

**О.А. Тугай<sup>1</sup>**,

докт. техн. наук, професор

ORCID: 0000-0001-6255-3119

**І.Д. Іванейко<sup>2</sup>**,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0002-8873-6930

**О.В. Дубинка<sup>1</sup>**,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0002-1616-3280

**М.О. Шебек<sup>1</sup>**,

канд. техн. наук, професор

ORCID 0000-0002-1929-0234,

**М.М. Іванейко<sup>2</sup>**,

аспірант

ORCID: 0000-0002-5390-0446

**В.М. Олійник<sup>1</sup>**,

аспірант

ORCID: 0009-0005-1985-1125

<sup>1</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

## **ВПЛИВ ПЕРІОДУ ЗГОРТАННЯ ПОТОКІВ У ПРОМИСЛОВОМУ БУДІВНИЦТВІ БЕЗ ЗАСТОСУВАННЯ ДОДАТКОВОГО ТРУДОВОГО РЕСУРСУ**

*При неритмічному потоковому будівництві промислових об'єктів існують процеси із запасом невикористаного трудового ресурсу на роботах і захватках, які впливають на термін виконання робіт (період розгортання потоків). Аналіз неритмічних робіт показав, що в них є роботи з періодом згортання потоків більшим найменшого значення і вони мають запас невикористаного трудового ресурсу, але не впливають на терміни виконання робіт.*

*Запропоновано зменшити тривалість виконання неритмічних поточкових робіт на технологічно однотипних процесах шляхом використання невикористаного трудового ресурсу на роботах з збільшенням періодом згортання потоку на взаємозалежних захватках.*

*Виконані попередні дослідження показали, що взаємозалежні захватки для паралельних робіт визначаються по ранговій матриці з пріоритетом по фронту ОВРР. Ці роботи зі збільшенням періодом розгортання потоків показали, що перерозподіл обсягів робіт між двома роботами скорочує термін виконання робіт. У попередніх дослідженнях перерозподіл обсягу на ці дві роботи мають абстрактний характер без визначення технологічної однотипності двох робіт. Перерозподіл обсягів неритмічних робіт викується в ній на технологічно однотипні захватки. Для процесів зі збільшенням періодом згортання потоків пропонується збалансувати дві роботи паралельним методом виконання робіт на технологічно однотипних роботах без застосування додаткового трудового ресурсу.*

*Оптимізація скорочення терміну будівництва передбачає використання паралельних методів на двох технологічно однотипних роботах зі збільшеним періодом згортання потоку. У прикладі наведені приклади збалансування двох робіт шляхом використання спеціальних і універсальних (екскаватор) машин з фаховими спеціалістами або комплексними бригадами. Для виконаної оптимізації визначено техніко-економічні показники.*

**Ключові слова:** *енергоощадні технології зведення будівель, ресурсозберігаючі технології, збалансовані системи періодів розгортання і згортання потоків, оптимізація потоків, послідовно-паралельний метод, варіантне проектування, технологічно однотипні роботи, рангова матриця з пріоритетом по фронту робіт.*

**Постановка проблеми.** Варіантне проектування з організації робіт дозволяє більш раціонально використати трудові ресурси шляхом перерозподілу тривалості виконання робіт на об'єкті та зменшити тривалість спорудження. Для енергоощадних технологій зведення будівлі слід запроваджувати гармонійно збалансовані системи шляхом прийняття раціональних конструктивних, організаційних і технологічних рішень (КОТР) на основі варіантного проектування, яке дозволяє запровадити ресурсозберігаючі технологічно конструктивні рішення на спорудження будівлі [2, 6, 10, 14].

Для потокових методів виконання неритмічних робіт запроваджено інтенсивний перерозподіл ресурсу на суміжних однотипних роботах шляхом паралельного залучення невикористаного трудового ресурсу на суміжному процесі зі зменшеним періодом розгортання потоку без залучення додаткового ресурсу [15].

При неритмічних роботах у будівництві є роботи із збільшеним періодом згортання потоку [1], які не впливають на термін виконання робіт, але мають невикористаний трудовий ресурс, дослідження якого на терміни виконання робіт не виконувались. Для вирішення проблеми інтенсивного скорочення терміну будівництва, слід провести дане дослідження для отримання ресурсозберігаючої технології спорудження будівлі з ефективними конструктивними, організаційними і технологічними рішеннями.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Скорочення терміну будівництва досягається за ДСТУ Б А.3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва об'єкта» [4]. Серед методів запропонованих у нормативному документі для потоків слід виділити способи скорочення тривалості робіт кількісно і якісно. Для робіт як не відповідають термінам виконання робіт слід зменшити термін будівництва.

У будівництві виконується конструктивні рішення елементів і будівлі, технології спорудження і організаційні рішення. Для вибраних рішень, які відповідають термінам будівництва виконується автоматизоване проектування, наприклад, у системі 4D BIM і визначається порядок виконання робіт. Для дотримання терміну будівництва однією з систем проводиться моніторинг виконання робіт з урахуванням випадкових випадків [13].

До екстенсивних методів відносяться введення додаткового ресурсу для:

- збільшення кількості бригад і машин паралельним методом ;
- збільшення кількості змін на об'єкті;
- збільшення кількості захваток на об'єкті [5];

- зменшення виконання робіт на критичних роботах при сітковому плануванні [11, 18].

З теорії відомо, що уведення додаткового ресурсу є доцільне лише на критичних роботах, визначених у методі Critical Path Method. У неритмічних потоках таке уведення ресурсу на критичні роботи потребує наявності її наявності і, як правило, вони мають короткочасність перебування на об'єкті. Дану задачу можливо вирішити для сукупності будівель з ув'язкою всіх робіт у просторі і часі, наявності фінансування при виконанні робіт та відсутності дестабілізуючих чинників. Частково дану проблему вирішують моніторингові програми за виконанням робіт [19], які є доступні для великих компаній і потребують досліджень ефективності їхнього впровадження для малих фірм. Скорочення терміну будівництва із залученням додаткового ресурсу (машин) може бути доцільним економічно при залучення на один процес різнотипних машин [6, 12]. Досвід виконання робіт у Китаї показав, що насичення фронту робіт додатковим ресурсом при виконанні більшої частини робіт на заводі та збільшення кількості захваток вирішує проблему скорочення терміну будівництва при мобілізації людей і спеціалістів [5].

До інтенсивних методів скорочення терміну будівництва належать:

- запровадження збірного і збірно-монолітного великорозмірного будівництва [2, 14];
- збільшення типорозмірів машин з одночасним підвищенням продуктивності праці [9].

До інтенсивних способів відносяться розрахункові методи, які дозволяють шляхом зміни порядку виконання робіт зменшити термін будівництва без залучення додаткового ресурсу, наприклад, вирішення задачі методом гілок і меж, задача комівояжера [3]. Скорочення терміну будівництва досягається при вирішенні оптимальної задачі для ресурсів і фронтів робіт, яка частково вирішена С.М. Джонсоном [16, 17].

Виконане дослідження у Національному університеті «Львівська політехніка» сумісно з Київським національним університетом будівництва і архітектури показало, що при потокових проектуванні та сітковому плануванні є багато чинників, які дають нерівномірне відхилення трудомісткості і термінів виконання робіт на захватках. Однією з проблем у неритмічних роботах є збільшений період розгортання потоку, на роботі, яка має запас трудового ресурсу і збільшує термін будівництва.

Додатковий аналіз показав, що при спорудженні будівлі є роботи зі збільшеним періодом згортання потоків, які мають запас невикористаного трудового ресурсу, але не впливають на терміни будівництва і для яких не виконане дослідження. При технологічній однотипності робіт вдалося паралельним методом використати запас трудового ресурсу шляхом перерозподілу обсягу на двох роботах. Даний метод скорочує терміни виконання потокового проектування і зменшує терміни **Critical Path Method** (сіткового планування).

**Мета досліджень.** Теоретичні розробки і удосконалення поточного неритмічного будівництва для технологічно однакових процесів шляхом перерозподілу запасу термінів виконання робіт зі збільшеним періодом згортання процесів на суміжних роботах паралельним методом.

**Основний матеріал і результати.** При поточній організації робіт застосовуються послідовно-паралельні методи для збалансування тривалості двох

процесів зі збільшеним періодом згортання процесів з метою отримання скорочення терміну будівництва. Дане збалансування має інтенсивний характер і розповсюджується на два процеси. Збільшений період згортання потоків не збільшує загального терміну виконання робіт.

Для скорочення терміну будівництва на двох процесах зі збільшеним періодом згортання потоків, вони повинні бути технологічно однаковими для використання спеціалізованих або універсальних або технологічно транспортних машин з можливістю використання одного трудового ресурсу у зв'язку з їхньою подібністю робіт, або застосуванням комплексних бригад.

Для виконання робіт роботи можуть розміщуватись в одному просторі (два процеси на одній захватці) або в різний час (два процеси з виконанням робіт по змінах).

Найменший період згортання потоку визначається першим значенням виконання робіт на захватці і рівний останній роботі при розрахунку. Якщо період згортання потоку на роботі є більшим мінімального значення то наступна робота має запас трудового ресурсу до неї, і визначається рівнянням:

$$T_j^{3z} > t_{jm} \quad (1)$$

де  $T_j^{3z}$  - період розгортання j-го потоку (роботи);  $t_{jm}$  - тривалість виконання j-го потоку на m-му фронті.

Період згортання кожної потокової роботи розраховується за формулою:

$$T_j^{3z} = \max\left(\sum_{i=m}^k t_{j,i} - \sum_{i=m}^{k+1} t_{(j-1)i}\right) \quad m \geq k \geq 1 \quad (2)$$

де  $t_{ji}$  та  $t_{(j-1)i}$  - тривалість виконання j-го (j-1) потоку на i-му фронті;  $1, 2, \dots, j, \dots, k, \dots, n$  - часткові потоки;  $1, 2, \dots, i, \dots, m$  - часткові фронти робіт.

Для робіт визначаються технологічно однотипні роботи, які можливо об'єднати.

Для можливості реалізації послідовно-паралельного методу при потоковій організації робіт на двох взаємозалежних захватках (розміщених на одному ранзі у матриці ОБРР) вони повинні бути технічно-технологічно сумісними за характеристиками і для них визначається середнє значення на захватці.

$$\tau_{jgcep}^* = \sum_{j=x}^{x+1} t_{jg}^* / 2 \quad (3)$$

$$\tau_{jgcep}^* \approx \tau_{jg}^* = \tau_{ji} \quad (4)$$

$$i = g - j + 1 \quad (5)$$

де  $\tau_{jgcep}^*$  - середнє значення на взаємозалежних захватках (дві роботи) на ранзі g;  $t_{jg}^*$  - прийнята тривалість виконання j-ої роботи на g-ому ранзі у матриці ОБРР;  $\tau_{ji}$  - прийнята тривалість j-ої роботи на i-ій захватці;  $1, \dots, g, \dots, p$  - часткові ранги робіт;  $x$  і  $x+1$  - номери технологічно однотипних робіт.

Основною метою розподілу тривалості робіт (у цілих числах) за середніми величинами є досягнення загальної різниці між всіма залежними захватками у межах:

$$0 \geq \Delta T_j^m = \sum_{i=2}^k \tau_{(j-1),i} - \sum_{i=1}^{k-1} \tau_{ji} \geq -1 \quad 1 \leq k \leq m \quad (6)$$

де  $\Delta T_j^m$  – різниця тривалості між залежними захватками, які показують на скільки невикористані резерви часу у роботі. У будівництві заведено будівництво по змінах, тому при непарній кількості робіт різниці рівна -1, а непарній -0, для використання запасу трудового ресурсу на 100%.

**Результати і обговорення.** Для порівняння термінів виконання робіт взято матричну модель [8] (табл. 1). У таблиці розраховуємо терміни виконання виду робіт, періоди згортання потоків за формулою (2).

Таблиця 1

**Вихідні дані для розрахунку неритмічних потоків**

Захватки	Технологічні процеси та тривалості роботи					
	Земляні роботи	Монтаж фундаментів	Монтаж каркасу та стін	Влаштування покрівлі	Монтаж технологічного обладнання	Опоряджувальні роботи
	А	Б	В	Г	Е	Д
I	1	10	12	5	10	12
II	3	6	10	6	20	8
III	4	5	6	4	8	18
IV	3	3	8	3	11	9
V	1	2	14	2	17	7
VI	2	4	7	8	12	4
VII	3	1	9	7	16	5
сума	17	31	66	35	94	63
T <sup>32</sup>	15	45	7	54	5	

До робіт з підвищеним періодом згортання потоків у табл. 2 вказані технологічно однотипні процеси та способи виконання робіт машинами та бригадами.

Таблиця 2

**Періоди згортання потоків та технологічна однотипність робіт**

Послідовність робіт	Тривалості		Розбалансовані (+)	Машини, бригади*
	$t_{jm}$	$T_j^{32}$		
А-Б	1	15	+	УМ, СМ, Кб
Б-В	9	45	+	СМ, Фб
В-Г	7	7	-	-
Г-Е	16	54	+	СМ, Фб
Е-Д	5	5	-	-

\*Машини – УМ – універсальна ; СМ – спеціальна; бригади – Кб – комплексна; Фб – фахова.

Процесів з підвищеним періодом згортання потоків у даній структурі є технологічно однотипними роботами. Для технологічної однотипності земляних робіт і монтажу збірних стрічкових фундаментів призначені екскаватори з подовженою стрілою [7], що дозволяє виконання двох робіт на одній захватці при дотримання техніки безпеки .

Розрахунок термінів виконання робіт при потоково паралельному способі виконується у матриці ОВРР за формулою (3) (табл. 3).

Таблиця 3

**Розподіл терміну виконання робіт у матриці з пріоритетом по виду робіт (матриця ОВРР)**

ОВРР			Ранги та тривалість виконання робіт											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	p=12
Види робіт	А	1	1	3	4	3	1	2	3	0	0	0	0	0
	Б	2	0	10	6	5	3	2	4	1	0	0	0	0
	В	3	0	0	12	10	6	8	14	7	9	0	0	0
	Г	4	0	0	0	5	6	4	3	2	8	7	0	0
	Е	5	0	0	0	0	10	20	8	11	17	12	16	0
	Д	n=6	0	0	0	0	0	12	8	18	9	7	4	5

Для зменшення періоду згортання потоків паралельним методом виконується перерозподіл запасу трудового ресурсу між двома роботами за варіантами:

1. Виконання потоково паралельним методом робіт Б+В і Г+Е.
2. Виконання потоково паралельним методом робіт А+Б і Г+Е.

Виконання робіт А+Б передбачає паралельне виконання робіт в просторі і у різні зміни, а робіт Б+В і Г+Е – у різні зміни. Перерозподіл запасу трудового ресурсу паралельним методом для технологічно однотипних роботах виконано у табл. 4.

**Висновки.**

1. Проведене дослідження показали доцільність скорочення терміну виконання робіт інтенсивним методом для технологічно однотипних робіт з підвищеним періодом розгортання і згортання потоків. У даному випадку нові терміни виконання робіт становить 130 днів [8], 103 дні (варіант 2) та 111 днів (варіант 3).

2. Слід зауважити необхідність проведення дослідження для скорочення термінів виконання робіт для декількох процесів та дослідити впровадження даного методу для застосування різнотипних машин в тому числі для технологічно транспортних машин.

3. Оптимізацію спорудження промислової будівлі встановити завдяки взаємозв'язку запропонованих методів з розрахунком Critical Path Method.

Таблиця 4

**Перерозподіл трудового ресурсу у роботах з підвищеним періодом згорання потоків**

ОВР		Варіанти	Фронти і тривалості робіт							Варіант 1				Варіант 2			Варіант 3		
										Вихідні дані				Б+В і Г+Е			А+Б і Г+Е		
			I	II	III	IV	V	VI	VII I	$T_j^p$	$T_j^{zg}$	$T_{чп1}$	$\frac{T_1^p}{T_1^z}$	$T_6^p$	$T_{чп2}$	$\frac{T_2^p}{T_2^z}$	$T_1^p$	$T_{чп31}$	$\frac{T_3^p}{T_3^z}$
A	1	1	3	4	3	1	2	3	0	15	17	$\frac{0}{17}$	0	17	$\frac{0}{17}$			$\frac{0}{24}$	
	2	1	3	4	3	1	2	3											
	3*	1	6	5	4	2	2	4							$\frac{0}{24}$				
B	1	10	6	5	3	2	4	1	1	45	31	$\frac{1}{32}$						$\frac{1}{25}$	
	2*	$\frac{10}{7}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{1}{1}$					1	49	$\frac{1}{50}$		24		
	3*														$\frac{1}{24}$				
	1	12	10	6	8	14	7	9	10	7	66								
	2*	$\frac{9}{12}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{9}{14}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{9}{9}$				$\frac{11}{77}$	10	48	$\frac{11}{59}$		66	$\frac{8}{74}$	
	3														$\frac{7}{59}$				
	1	5	6	4	3	2	8	7	38	64	35								
	2**	$\frac{5}{5}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{4}{12}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{8}{12}$	$\frac{7}{10}$				$\frac{49}{84}$	12	59	$\frac{23}{82}$		59	$\frac{28}{87}$	
	3**														$\frac{20}{82}$				
	1	10	20	8	11	17	12	16	5	5	94								
	2**	$\frac{8}{8}$	$\frac{12}{8}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{13}{13}$	$\frac{9}{9}$	$\frac{16}{16}$				$\frac{54}{148}$	5	70	$\frac{28}{98}$		70	$\frac{33}{103}$	
	3**														$\frac{5}{98}$				
D	1	12	8	18	9	7	4	5	36		63	$\frac{90}{153}$	12	63	$\frac{40}{103}$	12	63	$\frac{45}{108}$	
									90				40			45			

\*і \*\* - технологічно об'єднані роботи по варіантах.

**Список літератури:**

1. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. Л.: Стройиздат Ленингр. отд-ние, 1990. 303 с.
2. Григоровський П.Є., Броневицький А.П., Мурасова О.В., Григоровський А.П. Аналіз світового досвіду та сучасних технічних рішень будівництва швидкоспоруджуваних житлових будинків. *Нові технології в будівництві*. 2022. № 41. С. 10-20. URL: [http://www.ntinbuilding.ndibv.org.ua/archive/2022/41\\_2022/2.pdf](http://www.ntinbuilding.ndibv.org.ua/archive/2022/41_2022/2.pdf)
3. Гуляницький Л.Ф., Мулеса О.Ю. Прикладні методи комбінаторної оптимізації: навч. посіб. К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2016. 33 с. URL: [https://sau.nmu.org.ua/ua/osvita/metod/magistr/MDO\\_pidruchnyk.pdf](https://sau.nmu.org.ua/ua/osvita/metod/magistr/MDO_pidruchnyk.pdf)

4. Визначення тривалості будівництва об'єктів. ДСТУ Б.А.3.1 -22:2013. К.: Мінрегіон України, 2014. 43 с.(Державний стандарт України). URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_a\\_3\\_1\\_22/5-1-0-1109](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_a_3_1_22/5-1-0-1109).
5. В Ухані завершили будівництво лікарні для пацієнтів з коронавірусом. 2020. URL: [https://lb.ua/world/2020/02/02/448778\\_uhani\\_zavershili\\_stroitelstvo.html](https://lb.ua/world/2020/02/02/448778_uhani_zavershili_stroitelstvo.html)
6. 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*. 2015. Вип. 3. С. 79-92.
7. Іванейко І.Д., Іванейко М.М., Вишневецький Р.М.. Спорудження збірних фундаментів у складних котлованах. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2017. Вип. 8. С. 53-61.
8. Іванейко І.Д., Олексів Ю.М. Збалансування неритмічних потоків комплексно-механізованими бригадами. *Містобудування та територіальне планування*. 2016. Вип. 62. С. 222-227.
9. Мудрий І.І. Порядок та реалізація принципів формування ефективного комплексу стрілових кранів. *Управління розвитком складних систем*. 2017. № 30. С. 156 – 162. URL: <http://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-30/23.pdf>
10. Мудрий І.Б. Технології спорудження фундаментів з урахуванням функціонального простору стрілових кранів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08. К.: КНУБА, 2011. 20 с.
11. Організація будівництва: підручник / С.А.Ушацький, Ю.П.Шейко, Г.М. Тригер та ін.: За редакцією С.А. Ушацького. К.: Кондор, 2007. 521 с.
12. Шумаков І.В. Теоретико-методологічні принципи формування організаційно-технологічних рішень зведення підземної частини цивільних будівель: автореф. дис. д – ра техн. наук. Харків: ХНУБА, 2015. 35 с. URL: [http://aleph.lsl.lviv.ua:8991/F/?func=direct&doc\\_number=000499960&local\\_...](http://aleph.lsl.lviv.ua:8991/F/?func=direct&doc_number=000499960&local_...)
13. Шумаков И.В., Микаутадзе Р.И., Ляхов И.И. Оптимизационные тенденции в прогнозировании продолжительности строительства. *Научный вестник будівництва*. 2018. Т.91. №1. С. 115-121.
14. Hicks S.J., Lawson R.M., Rackham J.W., Fordham P. Comparative Structure Cost of Modern Commercial Buildings (Sec.Ed.). The Steel Construction Institute, 2004. URL: [https://www.steelconstruction.info/images/d/df/SCI\\_P137.pdf](https://www.steelconstruction.info/images/d/df/SCI_P137.pdf)
15. Ivaneiko I., Oleksiv Yu. Optimization of deployment periods of non-rhythmic flow-lines by complex mechanized machines. *Theory and Building Practice*. 2022. Vol. 4, № 2, 75-82. <https://doi.org/10.23939/jtbp2022.02.075>
16. Pan J.C., Chen J., Chao C. Minimizing tardiness in a two-machine flow-shop. *Computers & Operations Research*. 2002. № 29. Pp. 869–875.
17. Schaller J. Note on minimizing total tardiness in a two-machine flowshop. *Computers & Operations Research*. 2005. № 32(12). Pp. 3273–3281.
18. Maj Tadeusz. Organizacja budowy. WSIP, 2010. 220 p.
19. Using modern methods of construction to build homes more quickly and efficiently: Report by National Audit Office, 2005. 29 p. URL: <https://www.nao.org.uk/wp-content/uploads/2005/11/mmc.pdf>

#### **References:**

1. Afanasiev, V.A. (1990). Flow-line organization of construction. Leningrad URL: [http://aleph.lsl.lviv.ua:8991/F/?func=direct&doc\\_number=000275862&local\\_base=LSL01](http://aleph.lsl.lviv.ua:8991/F/?func=direct&doc_number=000275862&local_base=LSL01) [in Russian].



2. Hrihorovskiy, P.Ye., Bronevitskiy, A.P., Murasova, O.V., Hrigorovskiy, A.P. (2022). Analysis of world experience and modern technical solutions for the construction of rapidly constructed residence buildings. *New Technologies in Construction*, № 41. P. 10-20. URL: [http://www.ntinbuilding.ndibv.org.ua/archive/2022/41\\_2022/2.pdf](http://www.ntinbuilding.ndibv.org.ua/archive/2022/41_2022/2.pdf)
3. Gulyanytskyi, L.F., Mulesa, O.Yu. (2016). Applied methods of combinatorial optimization. K.: Kyiv University Publishing and Printing Center. 133 p. URL: [https://sau.nmu.org.ua/ua/osvita/metod/magistr/MDO\\_pidruchnyk.pdf](https://sau.nmu.org.ua/ua/osvita/metod/magistr/MDO_pidruchnyk.pdf)
4. Determination of the duration of construction. DSTU B A.3.1-22:2013. National Standard of Ukraine. (2014). Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine. URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_a\\_3\\_1\\_22/5-1-0-1109](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_a_3_1_22/5-1-0-1109). [in Ukrainian].
5. The construction of a hospital for patients with coronavirus was completed in Wuhan. URL: [https://lb.ua/world/2020/02/02/448778\\_uhani\\_zavershili\\_stroitelstvo.html](https://lb.ua/world/2020/02/02/448778_uhani_zavershili_stroitelstvo.html)
6. Ivaneiko, I.D., Mudryi, I.B., Oleksiv, Y.M. (2015). Forming and efficiency of technological design solutions of strip foundations erected from outside the pit. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 3, 79-92. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/stmrb\\_2015\\_3\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/stmrb_2015_3_14) [in Ukrainian].
7. Ivaneiko, I.D., Ivaneiko, M.M., Vyshnevetsky, R.M. (2021). Construction of prefabricated foundations in complex excavation sites. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 16, 53–61. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6\(16\)-07](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6(16)-07). [in Ukrainian].
8. Ivaneiko, I.D., Oleksiv, Y.M. (2016). Balancing non-rhythmic flow-lines by complex mechanized brigades. *Urban development and spatial planning*, 62, 222-227. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP\\_2017\\_62%281%29\\_34](http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2017_62%281%29_34) [in Ukrainian].
9. Mudryi, I. (2017). Procedure and principles realization of jib crane effective set formation. *Management of Development of Complex Systems*, 30, 156–162. URL: <http://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-30/23.pdf>. [in Ukrainian].
10. Mudryi, I. (2011). Technology of the foundation with regard to functional space. (Ph. D. dissertation abstract) URL: [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?Z21ID=&I21DBN](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN) [in Ukrainian].
11. Ushatsky, S.A., Sheiko, Y.P., Triger, G.M., et al (2007). Organization of construction. [in Ukrainian].
12. Shumakov, I.V. (2015). Theoretical and methodological principles of the formation of organizational and technological solutions for the construction of the underground part of civil buildings (Doctoral dissertation abstract) [in Ukrainian].
13. Shumakov, I.V., Mikautadze, R.I., & Lyakhov, I.I. (2018). Optimization Trends in Forecasting the Duration of Construction. *Scientific Bulletin of Civil Engineering*, 91(1), 115-121. DOI: 10.29295/2311-7257-2018-91-1-115-121 [in Russian].
14. Hicks, S.J., Lawson, R.M., Rackham, J.W., Fordham, P. (2004) Comparative Structure Cost of Modern Commercial Buildings. (Sec.Ed.). The Steel Construction Institute, 2004. URL: [https://www.steelconstruction.info/images/d/df/SCI\\_P137.pdf](https://www.steelconstruction.info/images/d/df/SCI_P137.pdf)
15. Ivaneiko, I., Oleksiv, Yu. (2022). Optimization of deployment periods of non-rhythmic flow-lines by complex mechanized machines. *Theory and Building Practice*. Vol. 4, № 2, 75-82. <https://doi.org/10.23939/jtbp2022.02.075>
16. Chao-Hsien, Pan J., Chen, J.-Sh., Chao, Ch.-M. (2002). Minimizing tardiness in a two-machine flow-shop. *Computers & Operations Research*, 29, 869–875. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(00\)00090-3](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(00)00090-3).
17. Schaller, J. (2005). Note on minimizing total tardiness in a two-machine flowshop. *Computers & Operations Research*. 32(12), 3273-3281. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2004.05.012>.

18. Maj, T. (2010). Organszacja budowy. URL: <https://books.google.pl/books?id=jOGGbZsFEsC&printsec=copyright&hl=pl#v=onepage&q&f=false>.

19. Using modern methods of construction to build homes more quickly and efficiently: Report by National Audit Office, 2005. 29 p. URL: <https://www.nao.org.uk/wp-content/uploads/2005/11/mmc.pdf>

***O.A. Tugai, I.D. Ivaneiko, O.V. Dubynka, M.O. Shebek, M.M. Ivaneiko, V.M. Oilynyk***

***The influence of the period of collection of flows in industrial construction without using additional labor resources***

*In the non-rhythmic flow construction of industrial facilities, there are processes with a reserve of unused labor resources on works and grabs, which affect the term of work (the period of deployment of flows). The analysis of non-rhythmic works showed that they have works with a period of curtailment of flows of greater than the smallest value and they have a reserve of unused labor resources, but do not affect the terms of execution of works.*

*It is proposed to reduce the duration of non-rhythmic flow works on technologically identical processes by using unused labor resources on works with an increased flow curtailment period on interdependent grippers.*

*Performed preliminary studies showed that interdependent grabs for parallel work are determined by a rank matrix with priority on the OVRP front. These jobs with increased flow deployment period showed that redistributing work volumes between two jobs reduces the duration of jobs. In previous studies, the redistribution of the volume between these two works has an abstract nature without determining the technological homogeneity of the two works. The redistribution of non-rhythmic work volumes is forged in it into technologically identical types of occupations. For processes with an increased period of curtailment of flows, it is proposed to balance two jobs by a parallel method of performing work on technologically identical types of work without the use of additional labor resources.*

*Optimizing the reduction of the construction period involves the use of parallel methods on two technologically identical works with an increased flow curtailment period. The example shows examples of balancing two jobs by using special and universal (excavator) machines with specialized specialists or complex crews. Technical and economic indicators were determined for the performed optimization.*

***Key words: energy-saving technologies of building construction, resource-saving technologies, balanced systems of flow expansion and contraction periods, flow optimization, serial-parallel method, variant design, technologically similar works, rank matrix with priority on the work front.***

***Посилання на статтю:***

**АРА:** Tugai, O.A., Ivaneiko, I.D., Dubynka, O.V., Shebek, M.O., Ivaneiko, M.M., & Oilynyk, V.M. (2023). The influence of the period of collection of flows in industrial construction without using additional labor resources. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 52(1), 171-180.

**ДСТУ:** Тугай О.А., Іванейко І.Д., Дубинка О.В., Шебек М.О., Іванейко М.М., Олійник В.М. Вплив періоду згортання потоків у промисловому будівництві без застосування додаткового трудового ресурсу. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2023. № 52(1). С. 171-180.