

УДК 69:624.05

<sup>1</sup> **І.Д. Іванейко**, к.т.н., доцент кафедри будівельного виробництва, Orcid: 0000-0002-8873-6930;<sup>2</sup> **О.А. Тугай**, д.т.н., професор кафедри організації і управління будівництвом, Orcid: 0000-0001-6255-3119;<sup>3</sup> **О.В. Дубинка**, к.т.н., доцент кафедри організації і управління будівництвом, Orcid: 0000-0002-1616-3280;<sup>4</sup> **М.М. Іванейко**, аспірант кафедри будівельного виробництва, Orcid: 0000-0002-5390-0446;<sup>5</sup> **В.М. Олійник**, аспірант кафедри організації і управління будівництвом.<sup>1, 4</sup> Національний університет «Львівська політехніка», м.Львів<sup>2, 3 5</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури, м.Київ

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЕРІОДУ ЗГОРТАННЯ ПОТОКІВ НА ПЕРЕРЕЗПОДІЛ НЕВИКОРИСТАНОГО ТРУДОВОГО РЕСУРСУ У НЕРИТМІЧНИХ РОБОТАХ

**Анотація.** У статті запропоновано зменшити тривалість виконання неритмічних потокових робіт на технологічно однотипних процесах шляхом використання невикористаного трудового ресурсу на роботах з збільшеним періодом згортання потоку на взаємозалежних захватках.

При неритмічному потоковому будівництві 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.

Попередні роботи зі збільшеним 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. Виконані попередні дослідження показали, що взаємозалежні захватки для паралельних робіт визначаються по ранговій матриці з пріоритетом по фронту ОБРР. Перерозподіл обсягів неритмічних робіт виконується в ній на технологічно однотипні захватки. Для процесів зі збільшеним періодом згортання потоків пропонується збалансувати дві роботи паралельним методом виконання робіт на технологічно однотипних роботах без застосування додаткового трудового ресурсу.

Оптимізаційні методи скорочення терміну будівництва передбачають 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

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]. Варіантне проектування з організації робіт дозволяє більш раціонально використати трудові ресурси шляхом перерозподілу тривалості виконання робіт на об'єкті та зменшити тривалість спорудження.

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

При неритмічними роботами 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

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 [w16] і визначається порядок виконання робіт. Для дотримання терміну будівництва однією з систем проводиться моніторинг виконання робіт з урахуванням випадкових випадків [13].

Для робіт як не відповідають термінам виконання

робіт слід зменшити термін будівництва. 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.

До екстенсивних методів відносяться уведення 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 короточасність 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 дестабілюючих 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].

Виконаний дослідження у Національному університеті «Львівська політехніка» 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. 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).

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.

### Мета досліджень

Розробка теорії 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

Послідовно-паралельні методи при поточній організації робіт застосовуються 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,...,j,...,k,...,n - часткові потоки; 1,2,...,i,...,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 ОВРР) вони повинні бути технічно-технологічно сумісними за характеристиками і для них визначається середнє значення на захватці.

$$\tau_{гсеп}^* = \sum_{j-x}^{x-1} t_{jг}^* / 2 \quad 3$$

$$\tau_{jгсеп}^* \approx \tau_{jг}^* = \tau_{ji} \quad 4$$

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

де  $\tau_{jгсеп}^*$  - середнє значення на взаємозалежних захватках (дві роботи) на ранзі  $g$ ;  $t_{jг}^*$  - прийнята тривалість виконання  $j$ -ої роботи на  $g$ -ому ранзі у матриці ОВРР;  $\tau_{ji}^*$  - прийнята тривалість  $j$ -ої роботи на  $i$ -ій захватці;  $1... g ... p$  - 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:

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

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] (таблиця 1). У таблиці розраховуємо терміни виконання виду робіт, періоди згортання потоків за формулою (2).

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 дотриманні техніки безпеки.

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

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

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

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

**Таблиця 1**

Вихідні дані для розрахунку неритмічних потоків

Захватки	Технологічні процеси та тривалості роботи					
	Земляні роботи	Монтаж фундаментів	Монтаж каркасу	Влаштування покриттів	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
$T_{гг}$	15	45	7	54	5	

До робіт з підвищеним періодом згортання потоків у таблиці 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*
	$t_{jm}$	$T_j^{гг}$		
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.

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

Б+В і Г+Е – у різні зміни. Перерозподіл запасу трудового ресурсу паралельним методом для технологічно однотипних роботах виконано у таблиці 4.

**Висновки**

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 стано-

вляють 130 днів [8], 103 дні (варіант 2) та 111 днів (варіант 3) .

Необхідно провести дослідження для скорочення термінів виконання робіт для декількох процесів та дослідити впровадження даного методу для застосування різноманітних машин в тому числі для технологічно транспортних машин.

Для оптимального спорудження будівлі слід встановити взаємозв'язок запропонованих методів з розрахунком Critical Path Method.

Таблиця 4

Перерозподіл трудового ресурсу у роботах з підвищеним періодом згортання 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	VIII	$T_j^p$	$T_j^{zg}$	$T_{чп1}$	$\frac{T_1^p}{T_1^{zg}}$	$T_6^p$	$T_{чп2}$	$\frac{T_2^p}{T_2^{zg}}$	$T_1^p$	$T_{чп3}$	$\frac{T_3^p}{T_3^{zg}}$
А	1	1	3	4	3	1	2	3	0	15	17	$\frac{0}{17}$	0	17	$\frac{0}{17}$	0	24	$\frac{0}{24}$
	2	1	3	4	3	1	2	3										
	3*	1	6	5	4	2	2	4							0			
Б	1	10	6	5	3	2	4	1	1	45	31	$\frac{1}{32}$	1	49	$\frac{1}{50}$		24	$\frac{1}{25}$
	2*	10	6	5	3	2	4	1										
	3*	7	5	4	2	2	3	1							1			
В*	1	12	10	6	8	14	7	9	1	7	66	$\frac{11}{77}$	10	48	$\frac{11}{59}$		66	$\frac{8}{74}$
	2*	9	8	4	5	9	4	9	0									
	3	12	10	6	8	14	7	9							7			
Г*	1	5	6	4	3	2	8	7	3	64	35	$\frac{49}{84}$	12	59	$\frac{23}{82}$		59	$\frac{28}{87}$
	2**	5	8	12	5	7	12	10	8									
	3**	5	8	12	5	7	12	10							20			
Е*	1	10	20	8	11	17	12	16	5	5	94	$\frac{54}{148}$	5	70	$\frac{28}{98}$		70	$\frac{33}{103}$
	2**	8	12	6	6	13	9	16										
	3**	8	8	6	6	13	9	16							5			
Д	1	12	8	18	9	7	4	5	3		63	$\frac{90}{153}$	12	63	$\frac{40}{103}$	12	63	$\frac{45}{108}$
									9									
									0				40					

\*1 \*\* - технологічно об'єднані роботи по варіантах.

## Література

1. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. Л.: Стройиздат Ленингр. Отд-ние, 1990. – 303 с.
2. Григоровський П.Є., Броневицький А.П., Мурашова 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. [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. Прикладні методи комбінаторної оптимізації : навч. посіб. / Л. Ф. Гуляницький, О. Ю. Мулеса. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2016. – 33с. [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).
5. В Ухані завершили будівництво лікарні для пацієнтів з коронавірусом. 2020. [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. Зб. наук. пр. - Луцьк: ЛНТУ, 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. Зб. наук.пр. - Луцьк: ЛНТУ, 2017.- вип.8.-С. 53-61.
8. Іванейко І.Д., Олексів Ю.М. Збалансування неритмічних потоків комплексно-механізованими бригадами //Містобудування та територіальне планування. – К.: КДТУБА - 2016. – Випуск №62.- С. 222-227.
9. 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. <http://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-30/23.pdf>
10. Мудрий І. Б. Технології спорудження фундаментів з урахуванням функціонального простору стрілових кранів [Текст] : автореф. Дис. ... канд. Техн. Наук : 05.23.08 / Мудрий Ігор Богданович ; Київ. Нац. Ун-т буд-ва і архіт. – К., 2011. – 20 с. : рис.:
11. Організація будівництва/ С.А.Ушацький, Ю.П.Шейко, Г.М.Тригер та ін.: За редакцією С.А.Ушацького. Підручник. – К.: Кондор, 2007. – 521 с.
12. Шумаков І.В. Теоретико-методологічні принципи формування організаційно-технологічних рішень зведення підземної частини цивільних будівель. Автореферат дис. д – ра техн. наук./ І.В. Шумаков. – 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. Оптимизационные тенденции в прогнозировании продолжительности строительства./ И.В.Шумаков, Р.И. Микаутадзе, И.И.Ляхов, // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, 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.) SCI P137, 85 p.2004. [https://www.steelconstruction.info/images/d/df/SCI\\_P137.pdf](https://www.steelconstruction.info/images/d/df/SCI_P137.pdf)
15. Ihor Ivaneiko, Yurii Oleksiv (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. Pan J.C. Minimizing tardiness in a two-machine flow-shop / J.C. Pan, J. Chen, C. Chao // Computers & Operations Research. 2002. № 29. Pp. 869–875.
17. Schaller J. Note on minimizing total tardiness in a two-machine flowshop / J. Schaller // Computers & Operations Research. 2005. № 32(12). Pp. 3273–3281.
18. Tadeusz Maj/ Organszacja budowy Warszawa 2007. – 220 p.
19. Using modern methods of construction to build homes more quickly and efficiently: Report by National Audit Office, 2005. –29 p.

## References

1. Afanasiev V. A. (1990). Flow-line organization of construction. Leningrad [in Russian].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).
2. Hrihorovskiy P.Ye. , Bronevitskiy A.P., Murasova O.V., Hrihorovskiy 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. [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. Applied methods of combinatorial optimization: teaching. manual / L. F. Gulyanytskyi, O. Yu. Mulesa. – K.: Kyiv University Publishing and Printing Center, 2016.– 133 p.[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 [in Ukrainian]. 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. The construction of a hospital for patients with coronavirus was completed in Wuhan. 2020. [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 the pit. Modern technologies and methods of calculations in construction, 3, 79-92 [in Ukrainian]. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/stmrb\\_2015\\_3\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/stmrb_2015_3_14)
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 [in Ukrainian]. 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).

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 [in Ukrainian]. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP\\_2017\\_62%281%29\\_34](http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2017_62%281%29_34)
9. Mudryy 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>.
10. Mudryy I. (2011). *Technology of the foundation with regard to functional space. (Ph. D. dissertation abstract) [in Ukrainian]*. 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)
11. Ushatsky S. A., Sheiko Y. P., Triger G. M. (2007). *Organization of construction [in Ukrainian]*. URL: <https://www.yakaboo.ua/ua/organizacija-budivnictva.html>.
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 [in Russian]. DOI: 10.29295/2311-7257-2018-91-1-115-121
14. Hicks S.J., Lawson R.M., Rackham J.W., Fordham P. (Comparative Structure Cost of Modern Commercial Buildings (Sec.Ed.) SCI P137, 85 p.2004. [https://www.steelconstruction.info/images/d/df/SCI\\_P137.pdf](https://www.steelconstruction.info/images/d/df/SCI_P137.pdf)
15. Ihor Ivaneiko, Yuri Oleksiv (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. (2007). *Organizacja budowy. Warszawa*. URL: <https://books.google.pl/books?id=jO-GGbZsFEsC&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.*

<sup>1</sup> **I. D. Ivaneiko**, Ph.D., associate professor of the Department of Construction Production, Orcid: 0000-0002-8873-6930;

<sup>2</sup> **O.A. Tugai**, Ph.D., professor of the department of construction organization and management Orcid: 0000-0001-6255-3119;

<sup>3</sup> **O.V. Dubynka**, Ph.D., Associate Professor of the Department of Organization and Construction Management, Orcid: 0000-0002-1616-3280 ;

<sup>4</sup> **M. M. Ivaneiko**, graduate student of the Department of Construction Production, Orcid: 0000-0002-5390-0446;

<sup>5</sup> **V.M. Oilynyk**, graduate student of the Department of Organization and Construction Management.

<sup>1,4</sup> Lviv Polytechnic National University, Lviv

<sup>2,3,5</sup> Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv.

## STUDY OF THE FLOW COLLECTION PERIOD INFLUENCE ON THE REDISTRIBUTION OF UNUSED LABOR RESOURCES IN NON-RHYTHMIC WORKS.

**Abstract.** *The article proposes 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.*

*In non-rhythmic flow construction, there are processes with a reserve of unused labor resources on jobs and grabs, which affect the duration 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 greater than the smallest value and they have a reserve of unused labor resources, but do not affect the terms of execution of works. Previous work with an increased flow deployment period has shown that redistributing work volumes between two jobs shortens the duration of work. In previous studies, the redistribution of volume between these two works has an abstract nature without determining the technological homogeneity of the two works. Performed preliminary studies showed that interdependent grabs for parallel work are determined by a rank matrix with priority on the OVR front. The redistribution of non-rhythmic work volumes is forged in it into technologically identical types of work sections.*

*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 jobs without using additional labor resources.*

*Optimization methods for shortening the construction period involve the use of parallel methods on two technologically identical works with an increased period of curtailment of the flow. The example shows the balancing of two works 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 deployment periods and collapse of flows, optimization of flows, serial-parallel method, variant design, technologically similar works, rank matrix with priority on the work front.*