

ЗБАЛАНСУВАННЯ НЕРИТМІЧНИХ ПОТОКІВ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНІЗОВАНИМИ БРИГАДАМИ

Запропоновано збалансувати процеси з неритмічними потоками, за термінами виконання робіт з використанням комплексно-механізованої бригади. Для системи робіт виконується збалансування за принципом зменшення періоду розгортання потоку. Виконано порівняння ефективності термінів виконання робіт запропонованими методами.

Ключові слова: поточне будівництво, комплексно-механізована бригада, матричний спосіб розрахунку потоків, оптимізація потоків.

Вступ. Для зведення будівлі як гармонійно збалансованої системи виконується за рахунок прийняття конструктивних, організаційних і технологічних рішень (КОТР) на основі варіантного проектування. Це завдання можна виконати як загалом по системі так і ув'язкою окремих елементів [1, 2]. У цій роботі розглядається питання зменшення терміну будівництва за рахунок ув'язки організаційних та технологічних рішень з використанням у потоці комплексно-механізованих бригад.

Аналіз досліджень та публікацій. Досвід показує, що для розрахованих за тим чи іншим способом організаційні вирішення потребують оптимізації. Зменшення терміну будівництва, як правило, виконується із застосуванням спеціальних та універсальних машин. При використанні спеціальних машин скорочення терміну будівництва досягається [3]:

- збільшенням інтенсивності виконання робіт;
- заміною послідовності освоєння фронтів робіт;
- за рахунок виконання паралельних процесів (паралельно-поточного виконання).

Ці зміни в організації робіт викликають зменшення продуктивності праці [4], збільшення кількості пересувань бригад із захватки на захватку та включення до процесу додаткових бригад та механізмів.

Під час використання універсальних машин (УМ) можливе скорочення термінів будівництва за допомогою укрупнення декількох процесів до загальної тривалості робіт по об'єкту зведення [1]. З організаційної точки зору це передбачає виконання УМ послідовно кількох процесів з неперервним освоєнням фронтів робіт. Для такого збалансування можуть використовуватися комплексні бригади.

Аналіз комплексу робіт показав, що вони можуть бути рівноритмічні, частково розбалансовані та динамічні [5]. Розбалансовані системи дають додаткові періоди розгортання потоків. Зменшити тривалість періодів розгортання потоків та зведення об'єкта можна використовуючи на них комплексно-механізовані бригади з паралельно-послідовним виконанням робіт.

Мета досліджень. Скорочення терміну будівництва об'єкта за рахунок зменшення періоду розгортання потоків під час використання комплексно-механізованої бригади.

Основний матеріал і результати. Для вирішення поставленої проблеми збалансування об'єкта за термінами будівництва були визначені основні види робіт (часткові потоки), способи їхнього групування у комплексно-механізовані бригади (спеціалізовані потоки). Комплексна бригада повинна забезпечувати виконання свого процесу та зменшити термін виконання суміжних процесів, на відмінну від рекомендацій з досвіду зведення цивільних та промислових будівель [6, 7]. Для забезпечення цього процесу засобами механізації передбачено використання спеціальних, універсальних та технологічно транспортних машин (бетонозмішувач, бортова машина з кран-маніпулятором) [1, 8].

Збалансування системи може передбачати досягнення зменшення тривалості виконання комплексу робіт зменшенням періодів розгортання потоків. У цій роботі комплексно-механізовані бригади використовуються послідовно-паралельно на взаємопов'язаних роботах.

Зменшення періодів розгортання передбачає визначення двох процесів з використанням на них спеціалізованої та комплексно-механізованої бригади. Такими технологічними процесами можуть бути два суміжні процеси з термінами періоду розгортання потоку більше від тривалості виконання потоку на першій захватці:

$$T_i^p > t_{(i-1)1}, \quad (1)$$

де T_i^p – період розгортання i -го часткового потоку; $t_{(i-1)1}$ – термін виконання у $(i-1)$ -го часткового потоку на першому фронті робіт.

Збалансування вибраного варіанта двох взаємопов'язаних процесів виконуємо з умови:

$$\max_k \left(\sum_{j=1}^k t_{(i-1)j} - \sum_{j=1}^{k-1} t_{ij} - \sum_{j=1}^{k-1} t_{ij}^{opr} \right) \leq t_{(i-1)j}; \quad 1 \leq k \leq n, \quad (2)$$

де $t_{(i-1)j}$ та t_{ij} – тривалість виконання процесів на взаємопов'язаних роботах; $1, 2, \dots, j, \dots, k, \dots, n$ часткові фронти робіт; $1, 2, \dots, i, \dots, m$ – часткові потоки; $t_{ij}^{opr} \geq 0$ – сумарна організаційна зміна двох процесів для досягнення збалансованих процесів.

Тривалість виконання кожного з процесів на захватках після збалансування двох процесів визначається за формулою:

$$t_{i-1,j+1}^H = t_{i-1,j+1} - \frac{t_j^{opr}}{2}; \quad (3)$$

$$t_{ij}^H = t_{ij} + \frac{t_j^{opr}}{2}; \quad (4)$$

Система може бути збалансована як середнє арифметичне взаємопов'язаних чисел:

$$t_{i-1,j+1}^H = t_{ij}^H = (t_{i-1,j+1} - t_{ij})/2, \quad \text{за } t_{i-1,j+1} > t_{ij} \quad (5)$$

або прийнята без змін:

$$t_{i-1,j+1}^H = t_{i-1,j+1} \text{ та } t_{ij}^H = t_{ij}, \quad \text{за } t_{i-1,j+1} < t_{ij} \quad (6)$$

Остаточні варіанти організації робіт для прийняття ефективних рішень і створення збалансованої системи загалом вибирається за функцією

$$T = \sum T_i^p + t_m \rightarrow T_{min}, \quad (7)$$

де T_{min} – оптимальна функція для цього варіанта; $\sum T_i^p$ – сума періодів розгортання часткових потоків; t_m – тривалість останньої роботи часткового потоку.

Для ілюстрації способу вирішення проблеми візьмемо приклад існуючої системи збалансованих за тривалістю потоків (табл. 1) [9].

Таблиця 1

Вихідні дані для розрахунку неритмічних потоків

Захватки	Технологічні процеси та ритми роботи бригад, t_p					
	Земляні роботи	Монтаж фундаментів	Монтаж каркаса та стін	Влаштування покрівлі	Монтаж технологічного обладнання	Опоряджувальні роботи
	А	Б	В	Г	Е	Д
<i>I</i>	1	10	12	5	10	12
<i>II</i>	3	6	10	6	20	8
<i>III</i>	4	5	6	4	8	18
<i>IV</i>	3	3	8	3	11	9
<i>V</i>	1	2	14	2	17	7
<i>VI</i>	2	4	7	8	12	4
<i>VII</i>	3	1	9	7	16	5

Розрахунок системи виконаємо у системі ОВР (табл. 2) [1]

Таблиця 2

Оптимізація термінів будівництва за допомогою скорочення періоду розгортання потоків

ОВР	Фронти робіт, тривалість і терміни виконання								Варіант 1			Варіант 2			Варіант 3			Варіант 4			Варіант 5		
	Вихідні дані								E+D – 1*			B+Г			E+D – 2*			B+Г-E+D – 2*					
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	T ₁ ^p	T _{чп1}	$\frac{T_1^p}{T_1^c}$	T ₂ ^p	T _{чп2}	$\frac{T_2^p}{T_2^c}$	T ₃ ^p	T _{чп3}	$\frac{T_3^p}{T_3^c}$	T ₄ ^p	T _{чп4}	$\frac{T_4^p}{T_4^c}$	T ₅ ^p	T _{чп5}	$\frac{T_5^p}{T_5^c}$
А	1	3	4	3	1	2	3	1	17	$\frac{0}{17}$	17	1	$\frac{0}{17}$	17	17	$\frac{0}{17}$	1	17	17	$\frac{0}{17}$	17	17	$\frac{0}{17}$
	10	6	5	3	2	4	1	31	$\frac{1}{32}$	31	31	$\frac{1}{32}$	31	31	31	$\frac{1}{32}$	31	31	31	$\frac{1}{32}$	31	31	$\frac{1}{32}$
Б	12	10	6	8	14	7	9	66	$\frac{11}{77}$	66	10	$\frac{11}{64}$	53	10	66	$\frac{11}{77}$	10	66	66	$\frac{11}{77}$	10	53	$\frac{11}{64}$
	5	8	4	3	2	8	7	35	$\frac{49}{84}$	35	12	$\frac{23}{71}$	48	38	35	$\frac{49}{84}$	38	35	35	$\frac{49}{84}$	12	48	$\frac{23}{71}$
Г	10	20	8	11	17	12	16	94	$\frac{54}{148}$	94	8	$\frac{31}{125}$	94	8	78	$\frac{54}{132}$	5	81	81	$\frac{54}{132}$	8	81	$\frac{31}{112}$
	12	8	18	9	7	4	5	63	$\frac{90}{153}$	63	36	$\frac{67}{130}$	63	36	79	$\frac{67}{143}$	10	76	76	$\frac{64}{140}$	10	76	$\frac{41}{117}$
Д	16	8	9	10	9	10	10	153	90	153	90	67	130	67	143	67	10	140	140	64	140	64	117
	90	153	67	130	67	143	64	143	64	143	64	130	67	130	64	143	64	140	140	64	140	64	117

1* - розрахунок тривалості часткового потоку за формулами (5) і (6).

2* - розрахунок тривалості часткового потоку за формулами (3) і (4).

Відповідно з матричним розрахунком потоку (табл. 2 варіант 1) не відповідають значенню формули (1) суміжні процеси:

- часткові потоки В-Г ($i-1=3$; $i=4$);

$$T_4^p = t_{31} + \max_k (\sum_{j=1}^k t_{j(i-1)} - \sum_{j=1}^{k-1} t_{ji}) = 38 > t_{31} = 12;$$

- часткові потоки Е-Д ($i-1=5$; $i=6$);

$$T_6^p = t_{51} + \max_k (\sum_{j=1}^k t_{j(i-1)} - \sum_{j=1}^{k-1} t_{ji}) = 36 > t_{51} = 10.$$

Для заданої сукупності робіт розроблені варіанти з розрахунком нової тривалості процесів за формулами (5) і (6) для варіанта 3 та (3) і (4) для варіанта 4.

Таблиця 3

Розрахунок зміни виконання процесів Е-Д

Захватки	Терміни виконання					
	t_j^{opr}	$t_{i-1,j+1}^H$	t_{ij}^H	$t_{сеп}$	$t_{i-1,j+1}^H$	t_{ij}^H
1	8-0=8	20-4=16	12+4=16	16	16	16
2	8-8=0	8-0=8	8+0=8	8	8	8
3	1-8=-7	11-0=11	18+0=18	0	11	18
4	9-8=1	17-1=16	9+1=10	13	13	13
5	14-10=4	12-2=10	7+2=9	9.5	10	9
6	26-14=12	16-6=10	4+6=10	10	10	10
Сума		71	71		68	74

Прийняття ефективних рішень і створення збалансованої системи вибирається за функцією (7) - варіантами організаційної систем 2, 4 та 5 (варіант 3 за критерієм Парето не ефективний).

Запропонований метод дає змогу зменшити суміжні процеси за термінами виконання (А-Б; Б-В; Е-Д), а комплексно-механізована бригада дає можливість скоротити термін процесу паралельним методом без залучення додаткового ресурсу.

Висновки. Комплексно-механізовані бригади дозволяють зменшити тривалість виконання робіт збалансуванням за часом. В свою чергу доцільність їхнього запровадження в будівництві повинно бути визначено за основними критеріями: вартість, трудомісткість та інші.

Література

1. Іванейко І.Д., Олексів Ю.М. Збалансування термінів виконання будівельних процесів для потокової організації робіт з використанням універсальних машин // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: Зб. наук. пр. – К.: КДТУБА, 2015.- Вип. 34 - С. 103 - 114.
2. Іванейко І.Д., Мудрий І.Б., Олексів Ю.М. Формування та ефективність технологічних конструктивних рішень стрічкових фундаментів зведених із-за меж котловану //Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: зб. наук. пр. - Луцьк: ЛНТУ, 2015. - Вип.3.- С. 79-92.
3. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. - Л.: Стройиздат Ленингр. отделение, 1990. - 303 с.
4. Іванейко І.Д., Мудрий І.Б. Дослідження величини малооб'ємності робіт для стрілових кранів при спорудженні фундаментів в міській забудові // Містобудування та територіальне планування: наук. тех. зб. - К.: КНУБА, 2011.-Вип. №41.- С. 178 - 183.
5. Осипов О.Ф. Система обґрунтування та вибору організаційно-технологічних рішень реконструкції будівель: автореф. дис. ... доктора техн. наук.: спец. 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва»/ О.Ф.Осипов – Одеса: ОДАБА, 2015. – 43 с.
6. Справочник по проектированию организации строительства // Канюка Н.С., Шевчук Б.М., Белостоцкий О.Б. К.: Будівельник, 1969. – 447 с.
7. Дикман Л.Г. Организация жилищно-гражданского строительства. – М.: Стройиздат, 1985. – 414 с. – (Справочник строителя).
8. Іванейко І.Д., Олексів Ю.М. Ефективність застосування кран-маніпуляторів на бортових машинах для монтажу фундаментів.// Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві: матер. VI Міжнародної науково-практичної конференції 23-24 березня 2016 р. – Харків, ХНУБА. Видавництво «Точка», 2016. - С. 52-54.
9. Організація будівництва/ С.А.Ушацький, Ю.П.Шейко, Г.М.Тригер та ін.; за редакцією С.А.Ушацького : підруч. – К.: Кондор, 2007. – 521 с.

Аннотация

В статье предложено сбалансировать процессы с неритмичными потоками за сроками выполнения работ с использованием комплексно-механизированных бригад. Для системы работ выполняется сбалансирование за принципом уменьшения периода развертывания потока. Выполнено сравнение эффективности сроков производства работ предложенными методами.

Ключевые слова: поточное строительство, комплексно-механизированные бригады, матричный способ расчета потоков, оптимизация потоков.

Annotation

The article suggests to balance the processes with irregular flows in terms of executing work using the integrated brigade. It is being executed the balancing for the system of works by the principles of reducing the period of deployment. The comparison of efficiency of execution terms by the suggested methods has been conducted.

Key words: flow-line conveyer method of construction, integrated brigade, matrix method of flow-line conveyer computations, optimization of flow-line conveyer.