

УДК 69:624.05

І.Д. Іванейко

канд. техн. наук., доц.,

Ю.М. Олексів

інженер

ЗБАЛАНСУВАННЯ ТЕРМІНІВ ВИКОНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ПОТОКОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ З ВИКОРИСТАННЯМ УНІВЕРСАЛЬНИХ МАШИН

У статті запропонований для використання універсальних машин метод виконання робіт – потоково-послідовний. Встановлені залежності для визначення розрахункових параметрів – період розгортання потоку та термінів будівництва. Виконано порівняння ефективності збалансування термінів виконання запропонованим методом з способом за рахунок зміни інтенсивності виконання робіт за термінами будівництва.

Ключові слова: *поточне будівництво, універсальні машини, матричний спосіб розрахунку потоків, оптимізація потоків.*

Вступ. Терміни і вартість зведення будівлі в першу чергу залежить від прийняття системно збалансованих конструктивно-організаційно-технологічних рішень (КОТР) з урахуванням пріоритетів і компромісів між дійовими особами об'єктної будівельної системи (ОБС)[1]. В цілому оптимальними КОТР є ті, що відповідають інтересам всіх суб'єктів ОБС. В той же час, наявність домінантного рішення в складних системах скоріше виключення ніж правило. На сьогоднішній день, в умовах високих кредитних ставок, з урахуванням інтересів всіх суб'єктів ОБС одним з пріоритетних серед критеріїв є термін будівництва.

Аналіз досліджень та публікацій. При зведенні об'єктів оптимальним організаційним рішенням є виконання робіт поточковим методом, оскільки саме

він забезпечує скорочення термінів будівництва без залучення додаткового ресурсу. З ряду об'єктивних причин, при зведенні будівлі та його частин, часткові потоки мають різну інтенсивність та тривалість. Одним із способів збалансування часткових потоків за тривалістю виконання робіт є зменшення їхньої інтенсивності [2]. Дійсно, даний спосіб скорочує терміни будівництва за рахунок покращення показника рівня ритмічності. В той же час, професор В.А.Афанасьєв стверджує, що «переформатування» неритмічних потоків в ритмічні «шляхом зміни інтенсивності виконання робіт є надто дорогою платою, і вона, як правило, не відшкодовується». [2].

Таким чином, актуальною проблемою залишається ефективно збалансування часткових (спеціалізованих) потоків за тривалістю їхнього виконання з метою підвищення рівня ритмічності виконання робіт.

Для вирішення поставленої проблеми при зведенні підземної частини будівлі в статті [3] були визначені основні види робіт (часткові потоки), способи їхнього групування у комплексні процеси (спеціалізовані потоки) та засоби механізації для виконання робіт – спеціалізовані та універсальні машини (УМ).

З точки зору оптимального технологічного рішення універсальні машини (УМ) не ефективні у порівнянні з спеціалізованими, які адаптовані для виконання певного виду робіт. В той же час, вони більш ефективні спеціалізованих при вирішенні актуальних проблем, таких як:

- ефективної механізації малооб'ємних робіт [4,5];
- забезпечення організаційно-технологічної надійності виконання

певної роботи механізованим способом під реалізацію ефективного КОТР на подальших процесах [6, 7]. (Наприклад, розробка виїмки під бетонування фундаментів у розпір «на сухо» [8] під термін постачання бетону, з метою забезпечення конструктивної стійкості укосів [9] та збереження фізико - механічних характеристик основи фундаментів).

У той же час, не проводилось дослідження доцільності застосування УМ для збалансування часткових (спеціалізованих) потоків за тривалістю їхнього

виконання з метою підвищення рівня ритмічності виконання робіт. З точки зору організації робіт процеси, на які залучена УМ, виконуються послідовним методом. Тому, потоки з залученням УМ нами визначені як потоково-послідовні.

Мета досліджень: скорочення терміну будівництва за рахунок збалансування часткових (спеціалізованих) потоків за тривалістю їхнього виконання на об'єктах зведених потоково-послідовним методом будівництва.

Основний матеріал і результати. Детальний огляд форм розрахункових моделей, які використовуються у будівництві детально розглянуті в роботі [2]. На нашу думку, для аналізу та опрацювання варіантів організаційно-технологічних рішень (ОТР) найбільш адаптованими є матричні моделі розроблені проф.В.А.Афанасьєвим. Зазначені моделі включають: вихідні дані з підрахунком загальної тривалості часткового (фронтального) потоку; матрицю розрахунку; візуалізацією розрахункових параметрів на циклограмі (може бути у вигляді календарного графіка). Для розрахунку потоків рекомендуються матриці в системі ОФР та ОВР. Матриця в системі ОФР адаптована для розрахунку потоків з неперервним використанням ресурсу, а в системі ОВР – для розрахунку потоків з неперервним освоєнням фронтів.

Варіантне проектування передбачає створення нової матриці зі зміною його вихідних даних (табл. 1; 2 – відповідно для вихідних даних та змінених на частковому потоці Б через зменшення інтенсивності виконаних цієї роботи у два рази).

Таблиця 1

Матриця тривалості робіт (в системі ОФР) [2]

| ОФР | | Часткові потоки, тривалості і терміни робіт | | | |
|---------------------|-----|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | | А | Б | В | Г |
| Фронт робіт | I | 0 ₄ ⁴ | 19 ₂ ²¹ | 21 ₇ ²⁸ | 32 ₄ ³⁶ |
| | II | 4 ₈ ¹² | 21 ₅ ²⁶ | 28 ₄ ³² | 36 ₅ ⁴¹ |
| | III | 12 ₁₀ ²² | 26 ₂ ²⁸ | 32 ₉ ⁴¹ | 41 ₇ ⁴⁸ |
| | IV | 22 ₆ ²⁸ | 28 ₃ ³¹ | 41 ₁ ⁴² | 48 ₆ ⁵⁴ |
| Періоди розгортання | | | 19 | 2 | 11 |
| Періоди згортання | | | 3 | 11 | 12 |

Матриця тривалості робіт (в системі ОФР).**Інтенсивність часткового потоку Б збільшена у два рази [2]**

| ОФР | | Часткові потоки, тривалості і терміни робіт | | | |
|---------------------|-----|---|----------------|-------------|-------------|
| | | А | Б | В | Г |
| Фронти робіт | I | 0_4^4 | 10_4^{14} | 17_7^{24} | 28_4^{32} |
| | II | 4_8^{12} | 14_{10}^{24} | 24_4^{28} | 32_5^{37} |
| | III | 12_{10}^{22} | 24_4^{28} | 28_9^{37} | 37_7^{44} |
| | IV | 22_6^{28} | 28_6^{34} | 37_1^{38} | 44_6^{50} |
| Періоди розгортання | | | 10 | 7 | 11 |
| Періоди згортання | | | 6 | 4 | 12 |

Таким чином, є необхідність в розробці форми розрахункової моделі адаптованої під варіантне проектування.

Розробка форми розрахункової моделі

Аналіз форм розрахункових моделей показав, що матриці в системі ОВР не виключають можливості розрахунку потоків з неперервним використанням ресурсу, а матриці ОФР – з неперервним освоєнням фронтів. Для цього достатньо винести розрахункові параметри з нижньої частини вихідних даних у праву частину від вихідних даних. З точки зору принципу економічності та взаємозв'язку розрахункових даних та візуалізації лінійного графіку (графіка Л.Г.Ганта) доцільно виконувати розрахунок потоків з неперервним використанням ресурсу на матриці ОВР. Якщо замість назв робіт включити всі параметри календарного графіка (обґрунтування роботи за нормами, назву роботи, обсяги робіт, норму часу і інше) то від звичайного календарного графіку така форма буде відрізнятися лише включенням в нього матричного розрахунку параметрів потоку. Щодо розрахунку одночасно періодів розгортання та згортання потоку аналіз не проводився. Для запропонованої моделі включений лише розрахунок періоду розгортання. Необхідним параметром у матриці є тривалість часткового потоку, яка використовується для швидкого розрахунку закінчень часткових потоків та аналізу співрозмірності даного параметру у часткових потоках. Іншими важливими елементами для варіантного проектування є включення в

розрахункові параметри: початок та закінчення часткових потоків, суми періодів розгортання часткових потоків та загальної тривалості потоку. Крім того, розрахункові параметри для різних варіантів повинні дублюватися (табл.3). Що стосується термінів робіт по фронтам (захваткам) то вони повинні розраховуватись лише для остаточного варіанту прийнятих ОТР.

Формування матриці потоків (часткових та спеціалізованих).

Найпростішим методом визначення кількості часткових потоків є прийняття їх відповідності до робіт визначеними нормами. Звичайно такі потоки є розбалансованими за параметром «тривалість часткового потоку» .

Серед варіантів розбалансування за параметром «тривалість часткового потоку» слід розрізнити:

- 1 – із значним відхиленням даного параметру в більшу сторону від суміжних значень;
- 2 - із значним відхиленням даного параметру в меншу сторону від суміжних значень.

Для вирішення поставленої мети в даній статті аналізується лише розбалансування другого виду

При розбалансуванні другого виду нами пропонується такі часткові потоки об'єднувати з суміжними (спеціалізований потік), сукупна тривалість яких є співрозмірна з тривалістю суміжних необ'єднаних часткових потоків (в даному випадку шляхом заміни спеціалізованих машин об'єднаних часткових потоків в спеціалізованій однією УМ без зміни інтенсивності виконання робіт).

Визначення варіантів послідовності робіт у спеціалізованому потоці та розрахункових параметрів для потоково-послідовного методу будівництва.

У межах спеціалізованого потоку може віддаватися перевага тій чи іншій послідовності виконання робіт по частковим потокам і фронтам. У відповідності з класифікацією зв'язків між роботами [2] вони можуть виконуватися з неперервним використанням ресурсу або освоєнням фронтів, з пріоритетами (рангові зв'язки) та неструктуровані під певну мету (спеціальні зв'язки).

У даній статті розглянуті варіанти з неперервним використанням ресурсів (варіант 2 табл. 4) та освоєнням фронтів робіт (варіант 3 табл. 4).

Таблиця 3

Матриця для розрахунку термінів та загальної тривалості потоку з графіком виконання робіт

| ОВР | Фронти робіт, тривалості і терміни виконання | | | | Варіанти | | | | | | Графік виконання робіт | | | |
|-----|--|-----|----------|-----|-----------|------------|----------------------|----------------------------|---------|------------|------------------------|-----------|----------------------------|----------------------|
| | | | | | Варіант 1 | | | Варіант l | | | | Варіант L | | |
| | | | | | T_1^p | $T_{чп}$ | T_1^n / Γ_1^3 | $T_{чпl}$ | T_l^p | $T_{чпл}$ | | T_L^p | $T_{чпл}$ | T_L^n / Γ_L^3 |
| А | t_{11} | ... | t_{j1} | ... | t_{n1} | T_{11}^p | $T_{чп1}$ | T_{11}^n / Γ_{11}^3 | ... | $T_{чпл}$ | T_{1L}^p | $T_{чпл}$ | T_{1L}^n / Γ_{1L}^3 | |
| | t_{12} | ... | t_{j2} | ... | t_{n2} | T_{21}^p | $T_{чп2}$ | T_{21}^n / Γ_{21}^3 | ... | $T_{чпл}$ | T_{2L}^p | $T_{чпл}$ | T_{2L}^n / Γ_{2L}^3 | |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| i | t_{1i} | ... | t_{ji} | ... | t_{ni} | T_{i1}^p | $T_{чпi}$ | T_{i1}^n / Γ_{i1}^3 | ... | $T_{чпл}$ | T_{iL}^p | $T_{чпл}$ | T_{iL}^n / Γ_{iL}^3 | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| m | t_{1m} | ... | t_{jm} | ... | t_{nm} | T_{m1}^p | $T_{чпm}$ | T_{m1}^n / Γ_{m1}^3 | ... | $T_{чпл}$ | T_{mL}^p | $T_{чпл}$ | T_{mL}^n / Γ_{mL}^3 | |
| | | | | | | $\sum T^p$ | T | | | $\sum T^p$ | T | | | |

$T_{чп}$ - загальна тривалість часткового потоку; T_l^p - період розгортання часткового потоку; T_l^n - початок виконання робіт часткового потоку; Γ_l^3 - закінчення виконання робіт часткового потоку; $1 \dots l \dots L$ - варіанти виконання робіт; $\sum T^p$ - сума періодів розгортання часткових потоків; T - загальна тривалість потоку.

Таблиця 4

Варіанти методів виконання робіт

| ОВР | Фронти робіт, тривалості і терміни виконання | | | | Варіант 1 | | Варіант 2 | | Варіант 3 | | Варіант 4 | | Графік виконання робіт*** |
|-----|--|-----------------|----------------|----------------|-----------------------------|--|-----------------------------|--|-----------------------------|--|-----------------------------|--|---------------------------|
| | Вихідні дані* | | | | Б + В - ПР | | Б і В - ПФ | | Б - (t _Б × 2) | | T ₄ ^р | T ₄ ^н T ₄ ^з | |
| | I | II | III | IV | T ₁ ^р | T ₁ ^н T ₁ ^з | T ₂ ^р | T ₂ ^н T ₂ ^з | T ₃ ^р | T ₃ ^н T ₃ ^з | | | |
| А | 4 | 8 | 10 | 6 | 28 | 0 | 28 | 0 | 28 | 0 | 28 | 0 | 28 |
| | 2 ₄ | 5 ₁₀ | 2 ₄ | 3 ₆ | 19 | 19 | 12 ^{**} | 19 | 31 | 10 | 28 | 0 | 28 |
| В | 7 | 4 | 9 | 1 | 2 | 21 | 21 | 31 | 52 | 4 | 33 | 7 | 21 |
| | 4 | 5 | 7 | 6 | 11 | 32 | 11 | 12 ^{**} | 21 | 20 | 22 | 11 | 22 |
| Г | 4 | 5 | 7 | 6 | 32 | 42 | 22 | 42 | 64 | 24 | 46 | 11 | 22 |
| | | | | | 32 | 54 | 42 | 64 | 24 | 46 | 28 | 50 | 28 |
| | | | | | 32 | 54 | 42 | 64 | 24 | 46 | 28 | 50 | |

* - варіанти методів виконання робіт: варіант 1 – вихідні дані* -потоковий; варіант 2- Б +В – ПР – потоково-послідовний, спеціалізований потік включає роботи Б і В, які виконуються послідовно з неперервним використанням ресурсу; варіант 3 - Б +В – ПФ – потоково- послідовний, спеціалізований потік включає роботи Б і В, які виконуються послідовно з неперервним освоєнням фронтів; варіант 4- Б - (t_Б × 2) – потоковий зі зменшенням інтенсивності роботи Б в два рази; 12^{**} - період розгортання визначений за формулою (2); *** – графік виконання робіт для варіанту 1 (тонкі лінії – тривалість -54) та найбільш раціонального за тривалістю – варіант 3 (товсті лінії – тривалість -46);

→ - тривалість роботи Б на захватці (фронті) у відповідності з вихідними даними.

*А - 2₄ → тривалість роботи Б на захватці (фронті) для варіанту 4 зі зміною інтенсивності виконання робіт.

Розрахунок параметрів для потокового будівництва наведений в [2] і передбачає визначення загальної тривалості потоку (3.8) [2], періодів розгортання часткових потоків (3.9) [2] та початків часткових потоків на першому фронті робіт:

$$T_{i1}^P = T_{(i-1)1}^P + T_i^P; \quad (1)$$

де T_{i1}^P - початки відповідно даної (i -ї) і попередньої ($i-1$) часткового потоку на 1-му фронті робіт; $1, 2, \dots, i, \dots, m$ - часткові потоки T_i^P - період розгортання i -го потоку ($i=2 \dots m$); $T_{11}^P=0$ - початок першого часткового потоку на першій захватці.

Розрахункові параметри при потоково-послідовному методі будівництва визначаються для виконання робіт у спеціалізованому потоці з неперервним використанням ресурсу та освоєнням фронтів.

При виконанні робіт у спеціалізованому потоці послідовно з неперервним використанням ресурсів (варіант 2 табл. 4).

При виконанні всіх робіт з неперервним використанням ресурсу незалежно від методу організації (послідовний чи поточний) слід розраховувати періоди розгортання для всіх часткових потоків. Періоди розгортання для першого часткового потоку у спеціалізованому визначається за формулою (3.9)[2], а для другого і подальших – приймаються рівними

$$T_r^P = \sum_{j=1}^n t_{j(r-1)} \quad (2)$$

де T_r^P - період розгортання другого і подальших часткових потоків спеціалізованого, в якому роботи виконуються послідовно з неперервним використанням ресурсів (спеціалізовані потоки можуть об'єднувати дві і більше робіт); де $1, 2, \dots, j, \dots, n$ - часткові фронти робіт.

Для варіанту 2, спеціалізованого потоку Б+В, для роботи В (третій вид роботи) - $T_{32}^P = \sum_{j=1}^{n=4} t_{j22} = 12$

При виконанні робіт у спеціалізованому потоці послідовно з неперервним освоєнням фронтів (варіант 3 табл. 4)

При виконанні робіт у спеціалізованому потоці з неперервним освоєнням фронтів період розгортання розраховується тільки для спеціалізованого потоку за формулами:

- для спеціалізованого потоку відносно часткового (потоків А і Б+В)

$$T_i^p = \max_k \left(\sum_{j=1}^k t_{j(i-1)} - \sum_{j=1}^{k-1} \sum_{i=1}^t t_{ji} \right); \quad 1 \leq k \leq n, \quad (3)$$

- для часткового потоку відносно спеціалізованого (потоків Б+В і Г)

$$T_i^p = \max_k \left(\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^t t_{j(i-1)} - \sum_{j=1}^{k-1} t_{ji} \right); \quad 1 \leq k \leq n, \quad (4)$$

- між спеціалізованими потоками

$$T_i^p = \max_k \left(\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^t t_{j(i-1)} - \sum_{j=1}^{k-1} \sum_{i=1}^s t_{ji} \right); \quad 1 \leq k \leq n, \quad (5)$$

де t - кількість часткових потоків у спеціалізованому; s - кількість часткових потоків у суміжному спеціалізованому.

Загальна тривалість потоку визначається

$$T = \sum_{i=2}^m T_i^p + T_m. \quad (6)$$

де T_m - тривалості робіт на останньому спеціалізованому (частковому) потоці

$$T_m = \sum_{j=1}^n \sum_{i=m-t+1}^m t_{ji}. \quad (7)$$

де $y=(1...y)$ – кількість часткових потоків у останньому спеціалізованому (частковому) потоці

За результатами розрахунку встановлено, що ефективно застосовувати потоково-послідовний метод будівництва з виконанням робіт у спеціалізованому потоці послідовно з неперервним освоєнням (варіант 3 – тривалість 46 днів). Даний метод може застосовуватися для збалансування потоків за тривалістю для другого виду розбалансованості. Для порівняння ефективності способів збалансування потоків в таблиці 4 наведений варіант 4 для розрахунку потоків з зменшенням інтенсивності роботи Б в два рази (тривалість виконання робіт по варіанту 4 – 50; по варіанту 3 – 46).

Графіки виконання робіт наведені для варіанту 1 (тонкі лінії) та найбільш ефективного варіанту 3 (товсті лінії). Терміни виконання часткових потоків по фронтах не виконувалися, оскільки вони не впливають на прийняття ефективного ОТР.

Висновки.

1. Розроблена форма моделі для розрахунку потоків та візуалізації графіка виконання робіт адаптована для варіантного проектування ОТР.

2. Встановлено доцільність застосування УМ у спеціалізованих потоках з виконанням робіт послідовним методом з неперервним освоєнням фронтів на роботах з відносно малими термінами часткових потоків (другий вид розбалансованості потоків).

3. Надані залежності для розрахунку параметрів потоку при потоково-послідовному методі організації робіт – наявності спеціалізованих потоків з послідовним виконанням робіт.

4. Необхідні подальші дослідження:

- ефективності потоково-послідовного методу з виконанням робіт з пріоритетними (ранговими) та спеціальними зв'язками;

- дослідження ефективних ОТР для першого виду розбалансованості потоків.

Список літератури:

1. Штоль Т.М. и др. Технология возведения подземной части зданий и сооружений: Учебн. пособие для вузов: Спец. : «Пром. и гражд. стр-во/ Т.М.Штоль, В.И.Теличенко, В.И.Феклин. –М.:Стройиздат, 1990. -288 с.

2. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. Л.: Стройиздат Ленингр. отд-ние, 1990. - 303 с.

3. Іванейко І.Д., Мудрий І.Б. Загальні принципи варіантного проектування технології зведення підземної частини будівель // Галузеве машинобудування, будівництво: Зб. наук. пр. –Полтава: ПНТУ ім. Ю.Кондратюка, 2015.- вип. 2(44).-С. 105-111.

4. Іванейко І.Д., Пелешко І.Д., Осіпов О.Ф. Способи механізації малооб'ємних земляних робіт // Резерви прогресу в архітектурі і будівництві.- Львів: ДУ «ЛП», 1995.-№287.-С.41-43.

5. 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.

6. Іванейко І.Д. До питання ресурсозбереження при зведенні підземної частини будівлі // Шляхи підвищення ефективності в умовах формування ринкових відносин: Зб. наук. пр. –К.: КДТУБА, 1998.- вип. 3.-С. 136-137.

7. Іванейко І.Д., Мудрий І.Б. До питання ефективності зведення підземної частини будівлі з застосуванням фундаментів на природній основі // Теорія і практика будівництва.-Львів: НУ «ЛП», 2002.-№441.-С.74-79

8. Іванейко І.Д., Мудрий І.Б. Підвищення ефективності зведення стрічкових фундаментів на природній основі // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій: Зб. наук. пр.-Львів: ФМІ ім.Г.В. Карпенка, 2002.-вип. 4.-С. 62-72.

9. Беляков Ю.І., Іванейко І.Д. Визначення вертикальних укосів виїмок у м'яких та щільних ґрунтах // Теорія і практика будівництва.-Львів: ДУ «ЛП», 1996.-№300.-С.3-5.

И.Д. Иванейко, Ю.М. Олексив

Сбалансирование сроков производства строительных процессов для поточной организации работ с использованием универсальных машин.

В статье предложены для использования универсальных машин метод производства работ-последовательно-поточный. Установлены зависимости для определения расчетных параметров – период развертывания потока и сроков строительства. Выполнено сравнение эффективности сбалансирования сроков производства работ предложенным методом с способом за счет изменения интенсивности выполнения работ по строкам строительства.

Ключевые слова: *поточное строительство, универсальные машины, матричный способ расчета потоков, оптимизация потоков.*

I.D. Ivanejko, Y.M. Oleksiv

Balancing the terms of the construction processes execution for the organization of the flow-line conveyer works that involve the usage of universal machines

The article suggests the implementation of the sequenced flow-line conveyer method of carrying out the works that involve universal machines. The constraints for determining the calculated parameters, such as the period of flow-line conveyer deployment and the terms of construction works, have been established. The comparison of efficiency of balancing the execution terms by means of the suggested method and by the alteration of the execution intensity within the construction deadline has been conducted.

Key words: *flow-line conveyer method of construction, universal machines, matrix method of flow-line conveyer computations, optimization of flow-line conveyer.*

УДК 69.003:658.015

Ю.О. Юрченко

канд. економ. наук

КЛАСИФІКАЦІЙНІ АСПЕКТИ СТРАТЕГІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

У статті узагальнені теоретико-методологічні положення та аспекти класифікації стратегії будівельних підприємств, включаючи її сутнісну характеристику та функціональне призначення.

Ключові слова: *місія, стратегія, класифікація стратегій, корпоративна стратегія, функціональна стратегія, операційна стратегія.*