

3. *Бобраков А.А.* Модель оптимізації параметрів організації системи ресурсного забезпечення будівельних проектів з урахуванням впливу техногенних факторів/ А.А. Бобраков // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – Київ: КНУБА, - Вип. 26. - 2012. - С. 13-20.

4. *Бобраков А.А.* Ресурсне забезпечення об'єктів будівництва в організаційно-технологічних моделях / А.А. Бобраков // Матеріали Міжнародна науково-практична конференція «Інноваційний розвиток України - 2007». – Київ: ТОВ «Ультрадрук». – С. 62-67.

5. *Доненко В.І.* Сучасні науково-методологічні інструменти інноваційного розвитку будівельних підприємств: Монографія / Є.Ю. Антипенко В.І. Доненко. – Запоріжжя: «Принт-Експрес», 2010. – 265 с.

6. *Ушацький С.А.* Ресурсне забезпечення реконструкції будівельних об'єктів на діючих підприємствах / С.А. Ушацький, А.А. Бобраков // Науково-технічний журнал «Техніка будівництва» - Київ: КНУБА, 2009. – № 23. – С.99-107.

Отримано: 29.05.2012

УДК 658.2:624.05

**В.І. Доненко,  
Є.Ю. Антипенко,  
І.В. Доненко,  
Л.В. Ярова**

## **ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПОШУКУ РАЦІОНАЛЬНОГО ПЛАНУ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМБІНАТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ**

### **АНОТАЦІЯ**

*У роботі показано евристичний алгоритм пошуку оптимальної черговості освоєння фронтів робіт у потоці з критичними роботами, виявленими з урахуванням ресурсних і фронтальних зв'язків.*

### **АННОТАЦІЯ**

*В работе показан эвристический алгоритм поиска оптимальной очередности освоения фронтов работ в потоке с*

*критическими работами, выявленными с учетом ресурсных и фронтальных связей.*

#### ANNOTATION

*The paper shows a heuristic algorithm for finding an optimal sequence of development work's areas in the flow with the critical paths and identified resource and front ties.*

**Актуальність.** Ефективність застосування методів комбінаторної оптимізації та евристичного планування будівельних потоків [3, 5] повинна визначатися не стільки наявністю оптимізаційного ефекту, так як він може бути несуттєвим, скільки його абсолютним значенням. Зазвичай наводяться абсолютні значення оптимізаційного ефекту [4] з метою демонстрації позитивних переваг того чи іншого алгоритму. Однак при цьому залишається не з'ясованим питання, що визначає генеральну сукупність всіх можливих варіантів.

Для вирішення цього питання пропонується новий підхід, заснований, зокрема, на використанні статистичного моделювання та планування. За основу покладено той факт, що при будь-якому об'єднанні будівельних об'єктів в комплекс на порядок їх освоєння накладаються топологічні обмеження [1]. Облік цих обмежень, з одного боку, зменшує обчислювальну складність розв'язуваної задачі, а з іншого боку збільшує її алгоритмічну складність [2]. Наприклад, прибудоване приміщення не може бути побудовано раніше основного об'єкта, або для того, щоб побудувати «вставку», необхідно завершити роботи по 2-х основних об'єктах. Тобто, має місце конструктивно-технологічна залежність послідовності будівництва об'єктів. Іншим типом обмеження може стати експлуатаційна залежність, наприклад, будівництво деякого соціального об'єкта, може залежати від черговості введення житла та інше. Можливо і обмеження на абсолютне значення черговості будівництва того чи іншого об'єкта, наприклад, об'єкт, що має третій індекс, повинен бути побудований у першу чергу.

Таким чином, обчислювальна складність задач комбінаторної оптимізації різко зростає зі збільшенням числа об'єктів, але вона також різко зменшується зі збільшенням числа обмежень.

**Мета роботи.** Запропонувати теоретико-аналітичний інструментарій пошуку раціонального плану розвитку будівельної організації із застосуванням комбінаторної оптимізації та визначенням черговості освоєння об'єктів з урахуванням обмежень на порядок їх освоєння.

**Матеріал дослідження.** Запропонований інструментарій повинен складатися із алгоритму оптимізації черговості освоєння об'єктів з урахуванням обмежень на порядок їх освоєння. Тому розроблена методика комбінаторної оптимізації блок-схема якої у загальному вигляді містить в собі 11 функціональних етапів та представлена на рис. 1.

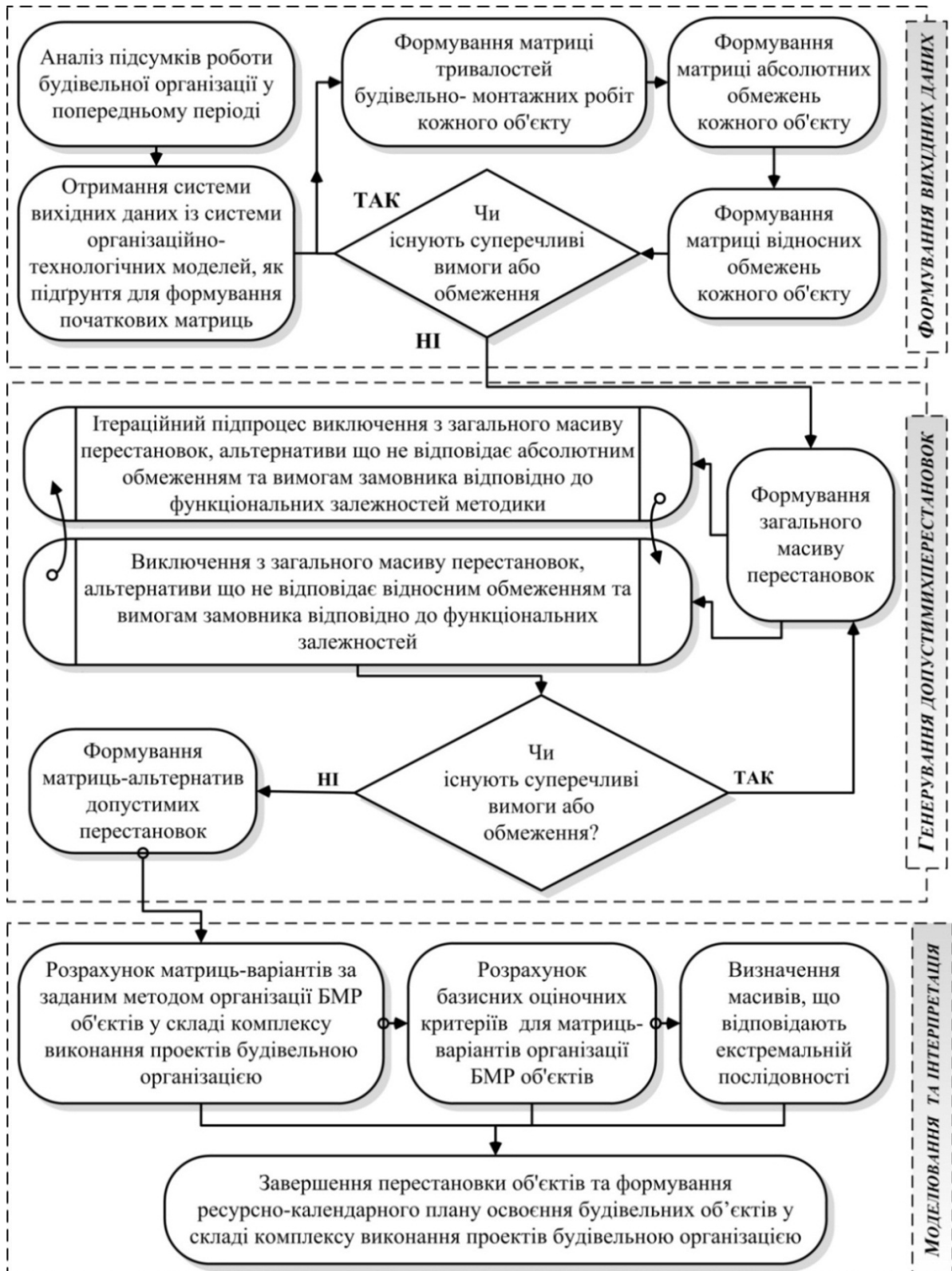


Рис. 1. Узагальнений алгоритм комбінаторної моделі ранжування будівельних проектів у плані діяльності організації-виконавця

Проведений аналіз показав, що однією зі складових успішного розвитку [2, 6] будівельного підприємства є здатність побудови ефективних планів розвитку, що ґрунтуються на раціональній та виваженій стратегії розвитку та участі і виконання запланованих будівельних проектів [1].

Тому, у дослідженні було розглянуто завдання створення методики побудови та визначення оптимального плану освоєння будівельних проектів організацією-підрядником, з урахуванням наявності зовнішніх обмежень та впливу екзогенного середовища.

Покажемо застосування вищенаведеної послідовності процедур на прикладі їх практичного використання у перспективному плані розвитку будівельної організації на стадії попереднього ранжування потенційних будівельних об'єктів за договорами підряду у складі портфелю проектів з подальшим визначенням остаточного плану їх виконання.

Розглянемо портфель проектів ТОВ «Запоріжтехбудіндустрія-XXI», що складається з 7 об'єктів будівництва:

1-й об'єкт – будівництво амбулаторного корпусу медичної частини запорізького алюмінієвого комбінату;

2-й об'єкт – розширення виробничої бази філії запорізька дорожня експлуатаційна дільниця – 25;

3-й об'єкт – реконструкція та упорядження фасаду будівлі заводоуправління запорізького заводу металоконструкції;

4-й об'єкт – будівництво дачного будинку на ділянці №4 кооперативу «Козацька садиба»;

5-й об'єкт – будівництво прибудови до існуючого торговельно-офісного центру в місті Запоріжжя;

6-й об'єкт – реконструкція котельні та заміна опалювального обладнання ЗНБК «Запорізька січ»;

7-й об'єкт – будівництво інженерних мереж та благоустрій території ОСК ТТП-94.

Матриця тривалості робіт портфелю проектів наведена в табл. 1.

Таким чином, повне число перестановок дорівнюватиме  $7! = 5040$ . При формуванні масиву припустимих перестановок мають бути враховані наступні абсолютні обмеження. Третій об'єкт повинен розпочатися в першу чергу, а 6-им за чергою зведення об'єктом будівництва має бути сьомий об'єкт заданого комплексу. Ці абсолютні обмеження у вигляді бінарних змінних зведені в табл. 2.

Таблиця 1

**Матриця тривалостей робіт**

Об'єкт (індекс - і)	Тривалість видів робіт (індекс - j) у місяцях			
	Підготовчі	Підземні	Надземні	Оздоблювальні
1-й об'єкт	1	1	5.5	2
2-й об'єкт	1	2	6	2
3-й об'єкт	1	2	7.5	2
4-й об'єкт	1	1	4	1
5-й об'єкт	1	2	6.5	1
6-й об'єкт	1	2	9	2
7-й об'єкт	1	1	4	1

Таблиця 2

**Матриця абсолютних обмежень**

Місце в черзі	Індекс призначеної роботи						
	1-й об'єкт	2-й об'єкт	3-й об'єкт	4-й об'єкт	5-й об'єкт	6-й об'єкт	7-й об'єкт
1	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	0	0

Таблиця 3

**Матриця відносних обмежень**

Індекс попереднього об'єкту	Індекс подальшого об'єкту						
	1-й об'єкт	2-й об'єкт	3-й об'єкт	4-й об'єкт	5-й об'єкт	6-й об'єкт	7-й об'єкт
1-й об'єкт	0	0	0	0	0	0	0
2-й об'єкт	0	0	0	0	1	0	0
3-й об'єкт	0	0	0	0	0	0	0
4-й об'єкт	0	0	0	0	0	1	0
5-й об'єкт	0	0	0	0	0	0	0
6-й об'єкт	0	0	0	0	0	0	0
7-й об'єкт	0	0	0	0	0	0	0

Результати перевірки даних свідчили, що суми булевих змінних, визначених по рядках і стовпцях, не перевищують припустимих меж.

Отже, абсолютні обмеження задані коректно. Абсолютне закріплення 2-х об'єктів знижує число припустимих варіантів перестановок до **120**.

Відносні обмеження мають наступні значення: будівництво першого об'єкту передує будівництву 5-го об'єкту ( $2 < 5$ ), а будівництво 4-го об'єкту передує будівництву 6-го об'єкту ( $4 < 6$ ). Ці обмеження задані матрицею, представленою в табл. 3.

З урахуванням відносних обмежень загальне число припустимих варіантів зменшилося до **30**. Результати оптимізації щодо допустимої множини перестановок запланованих до будівництва об'єктів показані в табл. 4.

Таблиця 4

## Матриця відносних обмежень

Порядковий номер варіанту	Допустима черговість	Допустима черговість						Тривалість будівництва	Оптимізаційна ознака	
		3	1	2	4	5	7			6
1	3124576	3	1	2	4	5	7	6	46.5	MaxT
2	3214576	3	2	1	4	5	7	6	46.5	MaxT
3	3142576	3	1	4	2	5	7	6	46.5	MaxT
4	3241576	3	2	4	1	5	7	6	46.5	MaxT
5	3421576	3	4	2	1	5	7	6	46.5	MaxT
6	3412576	3	4	1	2	5	7	6	46.5	MaxT
7	3125476	3	1	2	5	4	7	6	46.5	MaxT
8	3215476	3	2	1	5	4	7	6	46.5	MaxT
9	3245176	3	2	4	5	1	7	6	46.5	MaxT
10	3425176	3	4	2	5	1	7	6	46.5	MaxT
11	3254176	3	2	5	4	1	7	6	46.5	MaxT
12	3251476	3	2	5	1	4	7	6	46.5	MaxT
13	3124675	3	1	2	4	6	7	5	46.5	MaxT
14	3214675	3	2	1	4	6	7	5	45.5	MaxT
15	3142675	3	1	4	2	6	7	5	45.5	MaxT
16	3241675	3	2	4	1	6	7	5	45.5	MaxT
17	3421675	3	4	2	1	6	7	5	45.5	MaxT
18	3412675	3	4	1	2	6	7	5	45.5	MaxT
19	3245671	3	2	4	5	6	7	1	45.5	MaxT
20	3425671	3	4	2	5	6	7	1	46.5	MaxT
21	3254671	3	2	5	4	6	7	1	46.5	MaxT
22	3246571	3	2	4	6	5	7	1	46.5	MaxT
23	3426571	3	4	2	6	5	7	1	46.5	MaxT
24	3146275	3	1	4	6	2	7	5	46.5	MaxT
25	3246175	3	2	4	6	1	7	5	45.5	MaxT
26	3426175	3	4	2	6	1	7	5	45.5	MaxT
27	3416275	3	4	1	6	2	7	5	45.5	MaxT
28	3462571	3	4	6	2	5	7	1	46.5	MaxT
29	3461275	3	4	6	1	2	7	5	45.5	MaxT
30	3462175	3	4	6	2	1	7	5	45.5	MaxT

$$P_{min} = 45.5 \text{ міс} \quad N_{min} = 12 \text{ міс}$$

$$P_{max} = 46.5 \text{ міс} \quad N_{max} = 18 \text{ міс}$$

Як видно з табл. 4, отримана множина черговості задовольняються введеним топологічним обмеженням. Отримана допустима множина варіантів в **168** разів менше початкового числа перестановок. З 30 припустимих варіантів 12 мають мінімальне значення оптимізаційного критерію (мінімальна загальна тривалість комплексу робіт) однаково 45.5 міс., а 18 варіантів мають максимальне значення оптимізаційного критерію рівного 46.5. Отже, ефективність оптимізації склала 1.022 або 2.2%.

Користь застосування у складі розробленого алгоритму методу повного перебору визначається також і його можливістю оцінки ефективності евристичних алгоритмів.

**Висновок:** У даній роботі показано евристичний алгоритм пошуку оптимальної черговості освоєння фронтів робіт у потоці з критичними роботами, виявленими з урахуванням ресурсних і фронтальних зв'язків або, іншими словами, призначений для оптимізації тільки за методом критичного шляху. Користь застосування у складі розробленого алгоритму методу повного перебору визначається також і його можливістю оцінки ефективності евристичних алгоритмів. Якщо для наведеного прикладу використовувати розроблений алгоритм, то з його допомогою можна оптимізувати і будівельний потік за методом безперервного освоєння фронтів робіт і, звичайно, результати оптимізації будуть іншими.

Результати наведених розрахунків демонструють практичну ефективність застосування комбінаторної моделі планування реалізації та ранжування будівельних проектів з урахуванням обмежень на порядок їх освоєння під час розробки плану дій будівельної організації щодо послідовності фактичної реалізації будівельних проектів з портфелю заказів із визначенням конкретних директивних строків виконання окремих проектів, формуванням відповідних ресурсно-календарних планів навантаження окремих підрозділів та організації в цілому. У наведеному прикладі ефективність оптимізації виконання комплексу проектів складає 1.022 або 2.2%, що дозволяє включити розроблену комбінаторну модель до складу автоматизованого програмного комплексу, з метою поширення її застосування у організаціях будівельної галузі.

#### **Список літератури:**

1. *Антипенко Є. Ю.* Організаційно-технологічне моделювання підготовки та впровадження будівельних проектів: Монографія / Є.Ю. Антипенко. – Запоріжжя: Вид-во «РДЦ Дизайн Груп», 2010. – 386 с.

2. *Доненко В.І.* Сучасні науково-методологічні інструменти інноваційного розвитку будівельних підприємств: Монографія / Є.Ю. Антипенко В.І. Доненко. – Запоріжжя: «Принт-Експрес», 2010. – 265 с.

3. *Доненко В.І.* Інструментарій пошуку порядку освоєння об'єктів будівництва підрядними організаціями будівельної галузі в умовах динамічного середовища / В.І. Доненко, О.О. Книжнікова // Науковий вісник будівництва: Збірник наукових праць. – Харків: ХДТУБА, 2011. – №65. – С. 149-157.

4. *Інноваційні* концептуальні та формально-аналітичні інструменти обґрунтування підготовки та впровадження будівельних інвестиційних проектів: Монографія / В.О. Поколенко, С.А. Ушацький, Г.В. Лагутін, О.А. Тугай, Н.О. Борисова, О.С. Рубцова: за науковою редакцією В.О. Поколенка. – К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2008. – 208 с.

5. *Книжнікова О.О.* Оптимізаційні методи і моделі планування діяльності будівельної організації: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 / Книжнікова О.О. - К.: КНУБА, 2011. - 20 с.

6. *Тян Р.Б.* Основи аналізу організаційно-економічної та фінансової підготовки / Тян Р.Б., Оскома О.В. // Вісник ДДФА – Дніпропетровськ: ДДФА, 2011. - Вип. №2 – С. 125-131

7. *Ушацький С.А.* Ресурсне забезпечення реконструкції будівельних об'єктів на діючих підприємствах / С.А. Ушацький, А.А. Бобраков // Науково-технічний журнал «Техніка будівництва». - К.: КНУБА, 2009. – № 23. – С.99-107.

Отримано: 30.05.2012

УДК 69.057:658.5

**М.В. Кулік**

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННО-ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

### **АНОТАЦІЯ**

*У роботі досліджено актуальні питання, пов'язані з управлінням суб'єктами ринку будівельно-підрядних послуг і організацією їх діяльності, створенням нових моделей інноваційно-організаційних структур, здатних ефективно функціонувати в сучасній будівельній галузі.*