

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ**

УДК 658.336.8

**О.В. Горда, К.С. Бондарчук***Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ***ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ АДАПТАЦІЇ ВИКОНАННЯ  
ЕТАПУ БУДІВЕЛЬНОГО ПРОЕКТУ**

*Раціональне застосування ресурсів та витрат часу потребує їх удосконалення та пошуку найбільш доцільних та оптимальних методів їх використання. В роботі визначено основні вхідні дані, від яких залежать матеріальні витрати та строки виконання будівельних робіт.*

**Ключові слова:** *модель адаптації, будівельні роботи, ресурси*

*Рациональное применение ресурсов и затрат времени требует их усовершенствование и поиск наиболее целесообразных и оптимальных методов их использования. В работе определены основные входные данные, от которых зависят материальные затраты и сроки выполнения строительных работ.*

**Ключевые слова:** *модель адаптации, строительные работы, ресурсы*

*Rational use of resources and time requires improved and their search for the most efficient and methods of using them. In this work the main input data, which depends on the material cost and terms of construction works.*

**Keywords:** *model of adaptation, construction, resources*

**Актуальність та аналіз проблеми**

Організація будівництва являє собою складний, тривалий у часі багатоетапний процес, що потребує узгодженості здійснення всіх видів робіт та їх виконавців як у часі, так і стосовно використання матеріальних, технічних та інших ресурсів. Будівництво – це два взаємозв'язаних паралельних асинхронних процеси: забезпечення ресурсами і виконання послідовності робіт. Причому процес виконання роботи залежить від наявності ресурсів, отже, він є підлеглим. Одним із шляхів оптимізації виконання будівельних робіт є узгодження окремих робіт і забезпечення ресурсами, причому забезпечення ресурсами має передувати виконанню робіт.

Очевидно, що мінливі обставини на будівництві можуть зажадати значного коригування виконання плану, проте за будь-яких ситуацій керівник будівництва повинен чітко уявляти, що треба робити у найближчі дні, тижні, місяці. Нормальний хід будівництва можливий тільки тоді, коли завчасно продумано, в якій послідовності

вестимуться роботи, яка кількість робітників, машин, механізмів та інших ресурсів знадобиться для кожної роботи [1; 6].

В умовах реального будівництва завдання планування етапів і операцій реалізації проекту є насущним, постійно виникаючим, і тому актуальним. Раціональне застосування ресурсів та витрат часу вимагає їх удосконалення та пошуку найбільш доцільних та оптимальних методів їх використання. Раціональне використання – це комплекс заходів, направлених на максимальне використання наявних ресурсів та уникнення їх втрат у процесі виконання будівельних робіт, а також техніко-економічні та організаційні заходи. Оптимізація процесу виконання будівельних робіт та витрат ресурсів з врахуванням часових інтервалів для виконання окремих інтервалів, регламентованих технологічними вимогами якості, може здійснюватися за рахунок оперативного управління на основі формалізованої мережної моделі, як всього процесу будівництва в цілому (мастер-план), так і на рівні оперативних сітьових графіків [5].

### Постановка задачі

Задача визначення ресурсу адаптації реалізації етапів будівельного проекту має за мету вирішення таких взаємопов'язаних завдань:

- з точки зору проекту:
  - 1) визначення типів робіт та послідовності їх виконання на кожному етапі;
  - 2) визначення матеріалів і комплектуючих для виконання будівельних робіт;
  - 3) визначення умов і обмежень на виконання робіт;
  - 4) визначення системи контролю у рамках реалізації етапу з метою забезпечення своєчасності та якості виконання робіт;
- з точки зору логістики будівництва:
  - 1) формалізація будівельного майданчика як геоінформаційної системи (ГІС) із заданою інфраструктурою;
  - 2) визначення потоків доставки матеріалів і комплектуючих;
  - 3) визначення потоків доставки будівельної техніки;
  - 4) визначення потоків доставки робочої сили;
  - 5) визначення потоків доставки споживаних ресурсів (вода, електрика, тепло, повітря і т. д.);
  - 6) визначення шляхів утилізації відходів будівництва (тара, ґрунти, упаковка, буд сміття і т. д.).
- з точки зору контролю і управління:
  - 1) організація точок оперативного контролю (наприклад, на основі телекомунікаційних технологій, web-камер і так далі);
  - 2) актуалізація дислокації засобів контролю;

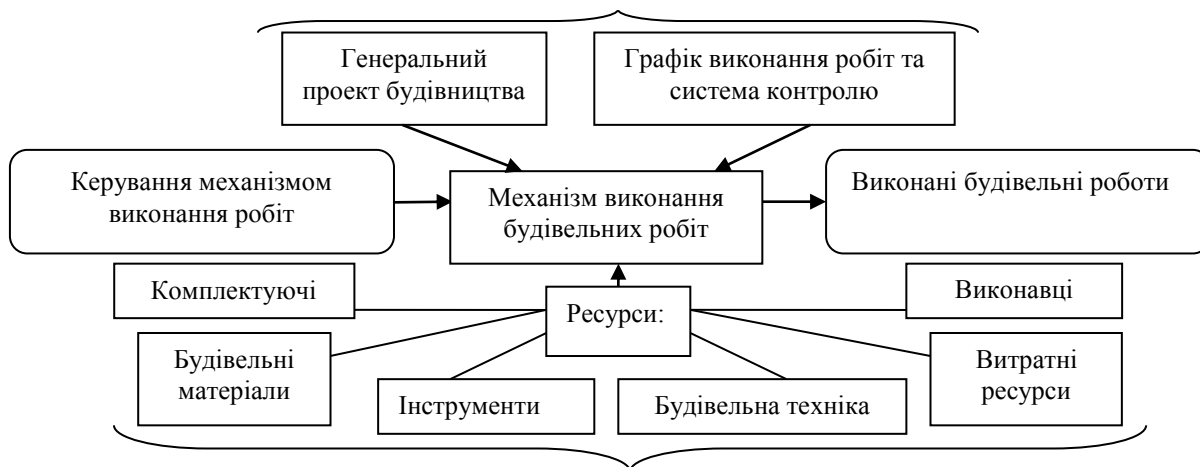
- 3) ведення бази даних оперативного контролю;
- 4) організація контролю виконання рішень – як завдання оперативного планування при реалізації етапу проекту.

Виходячи з аналізу задач реалізації етапів виконання будівельних робіт, визначено перелік та структура вхідних даних, необхідних для побудови моделі виконання будівельних робіт згідно з проектом в цілому і зокрема для виконання окремих етапів будівництва (рис. 1).

### Моделювання процесу визначення ресурсу адаптації виконання етапу будівництва

Для моделювання об'єкта дослідження застосовується синтетична модель, отримана на базі інформаційного моделювання та моделювання в рамках теорії управління запасами. З точки зору інформаційного моделювання, процес реалізації будівельного проекту являє собою модель, що пов'язує асинхронні інформаційні потоки у системі управління та перетворення даних, де взаємодія подій – це складна динамічна структура [3; 4]. Сьогодні існує досить розвинутий математичний апарат теорії мереж Петрі для представлення моделей такого класу. Метою представлення адаптації виконання етапу будівництва у вигляді мережі Петрі з подальшим аналізом є отримання важливої інформації про структуру і динамічну поведінку об'єкта моделювання для оцінювання його стану і вироблення пропозицій щодо подальшого удосконалення [2].

Вхідні дані, що визначають та регламентують матеріальні витрати та строки виконання будівельних робіт



Вхідні дані, від яких залежать матеріальні витрати та строки виконання будівельних робіт

Рис. 1. Структура вхідних даних механізму виконання будівельних робіт

З точки зору логістики реалізації проекту будівництва, модель виконання етапу безпосередньо будівельних робіт може бути представлена таким чином:

1) нехай  $[t_0, t_1]$  – наступний часовий етап виконання будівельного проекту;

2) вхідні дані для моделі представляються такою структурою:

- об'єм робіт, виконаних на момент часу  $t_0$ ;
- наявний запас ресурсів на момент часу  $t_0$ ;
- перелік робіт, стосовно яких є відставання відносно графіка виконання та часові проміжки відставання;
- ресурси, що надійшли безпосередньо у момент часу  $t_0$ ;
- перелік необхідних ресурсів  $\Delta R$  і визначення проміжку часу  $\Delta t$  для ліквідації затримки реалізації попереднього етапу проекту;
- проект етапу будівництва на інтервалі часу  $[t_0, t_1]$ ;

3) будівельний ресурс структурується таким чином:

- матеріали і комплектуючі;
- техніка;
- виконавці робіт;
- витратно-забезпечуючі ресурси;
- час як ресурс синхронізації виконання будівельних робіт;

- плани, графіки та вимоги етапу реалізації будівельного проекту;

4) критеріальний ресурс управління:

- ліквідація відставання від графіка реалізації будівельного проекту на інтервалі часу  $[t_0, t_1]$ ;

- визначення допустимих заходів з реалізації будівельного проекту і внесення корегувань до графіка виконання етапу проекту;

- визначення пріоритетності критеріїв на поточному етапі реалізації проекту:

- o максимальні витрати матеріальних ресурсів на проміжку часу  $[t_0, t_1]$ ;
- o мінімальні втрати за рахунок простою будівельної техніки та робочої сили.

З точки зору організації і власне контролю управління, виконання етапу проекту будівництва, критеріальна модель повинна мати такі визначені кроки.

1. Вибір розташування та контроль функціонування засобів контролю з точки зору максимізації достовірної інформації стосовно:

- реалізованих процесів на даний момент часу;
- процесів, що відносяться до поточного етапу будівельних робіт, і виконуються на даний момент часу;

- контролю якості виконуваних робіт;
- контролю забезпеченості робіт ресурсами, необхідними для реалізації етапу будівництва.

2. Вибір і оптимізація засобів і системи контролю реалізації етапу будівництва.

3. Моніторинг окремих рішень стосовно реалізації етапу будівництва.

Наведені компоненти моделі виконання будівельних робіт на певному етапі та зв'язки між ними схематично показано на рис. 2.

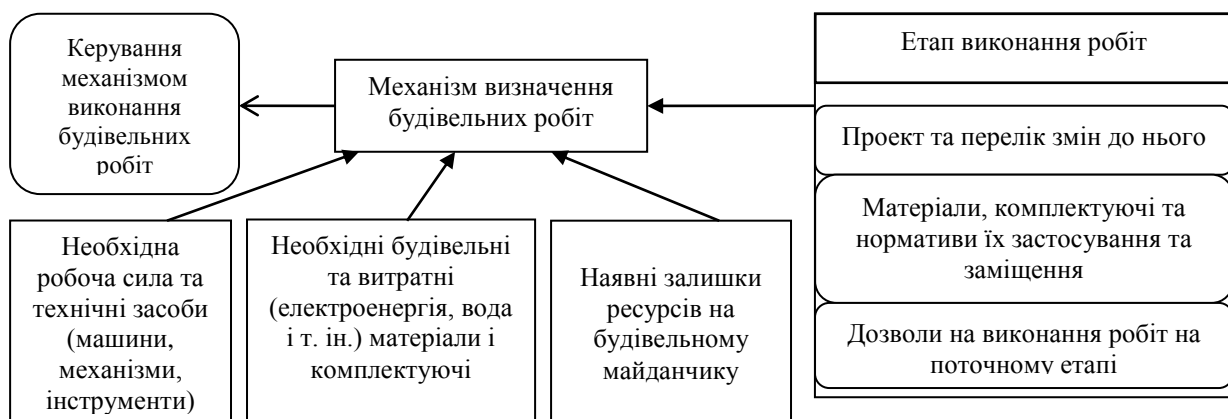


Рис. 2. Компоненти моделі виконання етапу будівельних робіт

Для представлення алгоритму визначення ресурсу адаптації реалізації етапу будівельного проекту введемо такі позначення:

- $P_i$  –  $i$ -й процес;
- $\{P_i\}$  – частково впорядкована множина процесів;
- $P_i \prec P_j$  –  $i$ -й процес безпосередньо передус  $j$ -му процесу.

Тоді типи процесів, які мають місце в ході виконання будівельних робіт можна формалізувати такими схемами:

- 1)  $P_{i0} \prec P_{j1} \prec \dots \prec P_{in}$  – лінійний процес;
- 2)  $P_{i0} \prec \begin{matrix} P_{i11} \prec \dots \prec P_{i1n} \\ P_{i21} \prec \dots \prec P_{i2n} \end{matrix}$  – розгалуження

процесів,

де  $P_{i0}$  – точка розгалуження;

- 3)  $\left\{ \begin{matrix} P_{i0} \prec \dots \prec P_{in} \\ P_{j0} \prec \dots \prec P_{jn} \end{matrix} \right\}$  – паралельні процеси;

- 4)  $\begin{matrix} P_{i11} \prec \dots \prec P_{i1n} \\ P_{i21} \prec \dots \prec P_{i2n} \end{matrix} \prec P_{ik}$  – процеси, що

сходяться,

де  $P_{ik}$  – точка злиття.

Узагальнену модель процесу визначення ресурсу адаптації виконання етапу будівництва можна представити як об'єднання множини процесів забезпечення ресурсами, вже виконаних робіт та цілей:

$$P^0 \equiv \{P_i\}^0 = \{P_i^1\}^0 \cup \{P_i^2\}^0 \cup \{P_i^3\}^0 \cup \{P_i^4\}^0 \cup P_r^0,$$

де  $\{P_i^1\}^0$  – процеси постачання матеріалів (логістика), які виконані до моменту часу  $t_0$  включно;

$\{P_i^2\}^0$  – виконані процеси з освоєння матеріалів;

$\{P_i^3\}^0$  – забезпечення спеціалістами (кадрами) на момент часу  $t_0$ ;

$\{P_i^4\}^0$  – забезпечення технічними ресурсами на момент часу  $t_0$ ;

$P_r^0$  – множина цілей на момент часу  $t_0$ .

Для побудови мережної (графової) моделі визначимо такі компоненти:

$P_K$  – кінцева точка (ціль);

$P_D$  – точка досяжності;

$P_Y$  – точка, яка досягнута на момент виконання етапу  $Y$ ;

$P_r$  – граф станів проекту.

Тоді модель у вигляді графу може бути представлена як об'єднання  $\cup$  цілей типу  $\{1, 2, \dots, 4\}$ ;

Основний критерій визначимо як визначення максимальної за об'ємом множини точок досяжності, що відповідають роботам даного етапу:

$$\max_Y \|P_D - P_Y\|_M \text{ – забезпечення будівельних}$$

робіт відносно етапу  $Y$ .

Для цього необхідно визначити початкові та кінцеві умови виконання процесу, а також ресурси для його забезпечення:

$P_r^0 = (P^{01}, P^{02}, P^{03}, P^{04})$  – умови початку виконання будівельних робіт (етапу  $Y$  з моменту часу  $t_0$ );

$\exists T \quad \forall i > 1 \quad P^{(T+i)2} - P^{T2} = \emptyset$  – умова зупинки процесу;

$P_r^{(T+i)5} = \emptyset$  – умова досягнення планового рівня;

$Z_n^0$  – необхідні витрати;

$Z_R^0$  – реальні витрати;

$Z_S^0$  – надмірні витрати  $Z_S^0 = Z_R^0 - Z_n^0$ ;

Головним обмеженням для вибору є  $\min_Y Z_S^Y$ .

На наступному кроці побудови моделі визначимо множину точок досяжності виконання етапів  $\{P_D\}$  та процесів їх реалізації.

Останнім кроком є прив'язка точок досяжності до часової шкали –  $P_r|_T$  (рис. 3).

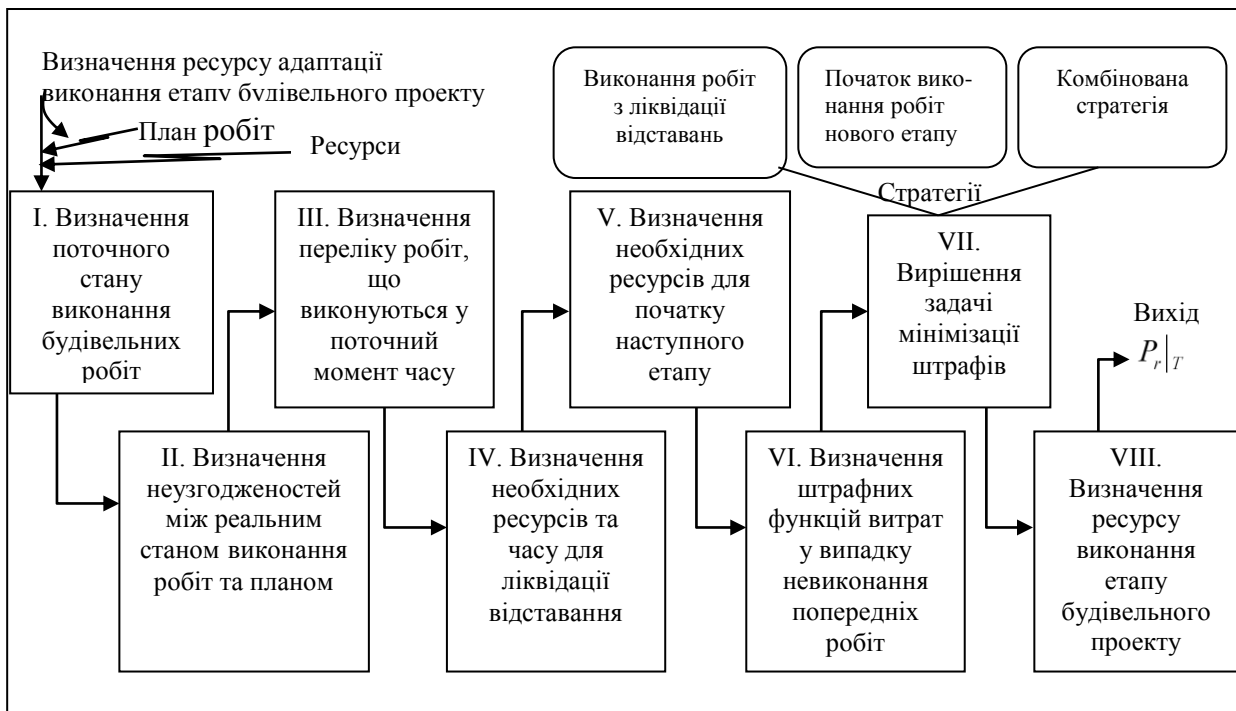


Рис. 3. Послідовність кроків алгоритму адаптації виконання етапу будівельного проекту

## Висновки

На основі розглянутого розв'язання задачі визначення ресурсу адаптації реалізації етапу будівельного проекту, можна оптимізувати процедуру управління будівельним проектом у реальному часі, а також якісно і кількісно визначати міру допустимих змін в реалізацію будівельного проекту в кожний конкретний момент часу його реалізації.

## Список літератури

1. Афанасьев А.В. Параллельно-поточная организация работ / Афанасьев А.В. – Л.: Стройиздат, 1991.
2. Бешенков С.А. Моделирование и формализация: методическое пособие / Бешенков С.А. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002.
3. Математическое моделирование: Методы, описание и исследования сложных систем / [под ред. А.А. Самарского]. – М.: Наука, 1989.
4. Марка Д.А. Методология структурного анализа и проектирования / Д.А. Марка, К. Мак Гоуэн. – М.: МетаТехнология, 1993.

5. Султанова Е.А. Алгоритм оптимального расписания строительства группы объектов / Султанова Е.А. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2004. – С. 25-26.

6. Шебеко Ю.А. Имитационное моделирование и ситуационный анализ бизнес-процессов принятия управленческих решений: учебное и практическое пособие / Шебеко Ю.А. – М.: Диаграмма, 1999.

7. СНиП 12-01-2004 «Организация строительства». [Электронный источник]. – Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/text/RekomendaciiRekomendaciiip403.html>

8. Временное положение по составу, содержанию и правилам разработки ПОС и ППР в соответствии с единым порядком предпроектной и проектной подготовки строительства в г. Москве. ОАО

Стаття надійшла до редколегії 11.04.2013

**Рецензент:** д-р. техн. наук, проф. В.М. Міхайленко, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.