

На рис. 2, 3 показані графіки розподілу напружень τ_{sz} в ортотропному брусі ($A_{55}/A_{44} = 4$) з прямокутною циліндричною порожниною при відношенні сторін прямокутника, які дорівнюють $\lambda = 3$ ($C_1 = 0.465$, $C_3 = -0.131$).

Крива 1 характеризує розподіл напружень τ_{sz} вздовж контуру L ($C = 1$), 2 – вздовж контуру L^* ($C = 1.1$), 3 – вздовж L^* ($C = 4$). Аналіз отриманого результату показав, що наявність порожнини в брусі має значний вплив на розподіл напружень поблизу порожнини, а в точках поперечного перерізу бруса вздовж контурів L^* ($C \geq 4$) цей вплив практично відсутній.

1. Разрушение / Под. ред. Г. Либовица. Т. 1–7. М., 1973. Т. 2. Математические основы теории разрушения / Пер. с англ. под ред. А. Ю. Ишлинского. М., 1975. 2. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. М.: Наука, 1977. 3. Композиционные материалы / Под ред. Л. Браутман, Р.Крок. Т. 1 – 8. М., 1978. 4. Анализ и проектирование конструкций / Пер. с англ. Под ред. Ю.М. Тарнопольского. 1978.

УДК 69.05

І.Д. Іванейко, Я.Й. Коцій, І.Б. Мудрий

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра будівельного виробництва

ВИБІР СТІЛОВОГО КРАНУ У ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ З КОНСТРУКТИВНИМИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИМИ РІШЕННЯМИ НА ПРИКЛАДІ ФУНДАМЕНТІВ 141 СЕРІЇ

© Іванейко І.Д., Коцій Я.Й., Мудрий І.Б., 2002

Запропоновано метод визначення елементів, які впливають на вибір крану. Показано вплив технологічних схем та конструктивних типорозмірів подушок фундаментів на вибір типу крану.

Вибір типорозмірів крану для виконання монтажних робіт на об'єкті є комплексною задачею, яка передбачає вибір крану за технічними параметрами та техніко-економічними показниками.

Вибір крану виконується за технічними параметрами [1]:

- вильотом стріли (\mathbf{b}_i^{kp});
- вантажопідйомністю (\mathbf{Q}_i^{kp});
- висотою підйому гака (\mathbf{H}_i^{kp}).
- Конструктивні елементи на об'єкті характеризуються параметрами [2]:
- необхідним вильотом гака (\mathbf{L}_i^n) (найменша можлива віддаль для встановлення

конструкції при заданій схемі руху крану) (рис. 1):

$$\mathbf{L}_i^n = \mathbf{a} + \mathbf{L}_{Tbi} + \mathbf{L}_i^n. \quad (1)$$

де \mathbf{a} – відстань від осі обертання крану до опори, найближчої до берми обрушення, м; \mathbf{L}_{Tbi} – відстань від п'яти закладання основи укусу до найближчої опори крану за СНіП [3], м; \mathbf{L}_i^n – відстань від п'яти основи укусу до центра маси і-го монтажного елемента, м.

- монтажною вагою (Q_i^H), яка включає вагу конструкції і оснащення;
- монтажною висотою (H_i^{KP}).

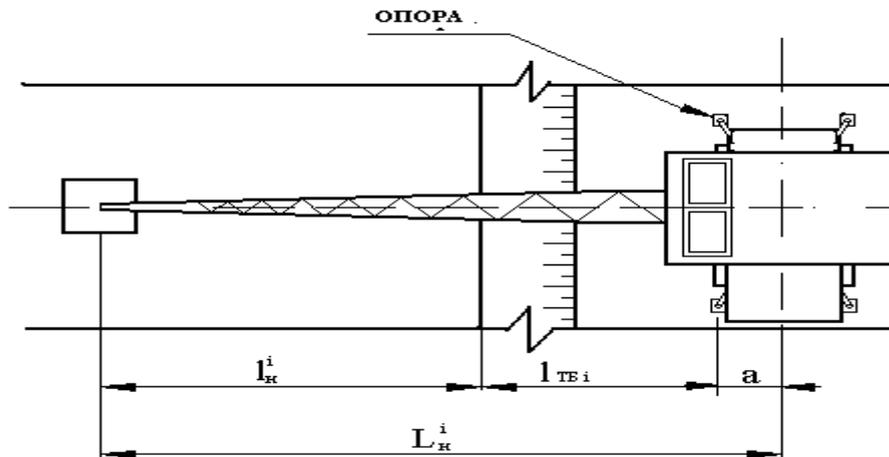


Рис. 1. Схема вибору крану

Крім того, кран характеризується вантажним моментом (M^{KP})

$$M_i^{KP} = Q_i^{KP} \cdot b_i^{KP},$$

а конструктивний елемент – необхідним монтажним моментом

$$M_i^H = Q_i^H \cdot L_i^H.$$

Серед n конструктивних елементів можна виділити (рис. 2)

- елемент (и) з максимальною монтажною вагою:

$$Q_{k \max}^H = \max \{ Q_1^H, \dots, Q_i^H, \dots, Q_n^H \}; \quad (2)$$

- елемент (и) з максимальним необхідним вильотом гака:

$$L_{s \max}^H = \max \{ L_1^H, \dots, L_i^H, \dots, L_n^H \}; \quad (3)$$

- елементи з максимальним необхідним монтажним моментом:

$$M_c^H = \max \{ M_1^H, \dots, M_i^H, \dots, M_n^H \}. \quad (4)$$

Кран придатний для використання на монтажі n елементів, якщо для кожного з них при $b_i^{KP} = L_i^H$ виконуються умови:

$$Q_i^{KP} \geq Q_i^H; \quad M_i^{KP} \geq M_i^H; \quad H_i^{KP} \geq H_i^{KP} \quad (i = 1, \dots, n) \quad (5)$$

В ідеальному випадку, визначає типорозмір крану (ТТР) j -ий конструктивний елемент, для якого при $b_j^{KP} = L_j^H$ виконуються умови

$$Q_j^{KP} = Q_j^H; \quad M_j^{KP} = M_j^H; \quad H_j^{KP} \geq H_j^{KP} \quad (6)$$

Треба зауважити, що умова (6) може виконуватись на об'єкті для декількох (m) конструктивних елементів, розміщених на різних необхідних вильотах гака.

Аналіз вантажних характеристик кранів [4] показав, що функція Q^{KP} від b^{KP} може бути:

- постійна ($Q^{KP} = \text{const}$);
- спадна ($Q_1^{kp} > Q_i^{kp} > Q_s^{kp}$ при $b_1 < b_i < b_s$).

Вибір типорозміру крану з постійною вантажною характеристикою виконується для елемента з максимальною монтажною вагою. У той же час типорозмір крану з спадною вантажною характеристикою може визначати елемент не з максимальною монтажною вагою, а розміщений на більшому необхідному вильоті гака (рис. 2).

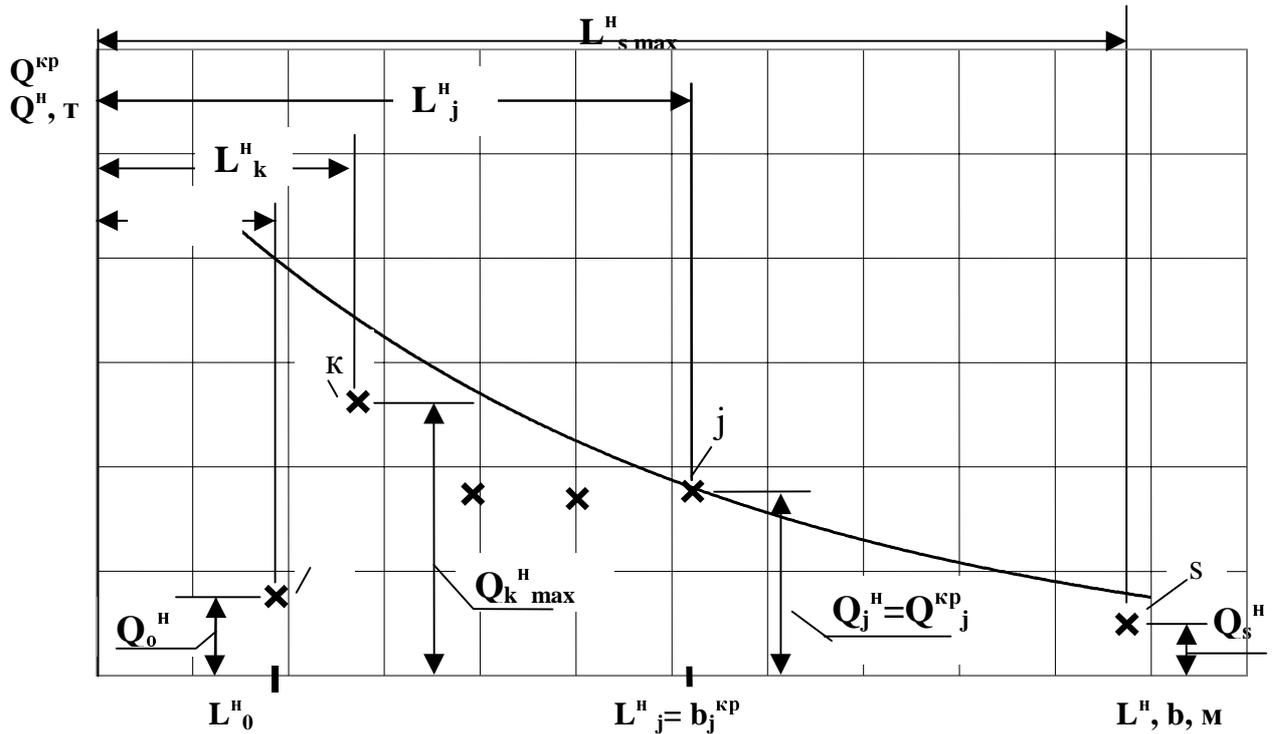


Рис. 2. Вантажна характеристика крана та конструктивні параметри (Q_i ; b_i) елементів на об'єкті (x - параметри конструктивного елемента), $i = 1, \dots, n$

Отже, однією із задач вибору крана є визначення серед сукупності n елементів одного або m елементів ("визначальних елементів"), за конструктивними параметрами котрих (Q_j^H, L_j^H ; $j=1, \dots, m$) необхідно виконувати вибір типорозмірів крана (ТПР). Для розв'язання цієї задачі пропонується застосувати метод скорочення інтервалу невизначеності.

Основна ідея методу скорочення інтервалу невизначеності полягає в тому, що на кожному k -му кроці пошуку елемент з максимальною вагою виключає підінтервал, з елементами які мають менші необхідні вильоти гака

$$L_0 < L_i < L_{i+1} < L_{s \max}^H \quad (7)$$

Пошук розв'язку методом скорочення інтервалу невизначеності пропонується виконувати в такій послідовності:

1. Визначаємо початковий інтервал $[L_0, L_{s \max}^H]$ для пошуку "визначальних елементів".
2. Серед сукупності конструктивних елементів на інтервалі пошуку визначаємо елементи з максимальною монтажною вагою та відповідними їм необхідними вильотами гака: $Q_{\max i}^H = (Q_1^H, \dots, Q_j^H, \dots, Q_r^H)$; $L_i^H = (L_1^H, \dots, L_j^H, \dots, L_r^H)$;
3. Для вибраних елементів визначаємо "визначальний елемент" з найбільшим необхідним вильотом гака (найбільшим необхідним монтажним моментом) $L_i^H = \max (L_1^H, \dots, L_j^H, \dots, L_r^H)$
4. Якщо "визначальний елемент" розміщений на необхідному вильоті гака, меншому від максимального ($L_{s \max}^H$), то призначається новий інтервал пошуку $(L_i^H, L_{s \max}^H]$ і виконується пошук нового "визначального елемента" ($Q_{\max i+1}^H$) з пункту 2. Пошук

визначальних елементів виконується до тих пір поки “визначальний елемент” не буде розміщений на максимальному необхідному вильоті гака.

За “визначальними елементами” вибирається типорозмір крану. Ступінь використання підбраного крану при монтажі конструкцій можна оцінити за відношенням необхідного монтажного моменту до вантажного моменту крану на відповідних вильотах. Раціональним для монтажу конструктивних елементів є кран, у якого це співвідношення буде наближатися до 1.

Зменшити типорозмір крану можна зменшенням максимального необхідного монтажного моменту за рахунок зміни рішень:

- конструктивних;
- технологічних.

Конструктивні рішення передбачають зменшення ваги “визначальних елементів” за рахунок переходу на менші типорозміри елементів при забезпеченні конструктивних вимог. Технологічні за рахунок застосування схем виконання робіт, які забезпечують зменшення необхідного вильоту стріли та менших за вагою технологічних пристосувань.

Вплив зміни необхідного монтажного моменту елементів на усереднену вартість експлуатації автомобільних кранів [5] розглянемо на прикладі монтажу подушок секції типової серії 141 (рис.3). Фундаменти запроектовані із збірних залізобетонних подушок за ГОСТ 13580-85.

1. Зміна конструктивних рішень

Котлован під улаштування фундаментів, як правило, є складної конфігурації з декількома площинами на різних горизонтах. У таких умовах монтажні роботи кранами виконують з-поза меж котловану при відсутності ув'язки процесів монтажу елементів і розробки земляної споруди.

Заміну типорозмірів фундаментних подушок виконуємо в такій послідовності:

1. Визначити необхідні монтажні параметри для встановлення елементів.
2. Визначити типорозмір крану для базового варіанта.
3. Виконати зміну типорозмірів фундаментних подушок з метою:

– зменшення максимального монтажного моменту “визначальних елементів” (зменшенням довжини подушки);

– зменшення загальної трудомісткості (збільшенням типорозмірів (укрупнення) елементів, які не є “визначальними”).

4. Визначаємо нові “визначальні елементи”.

5. Виконати вибір крану за параметрами нових “визначальних елементів”.

6. Якщо розмірна група крану внаслідок заміни зменшилася або якщо вона не змінилася, а зменшилась кількість елементів, то розраховується показник ефективності. Якщо розмірна група крану внаслідок заміни не змінилася, а кількість елементів збільшилась, то варіант для виконання робіт є неефективним.

Зауважимо, що зменшувати максимальний монтажний момент за рахунок зменшення довжини подушок доцільно до тих пір, доки вибір крану не визначає “визначальний елемент” з монтажним моментом M_j для подушки мінімальної довжини (для даного випадку – завдовжки 0,8м).

Приклад

Для типового конструктивного рішення (рис.3) з врахуванням вимог техніки безпеки (грунт – пісок) визначені необхідні монтажні параметри подушок фундаментів для їх встановлення у котловані (базовий варіант, таблиця 1). У даному варіанті вибір крану виконуємо для одного “визначального елемента” (подушка Ф6 в осях 2-В), оскільки подушка Ф-6 з максимальною вагою розташована на максимально необхідному вильоті гака ($L_{\text{Ф6}}^H = L_{\text{max s}}^H = 10,24\text{м}$). У результаті вибрано кран МКА16 із довжиною стріли – 18 м.

$$M_{\text{МКА-16}} (L = L_{\text{Ф6}} = 10,24\text{м}) = 26,64\text{тм} > M_{\text{Ф6}} = 2,3 \cdot 10,24 = 23,55\text{тм}$$

Використання вантажопідйомних характеристик крану при монтажі елемента з максимальним монтажним моментом:

$$M_{\text{Ф6}}/M_{\text{МКА-16}} = 23,55/26,64 = 0,88$$

Зменшуємо максимальний монтажний момент на об’єкті шляхом застосування для “визначального елемента” подушок завдовжки 0,8м (рис. 4, фундамент Ф8) замість 1,2м (рис. 3, фундамент Ф6). Для збереження несучої здатності фундаментів унаслідок заміни повинна задовольнятися умова

$$k \times A_1 = m \times A_2 \quad (8)$$

або з врахуванням того, що ширина подушки не змінюється

$$k \times L_1 = m \times L_2 \quad (9)$$

де k та m – кількість подушок до та після заміни, шт.; A_1 та A_2 - площі подушок відповідно до та після заміни, м^2 ; L_1 та L_2 – довжина подушки до та після заміни, м^2 .

Для зменшення максимального монтажного моменту, з врахуванням умови (11), замінимо (варіант 1, рис.4)::

– дві подушки Ф6 (ФЛ10.12; $k=2$; $L_1=1.2$ м) по осі В на три подушки Ф10 (ФЛ8.24; $m=3$; $L_2=2.4$ м);

– Для зменшення кількості монтажних елементів замінимо

– дві подушки Ф2 (ФЛ10.12; $k=2$; $L_1=1,2$ м) на одну Ф7 (ФЛ10.24; $m=1$; $L_2=2.4$ м);

– дві подушки Ф1 (ФЛ8.12; $k=2$; $L_1=1.2$ м) на одну Ф7 (ФЛ8.24; $m=1$; $L_2=2.4$ м).

Оскільки “визначальний елемент” з максимальною вагою розміщений не на максимальному вильоті гака, тому буде декілька “визначальних елементів” (див. таблицю 1). У результаті заміни максимальний монтажний момент на об’єкті отримано для фундаменту Ф5 (ФЛ20.12) – $M_k = M_{\text{Ф5}}^{\text{max}} = Q_{\text{Ф5}} \cdot b_{\text{Ф5}} = 18,72\text{тм}$.

У результаті вибрано кран К104 вантажопідйомністю 10 т (з довжиною стріли 18м) із ступенем використання крану при монтажі “визначальних елементів”:

– при $b_{\text{Ф4}} = 7,85$ м $\rightarrow M_{\text{К104}} = 7,85 \times 3,2 = 25,12$ тм; $(M_{\text{Ф4}} / M_{\text{К104}}) = 0,67$;

– при $b_{\text{Ф5}} = 9,64$ м $\rightarrow M_{\text{К104}} = 9,64 \times 2,2 = 21,22$ тм; $(M_{\text{Ф5}} / M_{\text{К104}}) = 0,88$;

– при $b_{\text{Ф6}} = 7,83$ м $\rightarrow M_{\text{К104}} = 7,83 \times 3,2 = 25,12$ тм; $(M_{\text{Ф6}} / M_{\text{К104}}) = 0,72$;

– при $b_{\text{Ф8}} = 10,24$ м $\rightarrow M_{\text{К104}} = 10,24 \times 2,0 = 20,48$ тм; $(M_{\text{Ф8}} / M_{\text{К104}}) = 0,69$;

– при $b_{\text{Ф10}} = 9,92$ м $\rightarrow M_{\text{К104}} = 9,92 \times 1,9 = 20,83$ тм; $(M_{\text{Ф10}} / M_{\text{К104}}) = 0,69$.

Зменшення усередненої вартості експлуатації крану на об’єкті на **14,87** %.

Треба зауважити, що конструктивні рішення потрібно адаптувати для технічних характеристик кранів навіть в межах однієї розмірної групи. Наприклад, аналіз кранів 3-ї

розмірної групи К104 та КС3571 (вантажопідйомність 10т з телескопічною стрілою) показав, що останній не забезпечує монтаж “визначального елемента” Ф5 (варіант 1). Тому для зменшення монтажного моменту з врахуванням умови (11) необхідно замінити (див. таблицю, варіант 2) дві подушки Ф5 (ФЛ20.12; $k=2$; $L_1=1,2$ м) на три Ф9 (ФЛ20.8; $m=3$; $L_2=1,2$ м) по осях 4; 6; 8.

Ступінь використання крану КС3571 на монтажі “визначальних елементів” (варіант 2, рис. 4):

- при $b_{\Phi 4} = 7,85$ м $\rightarrow M_{КС3571} = 7,85 \times 2,8 = 21,98$ тм; $(M_{\Phi 4} / M_{КС3571}) = 0,77$;
- при $b_{\Phi 5} = 9,64$ м $\rightarrow M_{КС3571} = 9,64 \times 2,0 = 19,28$ тм; $(M_{\Phi 5} / M_{КС3571}) = 0,97$;
- при $b_{\Phi 6} = 7,83$ м $\rightarrow M_{КС3571} = 7,83 \times 2,8 = 21,98$ тм; $(M_{\Phi 6} / M_{КС3571}) = 0,64$;
- при $b_{\Phi 8} = 10,24$ м $\rightarrow M_{КС3571} = 10,24 \times 1,8 = 18,43$ тм; $(M_{\Phi 8} / M_{КС3571}) = 0,77$;
- при $b_{\Phi 10} = 9,92$ м $\rightarrow M_{КС3571} = 9,92 \times 1,7 = 16,86$ тм; $(M_{\Phi 10} / M_{КС3571}) = 0,85$.

Зменшення усередненої вартості експлуатації крану на об’єкті на **13,25** %.

2. Зміна технологічних рішень

Максимальний необхідний монтажний момент елементів на об’єкті можна зменшити за рахунок зменшення необхідного вильоту гака для монтажу. З діаграми послідовності виконання процесів при зведенні підземної частини будівлі (рис. 5) видно, що монтаж подушок можна виконувати з неперервним освоєнням фронтів робіт в окремих виїмках (траншеях) або у влаштованій земляній споруді (котловані).

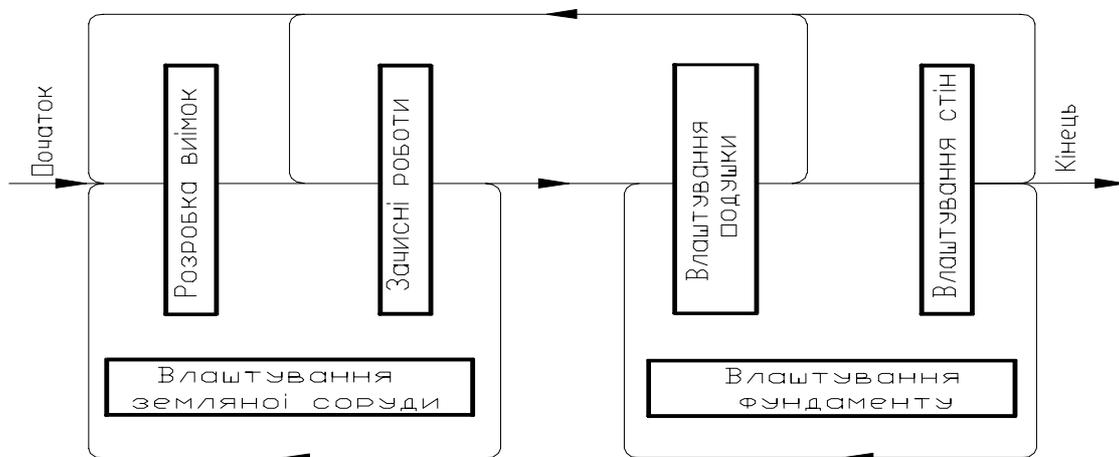


Рис. 5 Діаграма послідовності виконання процесів при зведенні підземної частини споруди

При виконанні робіт в траншеях подушка Ф-6 з максимальною вагою розташована на максимально необхідному вильоті гака, тому вибір крану виконуємо за одним “визначальним елементом”. Для виконання монтажних робіт прийнято кран КС-2561Е.

Максимальний необхідний монтажний момент отримано для фундаментів Ф-6 по осях 2 і 5 (варіант 3, див. таблицю)

$$M_{\Phi 6}^{\max} = Q_{\Phi 6}^H \times L_{\Phi 6}^H = 10,12 \text{ тм.}$$

Ступінь використання крана на об’єкті для “визначального елемента”:

$$M_{КС-2561Е} = 4,4 \times 4,5 = 19,80 \text{ тм} > M_{\Phi 6}^{\max} \quad (M_{\Phi 6}^{\max}) / M_{КС-2561Е} = 0,51.$$

Монтажний момент

Позначення	Марка елемента	Вага елемента т. (ГОСТ13580-85)	Базовий варіант				Варіант 1				Варіант 2				Варіант 3			
			Кількість, шт.	Трудомісткість маш/год.	Максимальний необхідний виліт гака, м	Монтажний момент, т·м	Кількість, шт.	Трудомісткість маш/год.	Максимальний необхідний виліт гака, м	Монтажний момент, т·м	Кількість, шт.	Трудомісткість маш/год.	Максимальний необхідний виліт гака, м	Монтажний момент, т·м	Кількість, шт.	Трудомісткість маш/год.	Максимальний необхідний виліт гака, м	Монтажний момент, т·м
Ф1	ФЛ 8.12	0,55	25	4,25	4,84	2,24	11	1,87	4,84	2,42	11	1,87	4,84	2,42	25	4,25	3,6	1,98
Ф2	ФЛ 10.12	0,65	6	1,26	10,24	6,66	2	0,42	10,24	6,66	2	0,42	10,24	6,66	6	1,26	4	2,6
Ф3	ФЛ 16.12	1,08	3	0,63	9,64	10,41	3	0,63	9,64	10,41	3	0,63	9,64	10,41	3	0,63	4	4,32
Ф4	ФЛ 16.24	2,15	6	1,56	7,85	16,88	6	1,56	7,85	16,88	6	1,56	7,85	16,88	6	1,56	4	8,60
Ф5	ФЛ 20.12	1,95	45	11,7	9,64	18,72	45	11,7	9,64	18,72	37	9,62	8,78	17,12	45	11,7	4,2	8,19
Ф6	ФЛ 24.12	2,30	18	4,08	10,24	23,55	12	3,12	7,83	18,00	12	3,12	7,83	18,00	18	4,08	4,4	10,12
Ф7	ФЛ 8.24	1,15	-	-	-	-	7	1,47	4,84	6,59	7	1,47	4,84	6,59	-	-	-	-
Ф8	ФЛ 10.24	1,38	-	-	-	-	2	0,42	10,24	14,13	2	0,42	10,24	14,13	-	-	-	-
Ф9	ФЛ 20.8	1,25	-	-	-	-	-	-	-	-	12	2,52	10,24	12,80	-	-	-	-
Ф10	ФЛ 24.8	1,45	-	-	-	-	9	1,89	9,92	14,38	9	1,89	9,92	14,38	-	-	-	-
Всього			103	23.48			97	23.08	К104 (10 т)		101	23.52	КС-3571 (10 т)		103	24.48		
Кран (вантажопідйомність, т)				МКА-16 (16 т)														КС-2561Е (6,3 т)
Усереднена вартість маш/год експлуатації крану, грн.				33,00 (100%)				28,58 (86,6%)				28,58 (86,6%)						24,55 (74,4%)
Усереднена вартість експлуатації крану на об'єкті, грн.				774,84 (100%)				659,63 (85,13%)				672,20 (86,75%)						600,98 (77,56%)

Примітка: – параметри елементів, які враховуються при виборі кран.

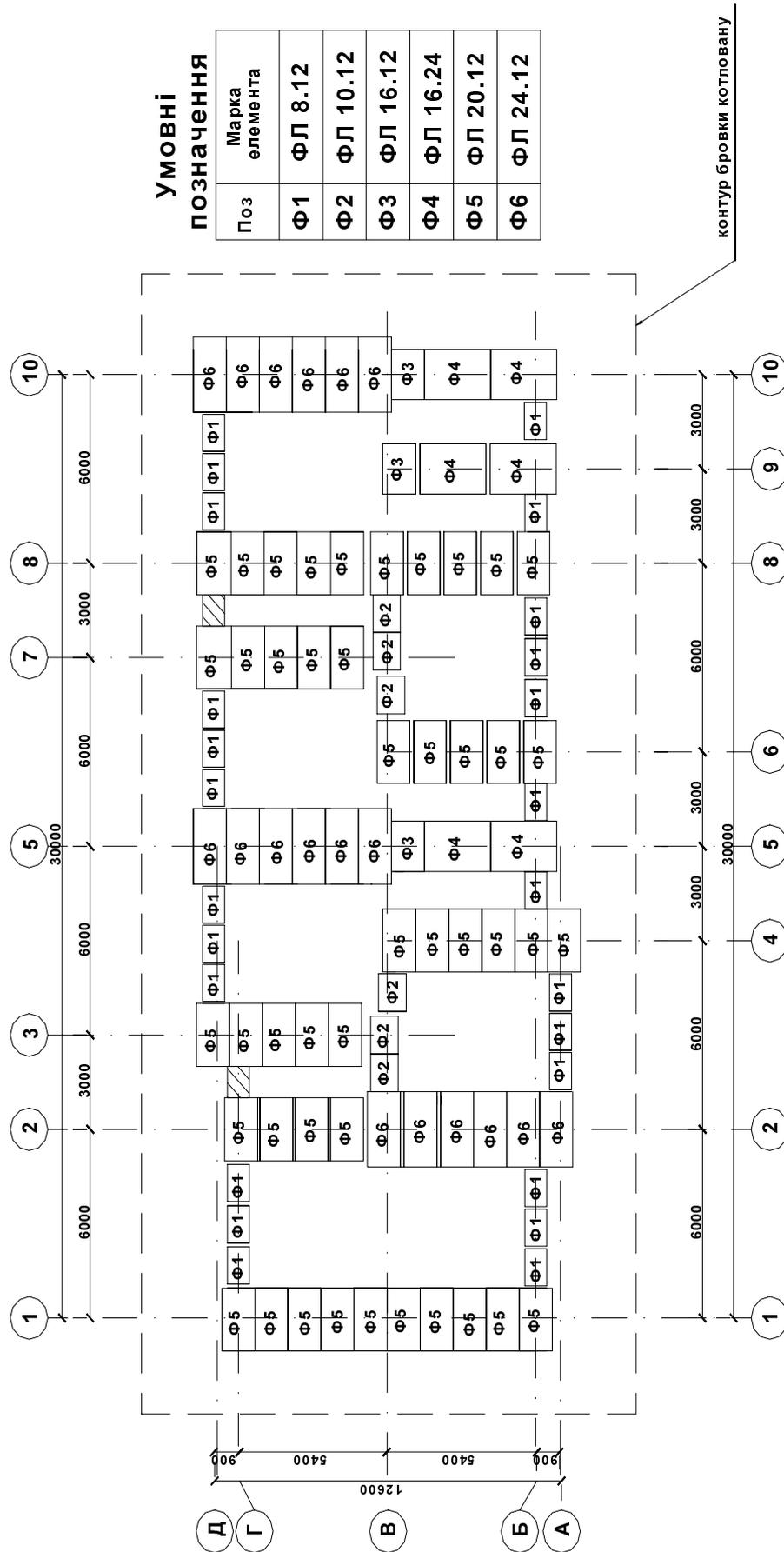


Рис. 3. План фундаментів. Базовий варіант

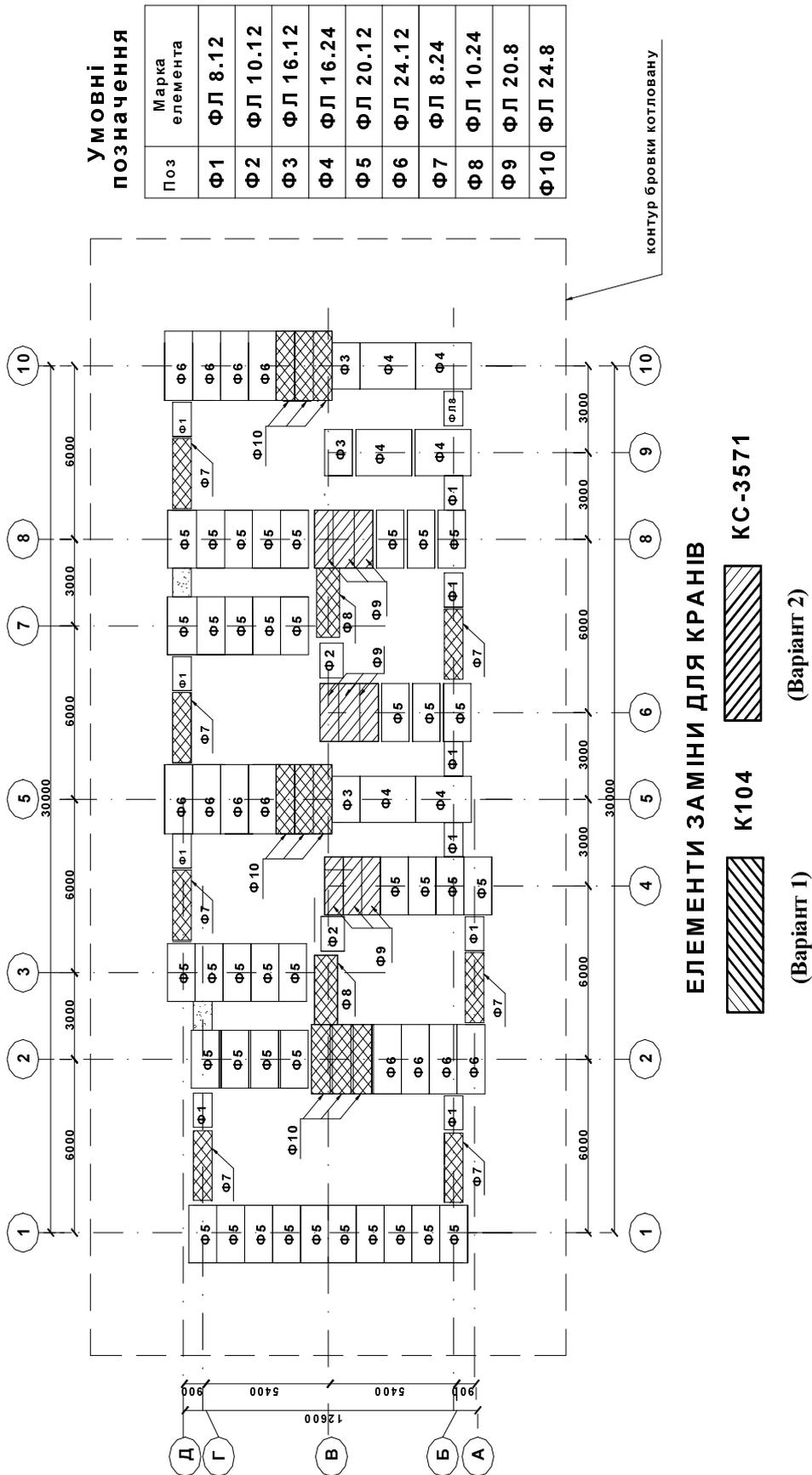


Рис. 4. План фундаментів. Варіант 1,2

За рахунок зміни технологічного рішення зменшилися усереднена вартість експлуатації крану на об'єкті на **22,44%**.

Внаслідок досліджень встановлено:

- 1) метод визначення елементів, які впливають на вибір крану;
- 2) що при зведенні збірних залізобетонних фундаментів вибирати кран потрібно у взаємозв'язку з конструктивними і технологічними рішеннями (можливе зменшення експлуатаційних витрат крану (див. таблицю);
- 3) найбільший вплив на ефективність використання крану на об'єкті при монтажі фундаментів мають схеми виконання робіт монтажу подушок. При неперервному освоєнні фронтів робіт (виконання робіт у траншеях) для зведення фундаментів житлових будинків використовують крани найменшої розмірної групи та зменшується усереднена вартість експлуатації крану через значне зменшення необхідного вильоту стріли для монтажу елементів. Проте для реалізації такої технології необхідно розробка комплексного механізованого технологічного процесу з ув'язкою робіт з улаштування окремих траншей та монтажних робіт;
- 4) що заміна подушок на менші типорозміри фундаментів може бути ефективна, якщо внаслідок заміни застосовується кран меншої розмірної групи;
- 5) що конструктивні рішення повинні бути адаптовані під технічні характеристики крану (варіант 1 кран К104 вантажопідйомністю 10 т, та варіант 2 кран КС-3571 – 10т).

1. Беринский И.Ц., Иванейко И.Д., Николаев В.П., Пелешко И.Д. Вычислительная техника в проектировании технологии и организации строительства. – Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1984. – 284с. 2. Строительные машины. Общая часть / С.П. Епифанов, М.Д. Полосин, В.И. Поляков.-М.: Стройиздат, 1991. – 176 с 3. СНиП III-4-80 Техника безопасности в строительстве / Госстрой СССР.-М.: Стройиздат, 1981. – 255 с. 4. Строительные краны. Справочное пособие. И.З. Барч. – К., Будівельник. 1974, – 336с. 3. Строительные машины. Общая часть / С.П. Епифанов, М.Д. Полосин, В.И. Поляков. – М.: Стройиздат, 1991. – 176 с. 5. Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів (Редакційна колегія: А.В. Беркута, П.І. Губень, В.Г. Іванькіна) – К., 2001. – 248с.