

Володимир РАШКІВСЬКИЙ,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0002-5369-6676

Олександр ІГНАТЕНКО,

канд. техн. наук

ORCID: 0009-0009-7691-884X

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ МОНТАЖНИХ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ ПРИ ЗВЕДЕННІ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ БУДІВЕЛЬ

В справжній статті приведений аналіз технологічних особливостей використання монтажних машин та механізмів при зведенні великопрогонових будівель за останні сімдесят років. Також були проаналізовані технічні характеристики сучасних машин і механізмів, задіяних в процесах підйому надважких великогабаритних конструкцій. Згідно з принципами організаційно-технологічного структурування та класифікацій методів монтажу, мобільні та обмежено-мобільні крани задіяні в процесах по передпідйомному укрупненню покрівельних конструкцій на монтажних стендах та наступному підйому блоків великопрогонових покриттів на проектні висотні відмітки. Передпідйомне укрупнення та підйом блоків покриттів на рівень оголовків колон каркасу за допомогою кранів виконуються методом вільного підйому підтягуванням. Немобільні монтажні механізми задіяні тільки в технологічних процесах по переміщенню укрупнених блоків покриттів з рівня монтажних стендів на проектну висоту методами примусового підйому (переміщення) підтягуванням чи виштовхуванням. В умовах сьогодення при будівництві нових, чи реконструкції, пошкоджених триваючою війною, великопрогонових залізобетонних та металевих покриттів на щільно забудованих територіях, переміщення мобільних та обмежено-мобільних кранів по зовнішньому контуру об'єктів будівництва обмежене, а часто взагалі неможливе. Мобільні крани можуть переміщуватись, виключно, у внутрішньому просторі об'єкту, що будується, між колонами несучого каркасу і бути використанні тільки в процесах передпідйомного укрупнення великопрогонових покриттів. Переміщення повнозбірних конструктивно-технологічних блоків покриттів з рівня монтажних стендів до рівня оголовків колон в умовах щільної забудови виконують немобільні монтажні механізми, які використовують несучі колони каркасів в технологічних процесах зведення покриттів в якості вертикальних напрямних і опорних поверхонь.

Ключові слова: *конструктивно-технологічні варіанти зведення, підйомні модулі, механізоване технологічне обладнання, великопрогонові покриття.*

Вступ. Дослідження конструктивно-технологічних процесів зведення металевих та залізобетонних великопрогонових покриттів (ВП) промислових та цивільних об'єктів за останні сімдесят років дозволяє констатувати, що можливості використання мобільних та обмежено-мобільних кранів в повному технологічному циклі зведення конструкцій ВП, а саме складування окремих

конструктивних елементів покриттів на будівельному майданчику, передпідйомне укрупнення покриттів на монтажних стендах та переміщення укрупнених сегментів покриттів чи повнозбірних блоків покриттів з вмонтованим технологічним обладнанням на проектні відмітки, стають дедалі меншими. Головна причина, яка не дозволяє повноцінно використовувати в технологічних процесах мобільні та обмежено-мобільні крани – це щільність забудови промислових зон та міських кварталів. Мобільні компактні крани все більше використовуються, виключно, в процесах передпідйомного укрупнення блоків покриттів у міжколонному просторі великопрогонових будівель, що зводяться. В технологічних процесах вертикального переміщення укрупнених блоків покриттів сьогодні задіяні немобільні монтажні механізми. Дослідження особливостей використання різноманітних монтажних машин та механізмів при зведенні великопрогонових будівель та випрацювання новітніх конструктивно-технологічних рішень по зведенню нових та реконструкції, пошкоджених триваючою війною, ВП з використанням немобільних монтажних механізмів, є актуальною задачею вітчизняної будівельної галузі

Аналіз досліджень та публікацій

Дослідженнями особливостей технологічних процесів по зведенню великопрогонових будівель з залученням в монтажні процеси різноманітних монтажних машин та механізмів займалися видатні вітчизняні та закордонні вчені. Серед вітчизняних вчених, це В.К. Черненко [1], П.П. Федоренко, [2], І.І. Назаренко [3], Л.А. Колесник [4], Г.М. Тонкачев [5], О.Ф. Осипов [6], Серед закордонних вчених, це Н. Rühle [7], Н. Engel [8], J. Ziółko [9], K. Fligier [10], D. Friedman [11]. Технічні характеристики сучасних монтажних машин та механізмів, використовуваних при зведенні великорозмірних надважких будівельних конструкцій представлені у звітах концернів Terex-Demag [12], Liebherr [13], [14], [15], XCMG Xca5000 [16], Zoomlion [17], [18], MAMMOET [19], FAGOLI [20], SARENS GROUP [21]. В роботах згаданих науковців та звітах виробничих концернів детально розписані технологічні процеси зведення ВП, але відсутній технологічний алгоритм використання монтажних машин і механізмів при зведенні ВП в умовах щільної забудови.

Постановка задачі

На закладі детального аналізу технологічних особливостей використання різноманітних монтажних машин та механізмів в процесах зведення покриттів великопрогонових будівель необхідно відібрати з великого арсеналу мобільних, обмежено-мобільних та немобільних машин і механізмів саме ті, які в складі механізованого технологічного обладнання зможуть виконувати весь комплекс робіт по передпідйомному укрупненню блоків покриттів та майбутнє вертикальне переміщення конструктивно-технологічних блоків покриттів на проектні висотні відмітки в умовах щільної міської забудови при будівництві нових та реконструкції, пошкоджених триваючою війною, ВП реабілітаційних центрів, лікарень, багатоцільових терміналів, ангарів авіаційнобудівельних заводів та цехів важкого машинобудування.

Виклад основного матеріалу досліджень

Відповідно до організаційно-технологічної структури монтажного процесу при зведенні ВП центральними складовими та структурними елементами, які характеризують використовуємий метод монтажу, виступають монтажні машини і механізми, задіяні в процесах складування, передпідйомного укрупнення та підйому (переміщення) покрівельних конструкцій на проектні відмітки [1]. По

технологічним ознакам здатності пересування і зміни монтажних зон, монтажні машини і механізми підрозділяються на мобільні, обмежено мобільні та немобільні [2]. 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 механізмів методом вільного підйому (ММ1) або немобільними монтажними механізмами методом примусового підйому (переміщення) з використанням вертикальних напрямних (ММ2), похилих або горизонтальних напрямних (ММ3) та підрошувальних колон (ММ4) [2]. Варіанти використання монтажних машин та механізмів при зведенні ВП за період 1951 – 2024 р.р., представлені в табл.1.

Мобільні монтажні машини і механізми виконують вільне переміщення між монтажними зонами в процесі зведення покриттів. За конструкцією агрегатів ходової частини мобільні монтажні машини розділяють на автомобільні, пневмоколісні та гусеничні. Перевагою мобільних кранів, в першу чергу пневмоколісних та гусеничних, є можливість маневрування в процесі зведення ВП по території всього будівельного майданчика, як між колонами каркасу (табл. 1, 1), так і по зовнішньому контуру об'єкта будівництва (табл. 1, 2-3). Умови сьогодення при будівництві великорозмірних об'єктів на щільно забудованих територіях все частіше обмежують переміщення кранів за межами зовнішнього контуру об'єктів будівництва. Як правило, компактні мобільні крани пересуваються у внутрішньому просторі між несучими колонами каркасів.

Сучасні лідери серед пневмоколісних та гусеничних мобільних кранів по показниках вантажопідйомності $Q_{t\ max}$ (тон) та висоти підйому $H_{t\ max}$ (м):

пневмоколісні крани

Terex-Demag AC 1170	$Q_{t\ max} - 1000\ \text{т}$	$H_{t\ max} - 126\ \text{м}$
Liebherr 11200-9.1	$Q_{t\ max} - 1200\ \text{т}$	$H_{t\ max} - 100\ \text{м}$
XCMG XCA5000	$Q_{t\ max} - 1600\ \text{т}$	$H_{t\ max} - 130\ \text{м}$
Zoomlion ZACB01	$Q_{t\ max} - 2000\ \text{т}$	$H_{t\ max} - 166\ \text{м}$

крани на гусеничному ходу

LIEBHERR LR 13000	$Q_{t\ max} - 3000\ \text{т}$	$H_{t\ max} - 132\ \text{м}$
MAMMOET SK6000	$Q_{t\ max} - 6000\ \text{т}$	$H_{t\ max} - 220\ \text{м}$

Область використання згаданих мобільних кранів – це підйом надважкого технологічного обладнання при будівництві промислових об'єктів, в першу чергу, нафтопереробних заводів та вітрових електростанцій (рис. 1).

Таблиця 1

Варіанти реалізованих конструктивно-технологічних рішень зведення великопрогонових покриттів з використання монтажних машин та механізмів

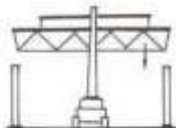
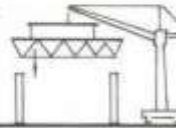
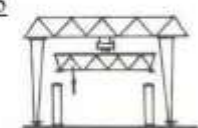
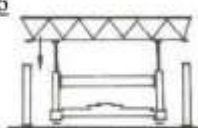
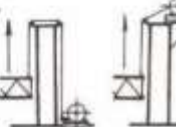
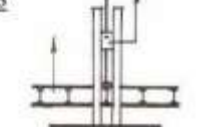
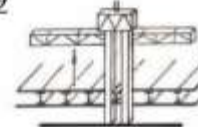
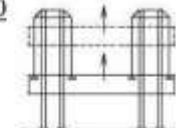
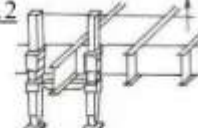
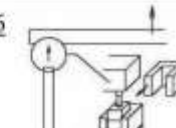
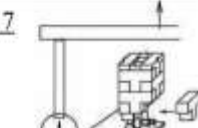
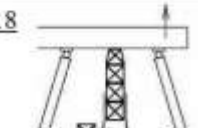
ВІЛЬНИЙ ПІДРОМ ПОКРИВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ МЕТОДОМ ПІДІГУВАННЯ	МОБІЛЬНІ МОНТАЖНІ МАШИНИ ТА МЕХАНІЗМИ		
	ММ 1	1 	2 
	ОБМЕЖЕНО МОБІЛЬНІ МОНТАЖНІ МАШИНИ ТА МЕХАНІЗМИ		
ММ 1	4 	5 	6 
	НЕМОБІЛЬНІ МОНТАЖНІ МЕХАНІЗМИ		
ММ 2	7 	8 	9 
	10 	11 	12 
ММ 3	13 	14 	15 
ММ 4	16 	17 	18 



Рис. 1. Приклад використання гусеничного крану Mammoet SK6000

Залучення ж потужних кранів в процеси підйому повнозбірних блоків покриттів з рівня укрупнювальних стендів на проектну висоту не спостерігається. Технологічні схеми підйому великогабаритних блоків покриттів за допомогою декількох кранів передбачають використання металоємних та габаритних траверс. В блоках покриттів, 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 – процес складний з високим ступенем ризиків (пориви вітру на висотах 24 – 38м, розтягування траверсних стропів, відхилення опорних вузлів переміщуємих блоків ВП від горизонтальної площини). При зведенні ВП покриттів, традиційно, використовують пневмоколісні та гусеничні крани з характеристиками $Q_{t\max} \leq 100$ (т), $H_{t\max} \leq 40$ (м).

Обмежено мобільні монтажні машини і механізми, використовуємі при зведенні ВП покриттів, це баштові (табл.1, 4) і козлові крани (табл.1, 5), мостові установники (Таб.1, 6). Зони складування, укрупнення та підйому покриттів на проектні відмітки для козлових кранів та мостових установників розміщуються між коліями. Для варіантів баштових кранів, згідно способів розміщення монтажних механізмів, передбачені два варіанти – це пересувні та стаціонарні. Пік використання козлових, баштових кранів та мостових установників при зведенні ВП припадає на 80 – 90 роки минулого сторіччя. В умовах сьогодення при щільно забудованих територіях на більшості будівельних майданчиків немає можливості утворення колійних шляхів для козлових чи пересувних баштових кранів. Використання стаціонарних баштових кранів в конструктивно-технологічних рішеннях, передбачаючих переміщення на проектні відмітки окремих несучих конструкцій покриттів чи укрупнених блоків покриттів з улаштуванням громіздких багоярусних тимчасових опорних каркасів та монтажних лісів є трудомістким та технологічно неефективним. Єдиний варіант використання баштових потужних кранів при зведенні ВП в умовах щільної забудови, це монтаж несучого каркасу майбутньої будівлі (колони, міжколонні балки і зв'язки) та утворення повнозбірного конструктивно-технологічного блоку покриття на монтажних стендах (висота до 2,5м) в зоні майбутнього

вертикального переміщення блоку покриття на проектні відмітки. Світовим лідером серед стаціонарних баштових кранів є Zoomlion R2000-72 $Q_{t\max} \leq 720$ (т), $H_{t\max} \leq 420$ (м).

В операціях по укрупненню покриттів, традиційно, задіяні стаціонарні баштові крани з характеристиками $Q_{t\max} \leq 11$ (т), $H_{t\max} \leq 52$ (м).

Немобільні монтажні механізми за технологічними ознаками поділяють на переносні та стаціонарні. Арсенал переносних немобільних механізмів, використовуємих при зведенні ВП – це електролебідки і гідравлічні домкрати. Обов'язковою умовою використання стаціонарних немобільних механізмів (монтажні щогли, 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, 7), похилих і горизонтальних напрямних (табл.1, 13 - 14). При примусовому переміщенні ВП щоглами (табл.1, 11) обов'язковим є одночасне використання мінімум трьох підйомних механізмів. Зведення ВП, при цьому, виконують трубчастими щоглами $50 \leq Q_t \leq 70$ (т) та ґратчастими щоглами $100 \leq Q_t \leq 280$ (т).

Гідравлічні домкрати (гідроциліндри) односторонньої дії, використовуємі в стаціонарних чи переносних немобільних механізмах (гідропідйомних установках) являються основними складовими багатоваріантних технологічних рішень безкранового зведення ВП починаючи з 50-х років минулого сторіччя, при цьому, вертикальне примусове переміщення блоків покриттів на проектні відмітки гідроциліндрами виконується методом виштовхування чи методом підтягування [1]. Так в 1951 р. при зведенні монолітного з/б ВП масою 4200 т (аеропорт в м. Марсель, Франція) вперше був використаний метод виштовхування для верхнього підрощування колон [8] за умови розташування гідродомкратів між ВП, що зводилось, та оголовками підрощувальних колон (табл.1, 16). В 1957 р. при зведенні ВП монолітного з/б ВП масою 5400 тон (аеропорт, м. Абінгтон, Велика Британія) вперше був використаний метод виштовхування для нижнього підрощування колон [10] за умови розміщення гідродомкратів на фундаментах під підрощувальними колонами, на які спиралось ВП покриття, що зводилось (табл. 1, 17). Принцип нижнього підрощування колон був успішно використаний при розробці вітчизняного стаціонарного гідропідйомника ПГ-300 (табл. 1, 18), при використанні якого ригелі покриття в процесі вертикального переміщення спирались на оголовки підрощувальних стволів підйомників (рис. 2).

В 1982 р., попередньо укрупнений на стендах металевий блок ВП з комплектом технологічного обладнання масою 1100 тон (авіазавод у м. Київ, Україна), був піднятий на 24 м за 12 змін [3]. Світовими лідерами серед стаціонарних гідропідйомників, виконуючих вертикальне переміщення габаритних конструкцій методом нижнього підрощування стволів підйомників, є VSL GROUP , Sarens Group , ENERPAC та FAGOLI [20], [21].

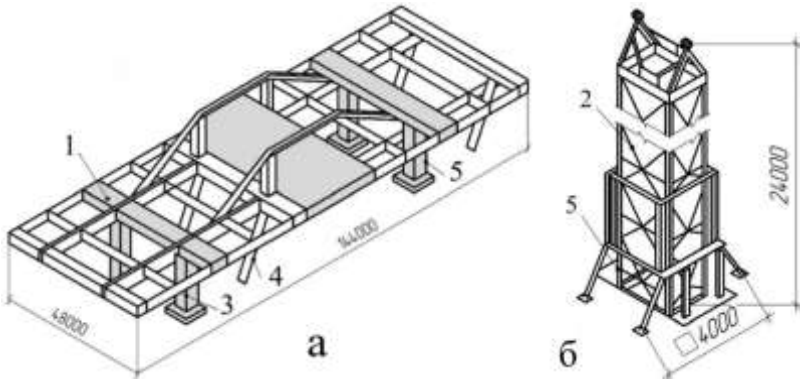


Рис. 2. Підйом покриття методом нижнього підрощування колон:
а – великопрольотне покриття в процесі підйому; б – підйомний модуль ПГ-300; 1 – покриття; 2 – сегменти ствола підйомника; 3 – підрощений ствол підйомника; 4 – цілісна проектна колона; 5 – гідравлічні домкрати

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.



Рис. 3. Стаціонарні гідропідйомні модулі Sarens Group, ENERPAC та Fagoli

Принцип розміщення гідравлічних домкратів на оголовках колон і виконання вертикального переміщення ВП методом підтягування були вперше використані в 1984 р. (табл.1, 9). ВП з комплектом технологічного обладнання (авіазавод в м. Гостомель, Україна) масою 1200 т було підняте на 34 м за 10 змін (рис. 4) [3].

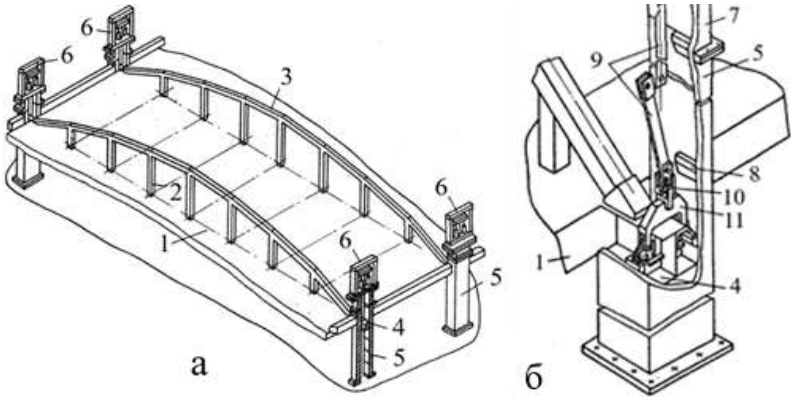


Рис. 4. Підйом великопрогонового покриття методом підтягування:

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 – 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

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. 5). Світові лідери серед виробників тросових гідравлічних підйомників – DLT Engineering, ULTRACON , FAGOLI [20]. Техніко-технологічні показники найпотужнішого щоглового тросового гідропідйомника FAGOLI – $Q_t \leq 750$ т, $H_t \leq 120$ м.



Рис. 5. Щогловий гідравлічний тросовий гідропідйомник FAGOLI

Використання щоглових тросових гідропідйомників має один суттєвий недолік для застосування в умовах щільної забудови. Монтаж (демонтаж) опорних

щоглів, передпідйомне закріплення та післяпідйомний демонтаж обладнання на висотах 30 – 40 м виконується потужними мобільними кранами. Для пересування потужних кранів по зовнішньому контуру великопрогонових будівель, що зводяться, необхідні технологічні зони шириною, не менше 6 – 8 м. В умовах щільної забудови при зведенні нових та реконструкції, пошкоджених триваючою війною, ВП покриттів забезпечити технологічні зони вказаної ширини практично неможливо.

Гідравлічні домкрати (гідроциліндри) двосторонньої дії, використовуємі в переносних чи стаціонарних немобільних механізмах, працюють за методом виштовхування. Для переносних гідродомкратів виконуючих підйом ВП, обов'язковим є взаємодія штоків гідроциліндрів з отворами в вертикальних несучих колонах (табл. 1, 8). Для стаціонарних гідропідйомників обов'язковою умовою є почергове сприйняття навантаження від піднімаємої конструкції штоками середнього та крайніх гідроциліндрів. Світовим лідером серед стаціонарних гідропідйомників вважається FAGIOLI 600 (190) з $Q_t \leq 600$ т.



Рис .6. Гідравлічний домкрат двосторонньої дії FAGIOLI 600

Представлений аналіз технологічних особливостей використання монтажних машин і механізмів при зведенні ВП та при підйомі великорозмірних надважких конструкцій дозволяє зробити висновки, що в умовах зьогодження на щільно забудованих територіях всі технологічні процеси по зведенню ВП переносяться у внутрішній простір об'єкту зведення між колонами несучого каркасу. Зони складування та передпідйомного укрупнення ВП на зовнішніх площадках, які примикають до будівель, що зводяться, не розглядаються. Процеси укрупнення блоків ВП на монтажних стендах, розташованих між каркасними колонами виконуються з використанням мобільних компактних кранів або автотранспорту. Наступне вертикальне переміщення повнозбірних конструктивно-технологічних блоків ВП з рівня монтажних стендів на оголовки несучих колон каркасу виконують немобільні монтажні механізми у вигляді

підйомних модулів, які виштовхують покрівельні конструкції на проектні висотні відмітки за умови взаємодії в процесі зведення з несучими колонами каркасів .

Висновки:

- на закладі аналізу особливостей використання монтажних машин та механізмів в технологічних процесах по зведенню ВП, буди визначенні граничні умови застосування мобільних, обмежено-мобільних та немобільних машин та механізмів при виконанні операцій по передпідйомному укрупненню блоків покриттів на монтажних стендах та наступному підйому (переміщенню) ВП на проектні висотні відмітки;

- враховуючи технологічні особливості монтажних машин і механізмів, задіяних в процесах зведення ВП, був розроблений алгоритм використання мобільних кранів та немобільних механізмів у вигляді підйомних модулів при зведенні ВП в умовах щільної забудови, коли всі процеси складування, передпідйомного укрупнення та підйому ВП на проектні відмітки сконцентровані на ділянці, розміри якої не перевищують габаритні розміри ВП, що зводяться.

Список літератури:

1. Черненко В.К., Осипов О.Ф., Тонкачєєв Г.М., Назаренко І.І. Технологія монтажу будівельних конструкцій. За редакцією Черненко В.К., Київ, Будівельник, 2011, 374 с.
2. Федоренко П.П., Шкромада А.А. Индустриальные методы строительства промышленных предприятий. Киев: Будівельник, 1988. 200 с.
3. Назаренко В.Ф., Сытник Н.П., Николаев В.В., Гидроподъемные установки на монтаже большепролетных конструкций. *Монтажные и спец. работы в строительстве*. 1986, №5, С.15-20.
4. Колесник Л.А., Шнайдер А.И., Черненко В.К. Крупноблочный монтаж строительных конструкций. Киев: Будівельник, 1990. 320 с.
5. Тонкачєєв Г.М. Функціонально-модульна система формування комплектів будівельного обладнання. Монографія. Kyiv. 2012. 300 с.
6. 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>
7. Rühle, H., Kühn, E., Weissbach, K. (1984). Priestorové strešné konštrukcie. 1 diel, Bratislava: Vydavateľstvo ALFA, 310.
8. Engel, H. (2006). Tragsysteme. Hatje Gantz Verlag, 320.
9. Ziółko, J., Orlik, G. (1980). Montaż konstrukcji stalowych. Warszawa: Wydawnictwo Arcady, 284.
10. Fligier, K., Rowinski, L. (1977). Montaz zintegrowanych konstrukcji budowlanych. Warszawa: Pansnwowe naukowe, 290.
11. Friedman, D. (2010). Historical Building Construction: Design, Materials, and Technology. W. W. Norton & Company. New York - London, 320.
12. Terex-Demag AC 1000 All Terrain Crane. (2013). Crane network.URL: <https://cranenetwork.com/crane/all-terrain-cranes/terex-demag/ac-1000/171226>
13. 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
14. LIEBHERR LR 13000 (2024). The most powerful crane in the world. URL: <https://www.trucks-cranes.nl/english/cranes/liebherr/helling1300.html>
15. LIEBHERR LTM 1100-4.2. (2024). 100 Tonne All Terrain Crane.URL: <https://www.premiercranes.com.au/mobile-crane-hire/100t-liebherr-crane>

16. XCMG Xca5000. (2012). High Quality 5000 Ton 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>
17. Zoomlion ZACB01. (2012). The biggest crane in the world. URL : <https://www.ixbt.com/live/car/kak-vyglyadit-samyy-bolshoy-avtokran-v-mire-zacb01-s-gruzopodemnostyu-2000-tonn.html>
18. Zoomlion R2000-720. (2023). Zoomlion introduced the world's largest tower crane. URL: <https://specmachinery.com.ua/news/build/10676-zoomlion-predstavyy-naibilshyi-u-sviti-bashtovyi-kran>
19. 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>
20. 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/>
21. SARENS GROUP. (2024). Direct Industry. Innovative solutions for hydraulic lifting system. <https://www.directindustry.com/>

References:

1. Chernenko, V.K., Osypov, O.F., Tonkacheiev, H.M., Romanushko, Ye.G. (2011). Technology of installation of building structures., Kyiv: Horobets. 374. (in Ukrainian)
2. Fedorenko, P.P., Shkromada, A. A. (1988). Industrial methods of construction of industrial plants. Kyiv: Budivelnik, 200. (in Russian)
3. 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)
4. Kolesnik, L.A., Shnajder, A.I., Chernenko, V.K. (1990). Large-block assembly of construction structures. Kyiv: Budivelnik, 320. (in Russian)
5. Tonkacheev, G. M. (2012) Functional-modular system of formation of construction equipment sets. Monograph. Kyiv, 300. (in Ukrainian)
6. 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>
7. Rühle, H., Kühn, E., Weissbach, K. (1984). Priestorové strešné konštrukcie. 1 diel, Bratislava: Vydavateľstvo ALFA, 310.
8. Engel, H. (2006). Tragsysteme. Hatje Gantz Verlag, 320.
9. Ziółko, J., Orlik, G. (1980). Montaż konstrukcji stalowych. Warszawa : Wydawnictwo Arcady., 284.
10. Fligier, K., Rowinski, L. (1977). Montaz zintegrowanych konstrukcji budowlanych. Warszawa: Pansnwowe naukowe, 290.
11. Friedman, D. (2010). Historical Building Construction: Design, Materials, and Technology. W. W. Norton & Company. New York – London, 320.
12. Terex-Demag AC 1000 All Terrain Crane. (2013). Crane network. URL: <https://cranenetwork.com/crane/all-terrain-cranes/terex-demag/ac-1000/171226>
13. 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
14. LIEBHERR LR 13000 (2024). The most powerful crane in the world. URL: <https://www.trucks-cranes.nl/english/cranes/liebherr/helling1300.html>
15. LIEBHERR LTM 1100-4.2. (2024). 100 Tonne All Terrain Crane. URL: <https://www.premiercranes.com.au/mobile-crane-hire/100t-liebherr-crane>

16. XCMG Xca5000. (2012). High Quality 5000 Ton 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>
17. Zoomlion ZACB01. (2012). The biggest crane in the world. URL: <https://www.ixbt.com/live/car/kak-vyglyadit-samyi-bolshoy-avtokran-v-mire-zacb01-s-gruzopodemnostyu-2000-tonn.html>
18. Zoomlion R2000-720. (2023). Zoomlion introduced the world's largest tower crane. URL: <https://specmachinery.com.ua/news/build/10676-zoomlion-predstavyy-naibilshyi-u-sviti-bashtovyi-kran>
19. 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>
20. 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/>
21. SARENS GROUP. (2024). Direct Industry. Innovative solutions for hydraulic lifting system. <https://www.directindustry.com/>

Volodymyr RASHKIVSKYI, Oleksandr IGNATENKO

Analysis of technological features of using assembly machines and mechanisms in the construction of large-span buildings

This article presents an analysis of the technological features of the use of assembly machines and mechanisms in the construction of large-span buildings over the past seventy years. The technical characteristics of modern machines and mechanisms involved in the processes of lifting ultra-heavy and oversized structures have also been analyzed. According to the principles of organizational and technological structuring and the classification of assembly methods, mobile and limited-mobility cranes are involved in the processes of pre-lifting enlargement of roofing structures on assembly stands, followed by the lifting of large-span roof blocks to their design elevation marks. Pre-lifting assembly and lifting of roofing blocks to the level of the column heads of the frame are carried out using cranes by the method of free lifting with pulling. Non-mobile installation mechanisms are involved exclusively in technological processes for moving assembled roofing blocks from the level of the assembly stands to the design height by methods of forced lifting (moving) through pulling or pushing. In the present circumstances, during the construction of new or the reconstruction of war-damaged large-span reinforced concrete and metal structures in densely built-up areas, the movement of mobile and limited-mobility cranes along the external perimeter of construction sites is restricted and often impossible. Mobile cranes can only move within the internal space of the building under construction, between the columns of the supporting framework, and can be used in the processes of pre-lifting assembly of large-span roof structures. The movement of fully assembled structural and technological blocks of roof coverings from the level of the assembly stands to the level of the column heads in densely built-up areas can be carried out by non-mobile assembly mechanisms, which use the supporting columns as vertical guides and bearing surfaces in the technological processes of roof construction.

Key words: *constructive-technological methods of erection, lifting modules, mechanized technological equipment, large-span coverings.*