

УДК 69:624.05:692.1

**Мудрий Ігор Богданович**Кандидат технічних наук, старший викладач кафедри будівельного виробництва, [orcid.org/0000-0003-1053-6071](https://orcid.org/0000-0003-1053-6071)  
Національний університет "Львівська політехніка", Львів**ПОРЯДОК ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРИНЦИПІВ ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО КОМПЛЕКТУ СТІЛОВИХ КРАНІВ**

**Анотація.** Аналіз номенклатури використовуваних серійних елементів при застосуванні технологій зведення з одним монтажним механізмом показує низький рівень використання вантажних характеристик застосовуваних механізмів, підвищити який можна шляхом застосування технологій зведення з комплектом різнотипних машин. В роботі розглянуто порядок формування ефективних комплектів кранів при виконанні робіт на неоднорідних об'єктах за монтажним моментом. Призначення комплекту кранів виконується комбінаторним методом, як сполучення крана необхідного типорозміру з типорозмірами кранів, які можуть бути застосовані на об'єкті. Запропоновано методу формування комплектів, яка включає визначення типів кранів і обсягів робіт, які вони можуть виконати, принципи перерозподілу обсягів робіт між механізмами. На основі алгоритму формування конструктивно-технологічного рішення зведення розроблено програму вибору ефективних комплектів стрілових кранів.

**Ключові слова:** стріловий кран; комплект кранів; типорозмір крана; вантажний момент; група елементів; ефективний варіант

**Постановка завдання**

Особливість монтажу збірних елементів стріловими кранами (збірних фундаментів з поза меж котловану, плит перекриття, перегородок та інших конструкцій підземної частини будівлі) полягає в тому, що для їх встановлення, як правило, необхідні різні монтажні моменти [1; 2]. Аналіз номенклатури серійних елементів, при використанні яких застосовуються стрілові крани – бадді, каркаси, збірно-щитова опалубка – показав, що вони мають обмежену вагу, граничне значення якої становить – 3,0 ... 3,2 т [3; 4]. Така номенклатура виробів при застосуванні технологій зведення одним краном веде

до неповного використання вантажопідйомності для елементів на малих глибинах подачі.

Аналіз параметрів рекомендованих елементів [5] у функціональному просторі стрілових кранів (рис. 1) показав, що ступінь використання кранів можна підвищити шляхом застосування технологій з комплектом:

- елементів за рахунок збільшення середньої монтажної ваги елементів на об'єкті (кран МКП-20 з елементами 5, 8, і 12 т);
- різнотипних кранів з одним елементом за рахунок зменшення середньооб'єктної вантажопідйомності крана (елемент 12 т з кранами МКП-40, МКП-25 та МКП-20).

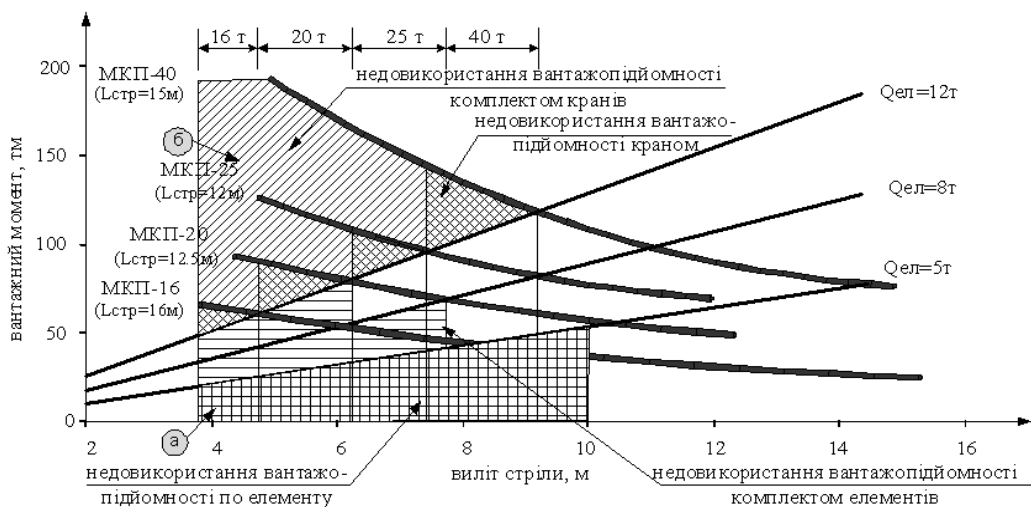


Рисунок 1 – Ступінь використання вантажних характеристик для рекомендованих [2] стрілових кранів та конструктивних елементів

Вплив ефективності застосування у технології зведення як комплектів елементів, так і баштових кранів розглядався в роботах [6 – 8], але самі принципи вибору ефективного комплекту, зокрема для стрілових кранів, не сформовані.

Таким чином є доцільність у розробці методики з формування ефективних комплектів монтажних механізмів, що дозволить впроваджувати варіантність проробки організаційно-технологічних рішень [9].

### Аналіз досліджень

Аналіз ефективності застосування комплектів кранів виконувався для одноповерхових промислових будівель [5; 8], однак він не дозволяє підбирати ефективний склад комплектів кранів для об'єктів з конструкціями при неоднакових вантажних моментах та монтажною вагою. У результаті застосування комплекту стрілових кранів різних типорозмірів, у порівнянні із застосуванням одного крана на такому об'єкті, було досягнуто зменшення зведених витрат на 37%. Однак сама задача вибору комплекту кранів вирішена як задача комбінаторного типу без обмеження кількості варіантів.

Формування варіантів ефективних комплектів кранів має передбачати виконання монтажу одним чи кількома різнотипними кранами і включає визначення типів кранів і обсягів робіт, які вони можуть виконати [8; 10].

### Мета статті

Мета статті – визначити порядок формування ефективних комплектів кранів при виконанні робіт на неоднорідних об'єктах за монтажним моментом.

### Виклад основного матеріалу

Сукупний аналіз монтажною ваги елементів з розміщенням елементів у функціональному просторі різнотипних кранів дає можливість визначити найбільший і найменший типорозміри крана, необхідні для виконання робіт, тобто визначити максимально можливу кількість типорозмірів, які можуть бути застосовані для виконання робіт на об'єкті.

Призначення комплекту кранів виконується комбінаторним методом, як сполучення крана необхідного типорозміру (крана, який може виконати весь обсяг робіт) з типорозмірами кранів, які можуть бути застосовані на об'єкті. Під час формування комплекту враховується, що у ньому може застосовуватися лише один кран із розмірної групи, а кількість кранів у комплекті може змінюватися від 2 до  $n_{кр}^{max}$ . Обсяг робіт, який потрібно виконати краном складається із сукупності елементів, які входять у його функціональний простір.

Максимально можлива кількість типорозмірів кранів у комплекті для об'єкта визначається так

$$n_{кр}^{max} = N_{max} - N_{min} + 1, \quad (1)$$

де  $n_{кр}^{max}$  – можлива кількість різнотипних кранів у комплекті за технічними параметрами, шт;  $N_{max}$ ,  $N_{min}$  – відповідно номер найбільшої та найменшої розмірної групи кранів, які можливо застосувати на об'єкті за технічними параметрами. В ефективні комплекти кранів обов'язково включається варіант, який складається лише з одного раціонального крана з обсягом робіт:

$$V_{N_{рац}} = \sum_{i=1}^k V_{N_{рац,i}}, \quad (2)$$

де  $i = 1, \dots, k$  – типорозміри конструктивних елементів за вагою;  $V_{N_{рац,i}}$  – обсяг робіт, який виконує кран  $N_{рац}$  розмірної групи під час монтажу елементів  $i$ -ї ваги.

Формування варіанта ефективного комплекту кранів з двох і більше кранів виконується у такій послідовності:

1. Визначається комплект кранів (наприклад, для варіанта з двох кранів, комплект з номерами розмірних груп  $N_{рац}$  та  $N_{рац-1}$ ;  $N_{рац}$  та  $N_{рац-2}$ ;  $N_{рац}$  та  $N_{min}$ ; з трьох кранів –  $N_{рац}$ ,  $N_{рац-1}$ ,  $N_{рац-2}$ ;  $N_{рац}$ ,  $N_{рац-1}$ ,  $N_{рац-3}$ ;  $N_{рац}$ ,  $N_{рац-1}$ ,  $N_{min}$ , тощо);

2. Визначаються обсяги робіт кожного крана у комплекті:

– для крана найменшої розмірної групи:

$$V_{N_n} = \sum_{i=1}^k V_{N_{ni}}; \quad (3)$$

– для кожного наступного номера розмірної групи:

$$V_N = \sum_{i=1}^k V_{Ni} - \sum_{N_n}^k \sum_{i=1}^k V_{Ni}, \quad (4)$$

де  $N_n$  – номер найменшої розмірної групи крана у вибраному комплекті;  $N_n$  – номер попередньої до цієї ( $N$ ) розмірної групи крана у вибраному комплекті;  $V_N$  – обсяг робіт, який виконує кран  $N$  розмірної групи під час монтажу елементів;

3. Перевіряємо ефективність застосування вибраних типорозмірів, крім раціонального у комплекті:

$$E'_{oN} < C_{рац} \sum_{i=1}^k \frac{V_{Ni}}{\Pi_{N_{рац,i}}} - C_N \sum_{i=1}^k \frac{V_{Ni}}{\Pi_{Ni}}, \quad (5)$$

де  $\Pi_{N_{рац,k}}$ ,  $\Pi_{N,k}$  – відповідно експлуатаційна продуктивність крана  $N_{рац}$ ,  $N$  розмірних груп під час монтажу елемента  $i$ -ї ваги, т/год;  $E'_{oN}$  – одноразові витрати з доставки крана  $N$  розмірної групи на

об'єкт, грн;  $C_{рац}$ ,  $C_N$  – собівартість маш.-год. роботи крана відповідно до типорозміру – раціонального та N-го, грн;

4. Якщо умова (5) виконується для усіх кранів у комплекті варіант вважається ефективним за собівартістю виконання робіт.

Блок-схему формування конструктивного організаційно-технологічного рішення ведення процесу монтажу показано на рис. 2.

Запропоновані принципи формування ефективних комплектів стрілових кранів та порядок їх вибору були реалізовані у програмі OptCRANE (рис. 3, ..., 7). Як приклад було прийнято зведення збірних залізобетонних фундаментів стріловими автомобільними кранами.

Формування ефективного комплекту кранів відбувається за наступними етапами:

1. Створення груп монтажних елементів (рис. 3). Групування елементів здійснюється за масою глибиною подачі елементів. Програма виконує пошук “визначальних елементів” для призначення крана найменшого типорозміру методом скорочення інтервалу невизначеності. Основна суть цього методу в даному випадку полягає в тому, що на кожному кроці пошуку елемент з мінімальною вагою виключає підінтервал з елементами, які мають більші вильоти гака. За “визначальними елементами” вибирається типорозмір крана. Кран вважається придатним для використання на об'єкті, якщо він може змонтувати хоча б один “визначальний елемент”.

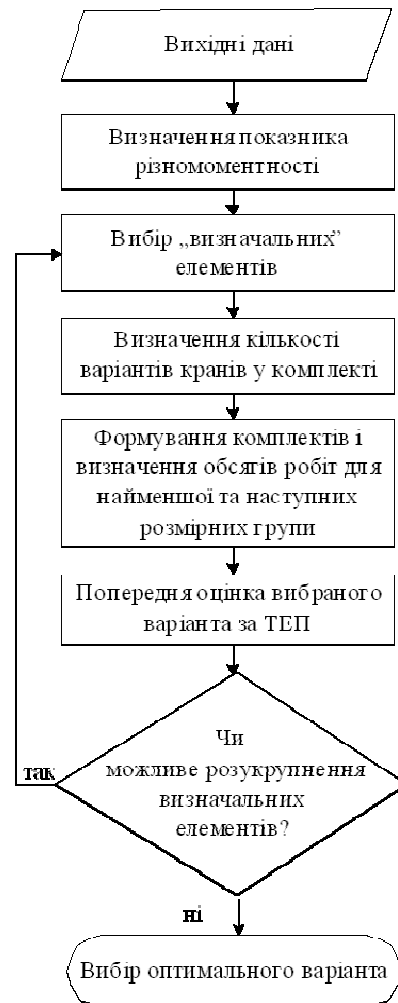


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритму формування конструктивно-технологічного рішення зведення

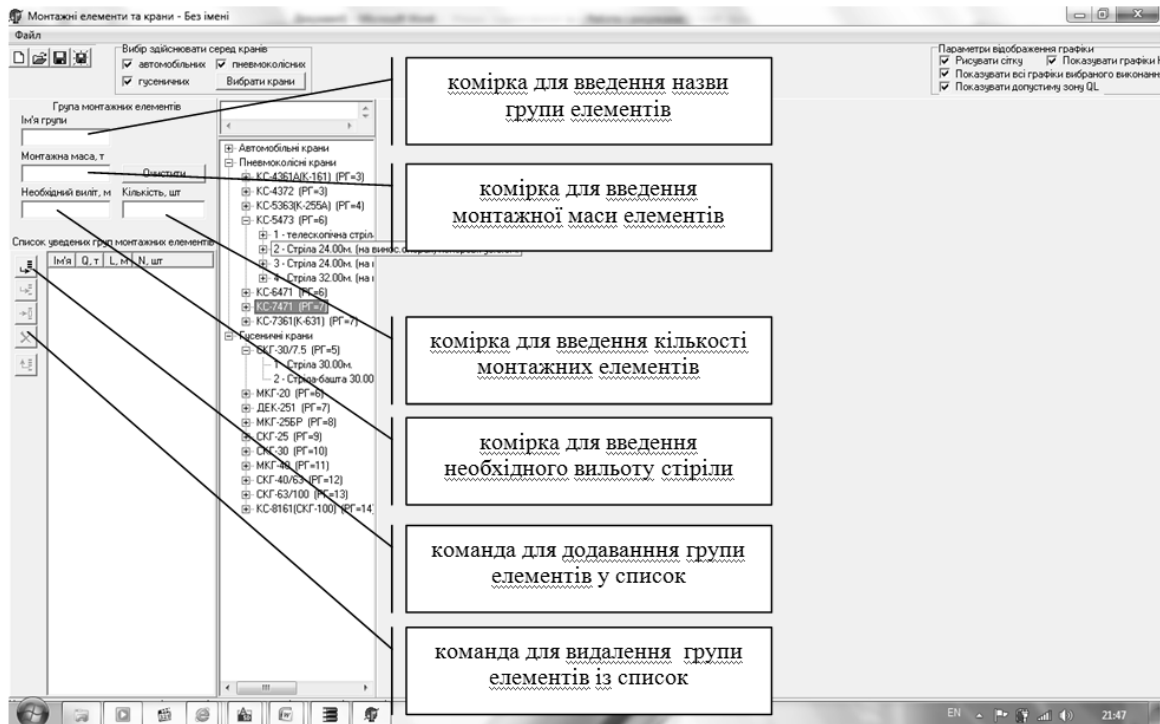


Рисунок 3 – Основні елементи програми з формування груп елементів

2. Серед запропонованих до застосування кранів, які можуть бути використані для зведення сформованих груп елементів, виконується уточнення технічних характеристик вантажопідіймних механізмів. Визначається тип крана (автомобільний, пневмоколісний чи гусеничний), стрілове виконання (робота на основній стрілі, наявність "гусачка" і т.д.), режим роботи (на виносних опорах чи без) та дальність транспортування машин до об'єкта виконання робіт (рис. 4).

3. Відображається розташування монтажних параметрів конструктивних елементів у функціональному просторі можливого до застосування комплекту стрілових кранів (рис. 5).

Наносять на діаграму виліт стріли, вантажопідіймність, "визначальні елементи" (рис. 6) та основні показники монтажно-технологічності. Надається інформація по технологічних параметрах конструктивного рішення.

4. Формується вибірка раціональних кранів та ефективний комплект стрілових кранів (рис. 7) з розподілом обсягів робіт у відсотковому значенні за кожним механізмом у комплекті, з врахуванням дальності постачання машин на об'єкт. Зазначається обсяг робіт, які технічно може виконати даний вантажопідіймний механізм.

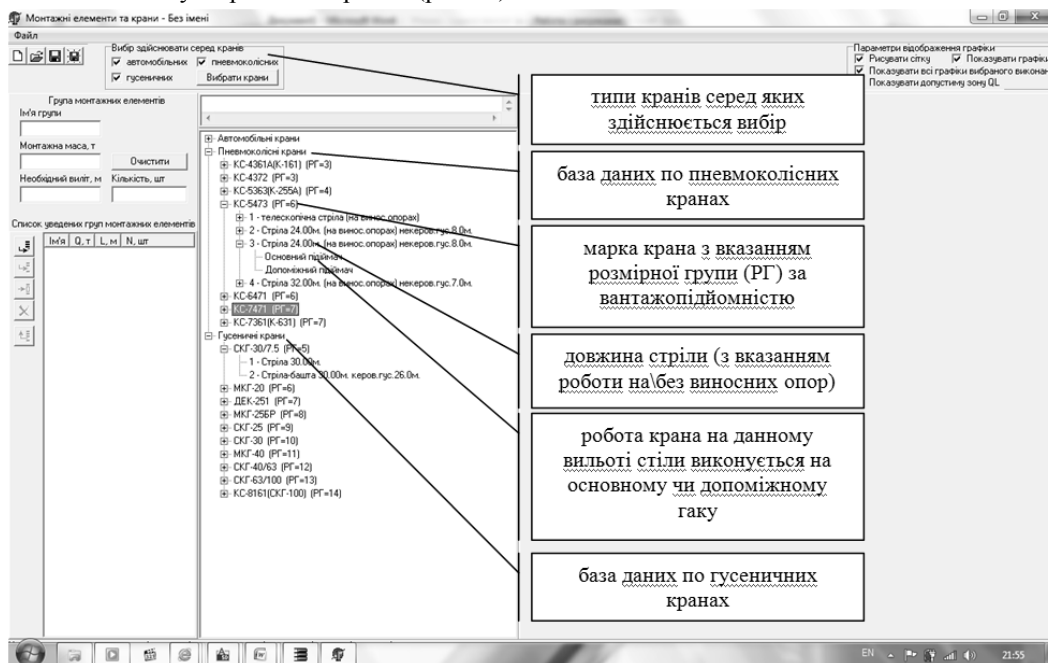


Рисунок 4 – Основний блок елементів програми, що відповідає за технічні характеристики кранів

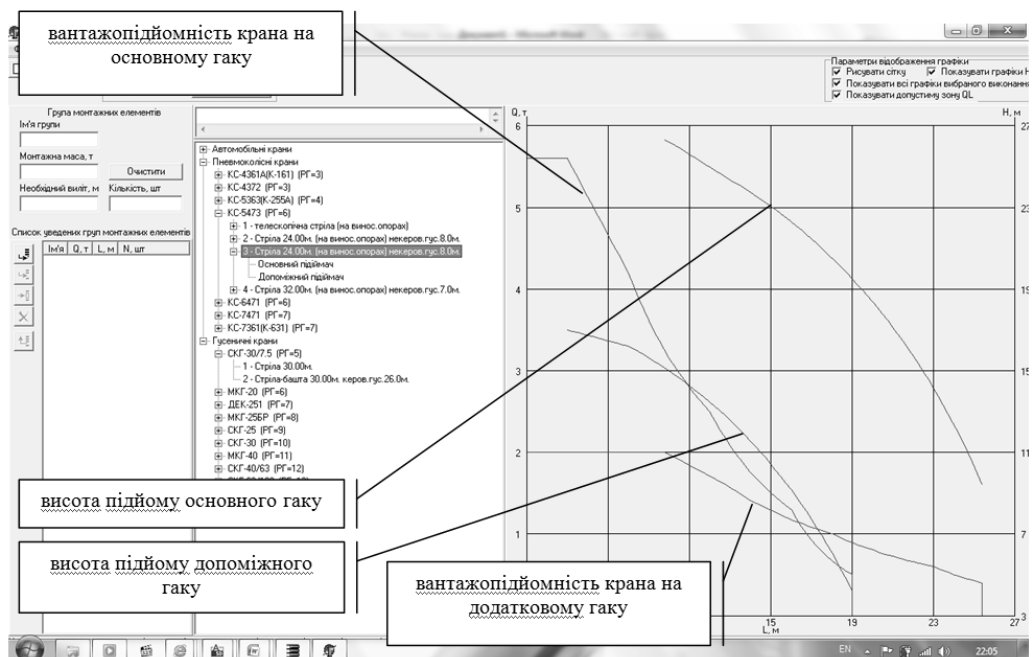


Рисунок 5 – Виведення основних технічних характеристик крана (вантажопідіймність – висота підйому гака) залежно від виконання його стрілового обладнання

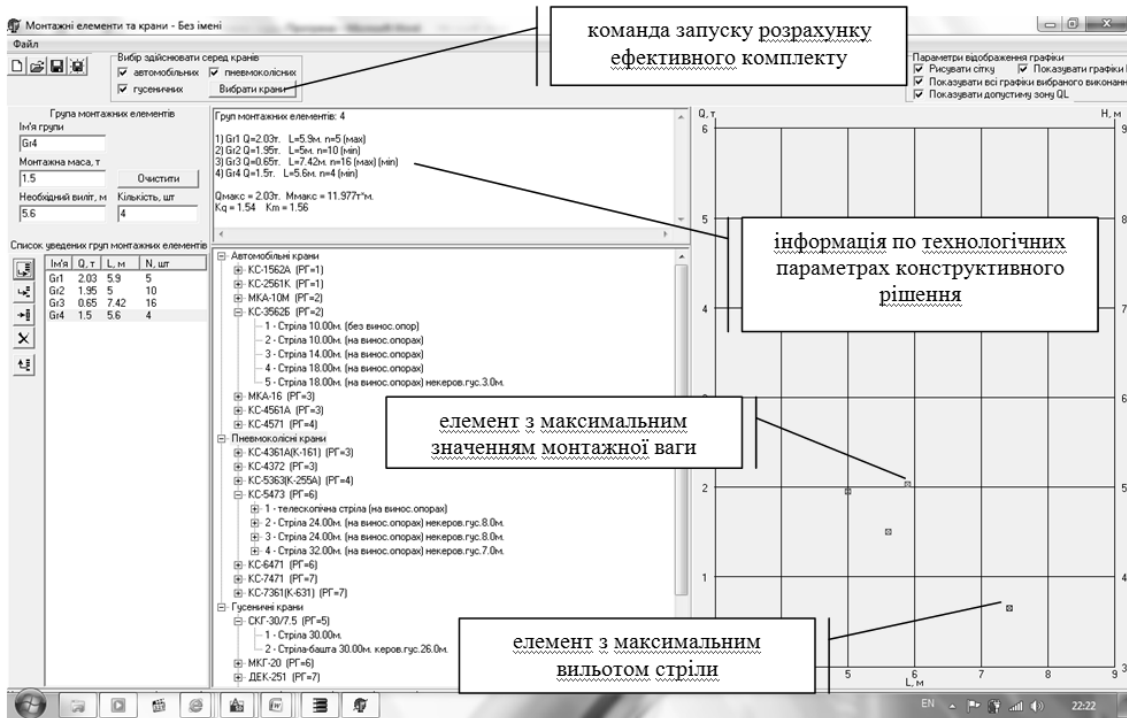


Рисунок 6 – Введення наступних груп монтажних елементів з виведенням розташування «визначальних елементів» на діаграмі вантажопідйомність – виліт стріли

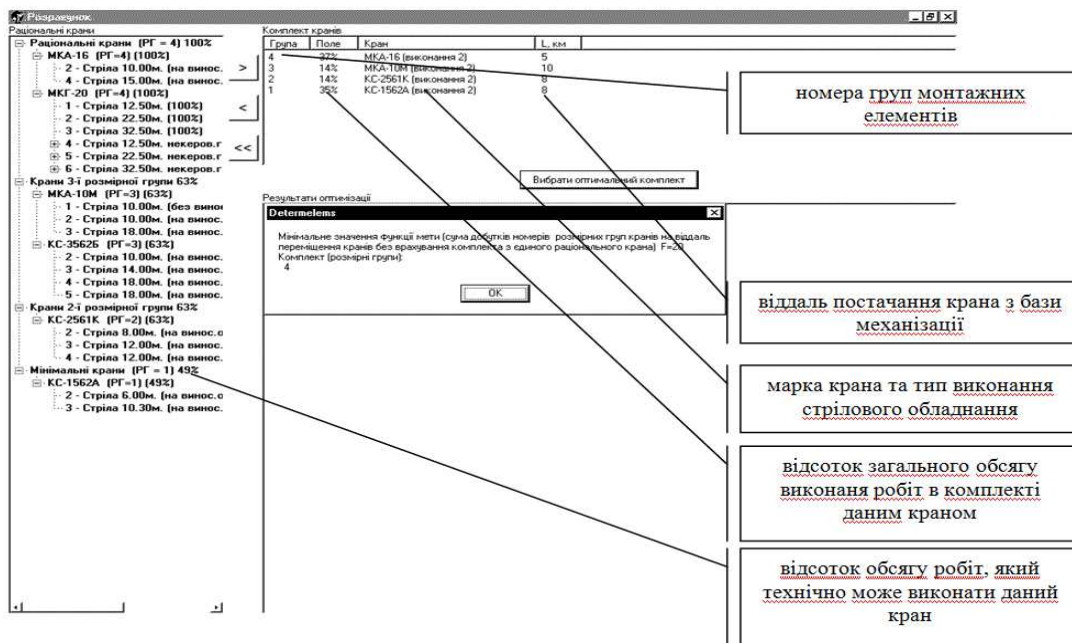


Рисунок 7 – Основні параметри отриманих результатів розрахунку комплекту кранів

## Висновки

Запропоновано методику формування ефективних комплектів кранів при виконанні робіт на неоднорідних об'єктах за монтажним моментом. Методика заснована на сукупному аналізі монтажноі ваги елементів з розміщенням елементів у функціональному просторі різнотипних кранів, що

дає можливість визначити найбільший і найменший типорозміри крана, необхідні для виконання робіт, та визначити максимально можливу кількість типорозмірів, які можуть бути застосовані для виконання робіт на об'єкті. Запропоновані принципи формування ефективних комплектів стрілових кранів та порядок їх вибору дали можливість розробити програму пошуку оптимальних рішень технології зведення конструкцій стріловими кранами.

## Список літератури

1. Іванейко І.Д. Вибір стрілового крана у взаємозв'язку з конструктивними та технологічними рішеннями на прикладі фундаментів 141 серії / І.Д. Іванейко, І.Б. Мудрий // Теорія та практика будівництва. – Львів. – 2002 №462. – С. 54-64.
2. Ушацький С.А. Організація будівництва / С.А. Ушацький, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін.; За редакцією С.А. Ушацького. 0-64 Підручник. - К.: Кондор, 2007. - 521 с.
3. Осипов О.Ф. Технология применения бетоноукладочных машин при реконструкции промышленных предприятий. Дис. ... канд. тех. наук: 05.23.08 / Осипов Александр Федорович К., 1989. – 156 с.
4. ГОСТ 13580-85 Плиты железобетонные ленточных фундаментов. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 32 с.
5. Егнус М.Я., Левынзон А.Л. Оценка технологичности проектных решений жилых и общественных зданий / М.Я. Егнус, А.Л. Левынзон – М.: Изд. стандартов, 1975 – 64 с.
6. Спектор М.Д. Выбор оптимальных вариантов организации и технологии строительства / М.Д. Спектор. – М.: Стройиздат., 1980. – 159 с.
7. Шумаков И. В. Теоретико-методические принципы формирования организационно-технологических решений возведения подземных частей гражданских зданий: диссертация ... д.т.н.: 05.23.08 / - Харьков, 2015. - 390 с.
8. Кузнецов С.М. Теория и практика формирования комплектов и систем машин в строительстве / С.М. Кузнецов. - Москва: Директ-Медиа, 2015.-271 с.
9. Гусаков А. А. Системотехника : монография / А. А. Гусаков. - М. :Фонд «Новое тысячелетие», 2002. - 768 с.
10. Дьячкова О. Н. Системная оценка параметров технологий возведения жилых многоэтажных зданий : дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук : спец. 05.23.08/ О. Н. Дьячкова. – СПб. : СПбГАСУ, 2009. – 147 с.

Стаття надійшла до редколегії 05.04.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. М.А. Саницький, Національний університет "Львівська політехніка", Львів.

### Мудрый Игорь Богданович

Кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры строительного производства, [orcid.org/0000-0003-1053-6071](https://orcid.org/0000-0003-1053-6071)  
Национальный университет "Львовская политехника", Львов

### ПОРЯДОК И РЕЛИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО КОМПЛЕКТА СТРЕЛОВЫХ КРАНОВ

**Аннотация.** Анализ номенклатуры применяемых серийных элементов при использовании технологий возведения с одним монтажным механизмом показывает низкий уровень использования грузовой характеристик применяемых механизмов, повысить который можно путем применения технологий сведения с комплектом разнотипных машин. В работе рассмотрен порядок формирования эффективных комплектов кранов при выполнении работ на неоднородных объектах по монтажному моменту. Назначение комплекта кранов выполняется комбинаторным методом, как сочетание крана необходимого типоразмера с типоразмерами кранов, которые могут быть применены на объекте. Предложена методика формирования комплектов, которая включает определение типов кранов и объемов работ, которые они могут выполнить, принципы перераспределения объемов работ между механизмами. На основе алгоритма формирования конструктивно-технологического решения сведения разработана программа выбора эффективных комплектов стреловых кранов.

**Ключевые слова:** стреловой кран; комплект кранов; типоразмер крана; грузовой момент; эффективный вариант

### Mudryy Ihor Bohdanovych

Ph.D., Senior lecturer of "Building Production" academic department, [orcid.org/0000-0003-1053-6071](https://orcid.org/0000-0003-1053-6071)  
National University "Lviv Polytechnic", Lviv

### PROCEDURE AND PRINCIPLES REALIZATION OF JIB CRANE EFFECTIVE SET FORMATION

**Annotation.** Nomenclature analysis of used serial elements in the construction technology application with one mounting mechanism shows the low level of use loading characteristics in applied mechanisms, which can be increased by using construction technology with a set of different machine types. In this assignment considered procedure of the formation of effective sets of cranes in performed work on heterogeneous objects for the mounting point. Analysis of the mounting weight of items with placing items in the functional space of different crane types gives a possibility to specify required and the very small nominal size of crane that are needed to perform work, namely to determine maximum number of nominal sizes that can be used to perform work on the construction site. Purpose of cranes set is performed in combinatorial method, as a combination between required nominal size of cranes and nominal size of the cranes, which can be applied at the construction site, moreover in the formation of set takes into consideration that only one crane from size group can be used in this set. Conducting researches allowed to offer a method of forming sets which includes determining the types of cranes and amount of work that they can perform, the principles of

redistribution of amount of work between machines. Based on the offered algorithm of forming constructive and technological mounting solutions, there is a program designed for jib crane sets effective choice.

**Keywords:** jib crane; crane sets; nominal size of crane; mounting moment; group of elements; effective variant

#### References

1. Ivaneyko, I.D. (2002). Jib crane choice in conjunction with the design and technological solutions on the example of 141 series foundations / Ivaneyko I.D., I.B.Mudryy // Theory and practice of construction. Lviv, Ukraine: 462, 54-64
2. Ushatsky, S.A., Shejko, Y.P., Tryher, H.M. (2007). Organization of construction. Kyiv, Ukraine:Textbokok. K., Kondor, 521.
3. Osipov, O.F. (1989). Technology of using concrete placing machines in the industrial enterprises reconstruction. PhD Thesis. Sumy: SumSU [in USSR].
4. GOST 13580-85 (1986) Reinforced concrete slab of strip foundation Moscow.. USSR: Publishing house of standards. 32.
5. Egnus, M.YA., Levynzon, A.L. (1975). Evaluation of the technological design of residential and public buildings. Moscow,USSR.: Publishing house of standards, 64.
6. Spektor, M.D. (1980). Choosing the best options for the organization and technology of construction. Moscow, USSR: Stroizdat, 159.
7. Shumakov, I.V. (2015). Theoretical and methodological principles of organizational and technological solutions of construction of the underground parts of civil buildings .Doctor's thesis. Sumy: SumDU [in Ukrainian]
8. Kuznetsov, S.M. (2015) Theory and practice of the formation of sets and systems of machines in construction. Moscow, Russia: Direct-Media,271.
9. Gusakov, A.A. (2002). System techniques. Moscow, Russia: Foundation "Novoye Tysiachiletie", 768.
10. Dyachkova, O.N. (2009). System assessment of parameters of technologies for erecting residential multi-storey buildings. PhD thesis. Sumy: SumSU [in Russian].

#### Посилання на публікацію

- APA Mudryy I., (2017). Procedure and principles realization of jib crane effective set formation. Management of Development of Complex Systems, 30, 156 – 162.
- ДСТУ Мудрий І.І. Порядок та реалізація принципів формування ефективного комплексу стрілових кранів [Текст] / І.І. Мудрий // Управління розвитком складних систем. – 2017. – № 30. – С. 156 – 162.