

**Г.М. Тонкачєв**

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри будівельних технологій,  
ORCID 0000-0002-6589-8822

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**В. Г. Тонкачєв**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих і дерев'яних конструкцій,  
ORCID 0000-0002-1010-8440

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

## ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ПРОЦЕСУ МОНТАЖУ ТА ДЕМОНТАЖУ ОПАЛУБКИ ЗА МЕТОДОМ ЦІЛОЧИСЛЕННОГО НОРМУВАННЯ

**Анотація.** Матеріал статті ґрунтується на теоретичному аналізі та досвіді нормування процесів зведення будівель і споруд. Особлива увага приділяється проблемі вибору конструкцій опалубних систем для оптимізації процесів влаштування монолітних конструкцій каркасних багатопверхових будівель. На відміну від існуючих методик, які не дають можливість порівняння опалубних систем, запропоновано тривалість монтажу та демонтажу опалубок визначати за методом цілочисленого нормування, який передбачає тривалість виконання дій по встановленню і закріпленню складових елементів опалубки встановлювати цілими числами в залежності від кількості переміщень елементів опалубки і ступеня відповідальності за точністю і надійністю з'єднань. Новий підхід до визначення тривалості цілочисленим методом вирішує проблему при виборі опалубних систем.

**Ключові слова:** процес; монтаж; демонтаж; опалубка; структура; норма часу.

### Постановка проблеми

Розвиток будівельної галузі йде у напрямку інформаційного моделювання (ВІМ), яке в будівництві базується на віртуальній тривимірній моделі, що володіє реальними фізичними властивостями, до яких додатково присднуються виміри часу і вартість [1]. Моделювати графіки виконання робіт без чіткої уяви структури будівельного процесу неможливо, що потребує приведення понять до єдиної системи.

Будівельний процес як система може бути представлений його структурою. Ієрархія структури визначає підпорядкованість елементів структури. Ієрархічна підпорядкованість будівельних процесів характеризується багаторівневою структурою.

Розглядаючи рівні структури будівельного процесу, найвищим рівнем кінцевого продукту перетворення вважається універсальна множина елементів (Y) у вигляді будівлі або споруди

Рівні структури у відповідності до структури будівлі визначаються складністю процесів. Складність процесу зумовлюється його змістом і кількістю складових структурних елементів. Кожний наступний за рівнем процес порівняно з попереднім є більш детальним і повним.

За основу взято принцип покрокового розгляду структур з дворівневою ієрархією. Відповідно до

структури будівлі перший рівень процесу слід розглядати так:

$$TP_b = \{TP_{g1}, TP_{g2}, \dots, TP_{gm}\}, \quad (1)$$

де  $TP_b$  – будівельний процес першого рівня – зведення будівлі;

$TP_{gk}$  – будівельні процеси другого рівня – улаштування відповідно елементів (конструкцій), з яких складається будівля.

Отже, на другому рівні процеси потрібно розглядати як процеси влаштування цих конструкцій і конструктивів.

$$TP_{g1} = \{TP_{p1}, TP_{p2}, \dots, TP_{pn}\}, \quad (2)$$

де  $TP_{pj}$  – будівельні процеси третього рівня – складові будівельного процесу другого рівня структури ( $TP_g$ ).

Процеси третього рівня структури будівельного процесу ( $TP_p$ ) поділяють на процеси четвертого рівня ( $TP_o$ ), які в будівництві називають «операціями». Процеси рівня операцій в системі будівельних технологій розглядають як найменші

структурні елементи загальної чотирирівневої ієрархії структури:

$$TP_{p1} = \{TP_{o1}, TP_{o2}, \dots, TP_{ox}\}, \quad (3)$$

де:  $TP_{oi}$  – процеси четвертого рівня структури будівельного процесу;  
 $x$  – кінцева кількість структурних складових.

У процесах третього рівня спостерігається досить постійна структура складових, яка містить

приблизно одні й ті самі операції, такі як захоплення, переміщення, встановлення, нанесення, закріплення та ін.

З обмеженої кількості операцій (у будівельних технологіях налічується близько 50 різних операцій) шляхом синтезу можна сформувати безліч процесів, тому за методологічну основу побудови методики нормування будівельних процесів узято принцип синтезу технологічних процесів (табл.1).

Таблиця 1

Класифікація механічних дій (операцій)

Механічні дії для збереження і перетворення		
Форми об'єкта	Структури об'єкта	Положення об'єкта
гнучка	розпушування	піднімання
вирівнювання (правка)	ущільнення	опускання
намотування	дроблення	повертання
розмотування	об'єднання	перекочування
різання	змішування	переставляння
склеювання	сепарування	пересування
стискання	просіювання	перекачування
розтягнення	розбирання	всмоктування
свердління (видовбування)	збирання	розбризування
заповнення	розчинення	загортання
...	...	...

Для того щоб реалізувати принцип синтезу процесів, йому повинен відповідати принцип синтезу норм часу.

Нині норми часу для процесів монтажу і демонтажу опалубки монолітних конструкцій виведені на третій або на другий рівень ієрархії структури будівельного процесу, а для синтезу потрібно – на четвертий.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Норми часу, які розміщали у збірниках норм [2, 3], стосуються тільки конкретних монтажно-демонтажних процесів і конкретних конструктивних рішень опалубних систем. Аналіз цих збірників показав, що вони не охоплюють всіх варіантів опалубних систем, які з рівнем сучасного розвитку науки і техніки випередили ті норми, що закладалися раніше. У нормах [3] навіть не поділений процес на монтаж та демонтаж опалубки, що ускладнює їх використання при проектуванні процесів та порівнянні різноманітних опалубних систем.

Норми часу у збірниках [2, 3] наведені на 1 м<sup>2</sup> поверхні опалубки, що контактує з бетоном. В якості факторів, що змінюють норму часу для вертикальних конструкцій стін прийнята площа

поверхні щитів з градацією – до 10 м<sup>2</sup> і до 20 м<sup>2</sup>. Окрім щитів до комплексу опалубки надходить дуже велика кількість елементів кріплення, риштування та інші, які здійснюють немалий вплив на операції переміщення та встановлення дрібниць і повинні бути враховані в нормах.

Статистичні методи містять бази даних у людино-годинах, розраховані за стандартним часом, яке неможливо редагувати відповідно до виникаючих умов конкретного проекту. Зазвичай, не вистачає інформації про умови для яких була виміряна база даних [4]. Якщо казати про тривалість монтажу та демонтажу опалубки, то ми не можемо корегувати норму часу за змінами конструктивних рішень опалубки.

В деяких регіонах світу, найчастіше компанії (будівельні фірми) управляють своїми власними базами даних, тому були розроблені більш точні методи нормування. Наприклад, метод регресійного аналізу для описування аналітичних залежностей [5]. Метод є проблематичним, тому що дуже складно визначати математичні залежності змінних параметрів.

У дослідженнях [5] норм часу запропоновано визначати на підставі використання теорії нейронних сіток з імітацією ймовірності коливань одного або декількох змінних параметрів. Для цього

вибудовується нейронна сітка подібна сітковим моделям будівельних процесів, у яких окремі параметри визначаються за допомогою генератора випадкових чисел.

### Постановка завдання

Аналіз дій при виконанні окремих операцій монтажно-демонтажного процесу показав, що витрати часу змінюються в основному від характеру і кількості рухів, а не від наведених у нормах факторів, тому для проведення дослідження тривалості монтажу та демонтажу опалубки було переглянуто підхід до нормування процесів для оцінки норм часу.

Для цього слід запропонувати нову методику нормування процесів побудованої на принципах синтезу процесів та норм часу.

### Виклад основного матеріалу дослідження

На відміну від існуючого підходу до нормування процесів в роботі [3] доведено доцільність цілочисленого нормування витрат часу при різних варіантах складу ланок, комплектів оснастки і конструктивних параметрів елементів будівель у тому числі і елементів опалубки.

У будівництві існують два методи визначення норм часу на виконання процесів: апалітично-розрахунковий, аналітично-дослідний.

Аналітично-розрахунковий метод – метод у якому закладено розрахунок норм часу на підставі існуючої нормативної бази [6]. Аналітично-дослідний метод ґрунтується на організації натурних досліджень процесу з використанням хронометражу, фотофіксації тощо. Іноді спільно користуються обома методами нормування. Але ж прив'язка до норм цих методів не вирішує проблему.

На відміну від існуючих пропонується вимірювати елементи процесу цілими числами. Якщо розкласти операції процесу монтажу або демонтажу елементів комплексу опалубки на дії монтажників і витрати часу, а дії вимірювати цілими числами в залежності від складності цих дій, то можна визначити сумарний час виконання операцій за формулою:

$$T_h = 0,01667 \cdot \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n r_j \cdot W_{ij}, \quad (4)$$

де  $T_h$  – тривалість монтажу, демонтажу опалубки в годинах;

$r_j$  – коефіцієнт складності дій у хвиликах;

$W_{ij}$  – кількість дій (елементів) відповідної складності, шт.

Рахування норм часу цілими числами спрощує процедуру обробки даних в електронному вигляді за правилами побудови та розрахунку сіткових моделей, що дає переваги цьому методу при використанні у BIM-технології.

Кількість дій визначається відповідно до кількості складальних елементів.

У результаті вивчення всіх операцій процесу з монтажу та демонтажу елементів опалубки запропоновано оцінювати складність і відповідальність дій по групах, де тривалість виконання монтажних операцій визначається як коефіцієнт складності дій ( $r_j$ ).

Перша група – група простих дій, характеризується малою кількістю переміщень елементів опалубки і низьким ступенем відповідальності за точністю і надійністю з'єднань. Такі дії оцінюють за  $r_j = 1$  хв.

Друга – група дій середньої складності, характеризується більшою за першу кількістю переміщень елементів опалубки і середнім ступенем відповідальності за точністю і надійністю з'єднань. Такі дії оцінюють за  $r_j = 2$ .

Третя – група складних дій, характеризується більшою за другу кількістю переміщень елементів опалубки і середнім ступенем відповідальності за точністю і надійністю з'єднань. Такі дії оцінюють за  $r_j = 3$ .

Четверта – група складних дій, характеризується середньою або більшою кількістю переміщень елементів опалубки і вищим ступенем відповідальності за точністю і надійністю з'єднань. Такі дії оцінюють за  $r_j = 4$ .

Кожний комплекс дії може бути розкладений на більш дрібні дії в залежності від кількості збірних елементів, які надходять до комплексу. Наприклад [8. 9], комплекс дій  $W_6$  (встановлення і закріплення стяжних болтів) розділяються на дію встановлення стяжного болта, встановлення та загвинчування гайок (рис. 1).

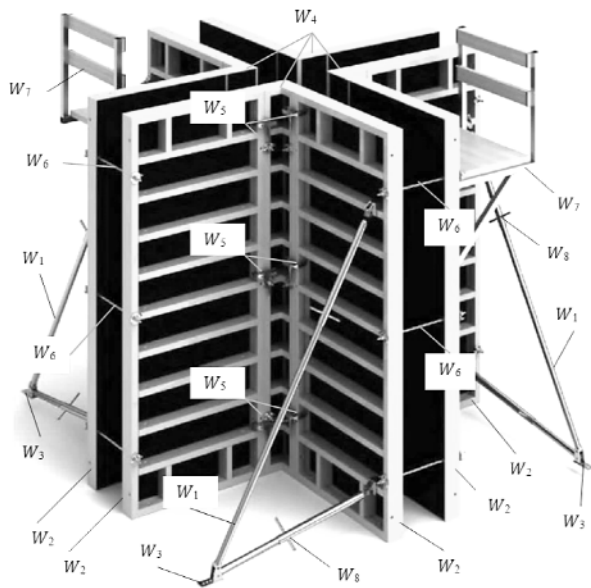


Рис. 1. Комплекс дій для монтажу комплексу щитової переставної опалубної системи

Відповідно до схеми монтажу елементів виділено такі комплексні дії:

- встановлення підкосів;
- встановлення рядового щита;
- закріплення підкосів до опори;
- встановлення кутового щита;
- з'єднання щитів замками;
- встановлення і закріплення стяжних болтів;
- встановлення і закріплення риштувань;
- вивіряння щитів регулювальними втулками;
- встановлення торцевих щитів (на рис. не вказано).

Розрахунок часу на монтаж опалубки за формулою (4) наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Приклад розрахунку тривалості монтажу опалубки за рис. 1

Дія	Кількість дій за складністю				, хв	
	4				4	2
			4		12	3
			4		12	2
		4			8	2
	48				48	3
		12			24	3
		2			4	3
				4	16	4
	4				4	3
132 0,01667 = 2,2 години					132	2,94

При монтажі та демонтажі опалубки чітко простежуються дії і рухи, які при зведенні каркасних будівель відбуваються переважно в межах одного конструктивного елементу будівлі або ділянки з розмірами у просторі до 12 м по горизонталі і до 6 м по вертикалі. Виходячи з цього зроблено припущення, будь-які переміщення робітників по горизонталі і вертикалі за часом не перевищують хвилини (прийнято 1 хв).

Тривалість за формулою (4) відповідає послідовній технології виконання дій. Фактично дії можуть виконуватися з суміщенням у часі, тому необхідно враховувати суміщення операцій. Суміщення враховується коефіцієнтом, який характеризує ефективність використання робочого часу і за значенням має бути більше одиниці. Як доведено в роботі [7], для сіткових моделей монтажу конструкцій є характерним три паралельних шляхи виконавців в ланці (рис. 1), тому коефіцієнт

суміщення операцій може змінюватися в межах  $= 1,5...1,7$ .

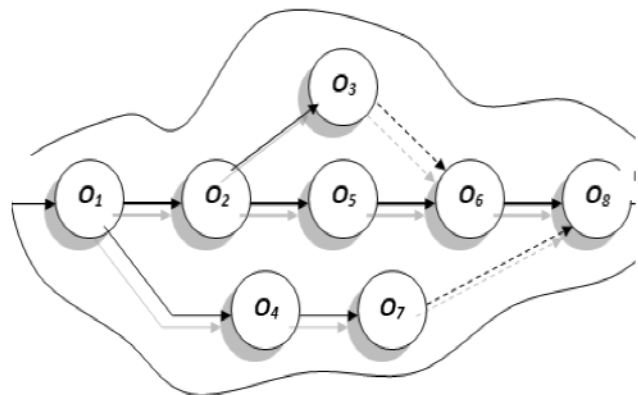


Рис. 1. Модель простого процесу: O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub>, O<sub>8</sub> – основні операції; O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub>, O<sub>7</sub> – допоміжні операції

На підставі цього прийнято, що тривалість процесу монтажу, демонтажу та переміщення опалубки при суміщенні рухів (по трьом шляхам сітьової моделі) визначають за формулою:

$$T_{md} = T_h / K_{co} = \frac{2,2}{1,5} = 1,47 \text{ год.} \quad (5)$$

Відповідно трудомісткість процесу монтажу, демонтажу та переміщення комплексу опалубки визначають за формулою:

$$\Theta_{md} = T_{md} \cdot N_p = 1,47 \cdot 2,94 = 4,32 \text{ люд} \cdot \text{год.} \quad (6)$$

де  $N_p$  – середня кількість виконавців процесу.

## Висновки

1. Нормами часу у запропонованій методиці прийнято тривалість виконання дії по встановленню і закріпленню складових елементів опалубки, яка визначена цілими числами 1, 2, 3, та 4 хвилини в залежності від кількості переміщень елементів опалубки і ступеня відповідальності за точністю і надійністю з'єднань.
2. Використання нової методики визначення тривалості та трудомісткості монтажу та демонтажу опалубки дозволяє розглядати будь-яку конструктивну опалубну систему і виконувати порівняння різноманітних конструктивно-технологічних рішень.

## Література

1. Основные принципы внедрения BIM (электронный ресурс): – <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/BTT-RU/Implementing%20a%20BIM%20Business%20Transformation-ru.pdf>.
2. ЕНУР. Сб. Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных и бетонных конструкций. Вып. 1. Здания и промышленные сооружения. – М: Стройиздат, 1987. – 65 с.
3. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи бетонні та залізобетонні конструкції монолітні. Збирання і розбирання опалубки (збірник 6): ДСТУ Б Д.2.2-1-2008 (чинний з 1.08.2008 р.). – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 35 с.
4. Тонкачев Г.М. Новая система нормирования затрат часу для принятия технологических решений // Местобудования та територіальне планування: зб. наук. пр. – К.: КНУБА, 2013. – Вып 50. – С. 700-704.
5. Research Article Open Access Kate?ina Petl?kov? and ?en?k Jarsk?\* Modeling of the Time Structure of Construction Processes Using Neural Networks // Organization, Technology and Management in Construction 2017; 9: 1559-1564 (электронный ресурс) – file:///C:/Users/User/Downloads/otmcj\_2016\_0018.pdf
6. Балова Е.Ф. Нормирование труда рабочих в строительстве / Е.Ф. Балова, Р.С. Бекерман, Н.Н. Евтушенко и др.: под ред. Е.Ф. Баловой. – М.: Стройиздат, 1985. – 440 с.
7. Тонкачев Г.М. Система обґрунтування технологічних параметрів монтажної оснастки для обмеження та фіксації конструкцій, що монтуються / Г.М. Тонкачев, Л.А. Лепська, С.П. Шарара // Местобудования та територіальне планування: зб. наук. пр. – К.: КНУБА, 2014. Вып. 52. С. 418-426.
8. Антилов С.М. Опалубочные системы для монолитного строительства: учебное издание [Текст] / С.М. Антилов. – М.: Издательство АСВ, 2005. -280с.
9. PERI. Formwork Component Catalogue [Электронный ресурс]. – 2009. – 648 с. – Режим доступа: [http://www.peri.lt/files/pdf3/Component\\_Catalogue\\_Formwork\\_2009\\_en.pdf](http://www.peri.lt/files/pdf3/Component_Catalogue_Formwork_2009_en.pdf)
10. ДОКА. Рамная опалубка Фрамакс [электронный ресурс]: – 2001. – 88 с. – Режим доступа: [http://kapitalrent.ru/user-files/DOKA\\_FRAMAX\(1\).pdf](http://kapitalrent.ru/user-files/DOKA_FRAMAX(1).pdf)

## Reference

1. Osnovnyie printsipy vnedreniya BIM (elektronnyy resurs): – [https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/BTT-RU/Implementing a BIM Business Transformation-ru.pdf](https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/BTT-RU/Implementing%20a%20BIM%20Business%20Transformation-ru.pdf).
2. ENiR. Sb. E4. Montazh sbornyih i ustroystvo monolitnyh zhelezobetonnyh i betonnyh konstruksiy. Vyip. 1. Zdaniya i promyshlennyye sooruzheniya. – M: Stroyizdat, 1987. – 65 s.
3. Resursni elementni koshtorisni normi na budivelnI roboti betonni ta zalzobetonni konstruksiyi monolitni. Zbirannya I rozbirannya opalubki (zbirnik 6): DSTU B D.2.2-1-2008 (chinniy z 1.08.2008 r.). – KiYiv: MInregIonbud UkraYini, 2008. – 35 s.
4. Tonkachev G.M. Nova sistema normuvannya vitrat chasu dlya priunyattya tehnologichnih rIshen // MISTobuduvannya ta teritorialne planuvannya: zb. nauk. pr. – K.: KNUBA, 2013. – Vip 50. – S. 700-704.
5. Research Article Open Access Kate?ina Petl?kov? and ?en?k Jarsk?\* Modeling of the Time Structure of Construction Processes Using Neural Networks // Organization, Technology and Management in Construction 2017; 9: 1559-1564 (elektronnyy resurs) – file:///C:/Users/User/Downloads/otmcj\_2016\_0018.pdf
6. Balova E.F. Normirovanie truda rabochih v stroitelstve / E.F. Balova, R.S. Bekerman, N.N. Evtushenko i dr.: pod red. E.F. Balovoy. – M.: Stroyizdat, 1985. – 440 s.
7. Tonkachev G.M. Sistema obGruntuvannya tehnologichnih parametrIv montazhnoYi osnastki dlya obmezheniya ta fIksatsiyi konstruksiy, scho montuyutsya / G.M. Tonkachev, L.A. Lepskaya, S.P. Sharapa // MISTobuduvannya ta teritorialne planuvannya: zb. nauk. pr. – K.: KNUBA, 2014. Vip. 52. S. 418-426.
8. Anpilov S.M. Opalubochnyie sistemyi dlya monolitnogo stroitelstva: uchebnoe izdanie [Tekst] / S.M. Anpilov. – M.: Izdatelstvo ASV, 2005. -280s.
9. PERI. Formwork Component Catalogue [Elektronnyy resurs]. – 2009. – 648 s. – Rezhim dostupa: [http://www.peri.lt/files/pdf3/Component\\_Catalogue\\_Formwork\\_2009\\_en.pdf](http://www.peri.lt/files/pdf3/Component_Catalogue_Formwork_2009_en.pdf)

10. DOKA. *Ramnaya opalubka Framaks [elektronniy resurs]:* – 2001. – 88 s. – Rezhim dostupa: [http://kapitalrent.ru/userfiles/DOKA\\_FRAMAX\(1\).pdf](http://kapitalrent.ru/userfiles/DOKA_FRAMAX(1).pdf)

**Г.Н. Тонкачев**, д.т.н., профессор кафедры строительных технологий, ORCID: 0000-0002-6589-8822;

**В.Г. Тонкачев**, к.т.н., доцент кафедры металлических и деревянных конструкций, ORCID: 0000-0002-1010-8440

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА МОНТАЖА И ДЕМОНТАЖА ОПАЛУБКИ МЕТОДОМ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО НОРМИРОВАНИЯ

***Аннотация.** Материал статьи основывается на теоретическом анализе и опыте нормирования процессов возведения зданий и сооружений. Особое внимание уделяется проблеме выбора конструкций опалубочных систем для оптимизации процессов устройства монолитных конструкций каркасных многоэтажных зданий. В отличие от существующих методик, которые не дают возможность сравнения опалубочных систем, предложено продолжительность монтажа и демонтажа опалубок определять методом целочисленного нормирования, предусматривающий продолжительность выполнения действий по установлению и закреплению составляющих элементов опалубки устанавливать целыми числами в зависимости от количества перемещений элементов опалубки и степени ответственности по точности и надежности соединений. Новый подход к определению продолжительности целочисленным методом решает проблему выбора опалубочных систем.*

***Ключевые слова:** процесс; монтаж; демонтаж; опалубка; структура; норма времени.*

**H. V. Tonkacheiev**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Construction Technologies, ORCID 0000-0002-6589-8822

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**V. H. Tonkacheiev**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Metal and Wood Structures, ORCID 0000-0002-1010-8440

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

### DETERMINATION OF THE DURATION OF THE INSTALLATION AND DISMANTLING OF FORMWORK BY INTEGER VALUATION

***Abstract.** The material in this article is based on a theoretical analysis and the experience of rationing the processes of erecting buildings and structures. Particular attention is paid to the problem of the choice of formwork systems for optimizing the processes of building monolithic structures of frame multi-story buildings. In contrast to existing methods, which do not allow the comparison of formwork systems, it is proposed to determine the duration of installation and dismantling of formwork using the method of integer rationing, providing for the duration of the steps to establish and fix the components of the formwork to be set in whole numbers depending on the number of movements of the formwork elements and the degree of responsibility for accuracy and reliability of connections. A new approach to determining the duration by the integer method solves the problem of choosing formwork systems.*

***Keywords:** process; installation; dismantling; formwork; structure; rate of time.*