкачев Г.М., Назаренко І.І. та ін. *Технологія монтажу будівельних конструкцій*. За редакцією Черненко В.К. Київ, Будівельник, 2011, 374 с.
4. Игнатенко А.А., Глушенко И.В. Развитие технологии подъема покрытий гидropодъемными установками. *Промышленное строительство и инженерные сооружения*. 1992, №1, С.26-27.
5. 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.
6. Колесник Л.А., Шнайдер А.И., Черненко В.К. и др. *Крупноблочный монтаж строительных конструкций*. Киев, Будівельник, 1990, 320 с.
7. 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.
8. Нижниковский Г.С, Гуревич Э.И., Ланда С.Л. и др. *Крупноблочный монтаж промышленных зданий и сооружений*. Киев, Будівельник, 1979, 256 с.
9. Осипов А.Ф. *Адаптивные динамические трансформирующиеся технологические системы. Методология проектирования организационно-технологических решений реконструкции зданий*. Киев, ФОП Ямчинський О.В., 2022, 393 с.
10. Нижниковский Г.С., Резниченко П.Г. *Технология монтажа металлических конструкций*. Киев-Донецк, Вища школа, 1981, 236 с.

- 11 Engel, H. (2007). *TPG Systeme. Verlag Gerd Hatje*. Translation from German by Andreeva L.A. M.: Astel, 344.
12. Fligier, K., Rowinski, L. (1977). *Montaz zintegrowanych konstrukcji budowlanych*. Warszawa: Pansnwowe wydawnictwo naukowe, 128.
13. Rühle, H., Kühn, E., Weissbach, K. (1978). *Priestorové strešné konštrukcie*. Bratislava: Vydavateľstvo ALFA, 328.
14. Ziółko, J., Orlik, G. (1980). *Montaż konstrukcji stalowych*. Warszawa: Arcady

Reference:

1. Fedorenko, P. P., Shkromada, A. A. (1988). *Industrial methods of construction of industrial enterprises*. Kyiv [in Russian].
2. Chernenko, V. K. (1982). *Methods of installation of buildings structures*. Kyiv [in Russian].
3. Chernenko, V. K., Osypov, O. F., Tonkacheiev, H. M., Romanushko, Ye. H., Nazarenko, I.I. Cherep, V.I., ..., Osypov, S. O. (2011). *Technology of installation of buildings structures*. Kyiv [in Ukrainian].
4. Ignatenko, A. A., Hluschenko, Y. V. (1992). Development of coating lifting technology with hydraulic lifting devices. *Industrial construction and engineering structures*, 26-27 [in Russian].
5. Sobko, Yu. T., Chernenko, V. K. (2016). Research of the main technological indicators influencing craneless methods of lifting of structural coverings. *New Technologies in Construction*, 31, 50–58 [in Ukrainian].
6. Kolesnik, L. A., Shnaider, A. I., Chernenko, V. K., Nesterenko, N. I. (1990). *Large-block assembly of building structures*. Kyiv [in Russian].
7. Nazarenko, V. F., Sytnik, N. P., Nikolaev, V. V. (1986). Hydraulic lifting installations on assembling of large-span structures. *Installation and special works in construction. Scientific and Practical Journal*, 5, 15-20 [in Russian].
8. Nizhnikovsky, G. S., Gurevich, E. I., Landa, S. L., Kontorchyk, A. Ya. (1979). *Large Block Installation of Industrial Buildings and Structures*. Kyiv [in Russian].
9. Osipov, A. F. (2022). *Adaptive dynamic transforming technological systems. Methodology of Designing Organizational and Technological Solutions for Building Reconstruction*. Kyiv [in Russian].
10. Nizhnikovsky, G. S., Reznichenko, P. G. (1981). *Technology of installation of metal structures*. Kyiv-Donetsk [in Russian].
11. Engel, H. (2007). *TPG Systeme. Verlag Gerd Hatje*. Moscow [in Russian].
12. Fligier, K., Rowinski, L. (1977). *Montaz zintegrowanych konstrukcji budowlanych*. Warszawa [in Polish].
13. Rühle, H., Kühn, E., Weissbach, K. (1978). *Priestorové strešné konštrukcie*. Bratislava [in Slovak].
14. Ziółko, J., Orlik, G. (1980). *Montaż konstrukcji stalowych*. Warszawa [in Polish].

O.O. Ignatenko

Improvement of technological solution of erection large-span coatings by lifting modules

After studying the organization and technological aspects of existing solutions for lifting large-span coatings through pulling and pushing, a new technological approach for erecting coatings using lifting modules was developed. According to the developed

solution, first, by methods of free lifting using self-propelled boom cranes, twin columns of the frame, inter-column beams and bundles are mounted. On the foundations between the paired columns are placed lifting modules, which consist of hydraulic jacks and lifting platforms. Installation column heads are installed on lifting platforms. The external surfaces of carcass columns are secured with lifting retainers that are made of cantilevered support platforms, hydraulic cylinders, and movable crossbars. On low scaffolding, structural and technological blocks of coatings are increased. At that bearing crossbars of coatings are introduced into space between paired columns of frame and lowered onto heads of mounting columns. At the second stage of installation works by method of pushing out the coating is moved to the design height provided that supporting crossbars of the coating are supported on the heads of growing installation columns. In the process of growing the sections of the installation columns, the load from the raised coating and sections of the installation columns is alternately transferred to the hydraulic jacks of the lifting modules and the girders of the lifting locks. According to the developed solution, all the processes of growing the sections of installation columns and moving the roof girders from the foundation level to the level of the heads of the frame columns are automated Work on the construction of coatings can be performed in conditions of dense buildings on the site, the size of which does not exceed the overall dimensions of the rising coating. The volumes of high-altitude works have been reduced to operations for fixing the bearing crossbars of the coatings between the heads of the paired columns of the frame, which allows to significantly reduce the total time of lifting works.

Key words: *lifting modules, erection of large-span coatings, growth of installation columns.*