

О. М. ПШІНЬКО, І. Д. ПАВЛОВ (ДІП),  
І. А. АРУТЮНЯН (Запорізька державна інженерна академія)

## ЛОГІСТИЧНІ СИСТЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ОСНОВІ ПІДТРИМКИ ЄДНОСТІ МОДЕЛЮЮЧИХ УМОВ

Моделювання логістичної системи, а саме взаємозв'язків логістичних і організаційно-технічних заходів щодо поліпшення розвитку будівельних процесів з урахуванням міжсистемних зв'язків на стиках і нічийних зонах. Під логістичною системою розглядається адаптована система управління заходами в процесі виробництва.

*Ключові слова:* логістика, організація та управління, логістична система, моделювання

Моделирование логистической системы, а именно взаимосвязи логистических и организационно-технических мероприятий по улучшению развития строительных процессов с учетом межсистемных связей на стыках и ничейных зонах. Под логистической системой рассматривается адаптированная система управления мероприятиями в процессе производства.

*Ключевые слова:* логистика, организация и управление, логистическая система, моделирование

Design of the logistic system, namely intercommunications of logistic and organizationally-technical measures on the improvement of development of build processes taking into account intersystem connections on joints and drawn areas. Under the logistic system adapted control the system by measures is examined in the process of production.

*Keywords:* logistic, organization and production, logistic system, design

### Постановка проблеми

При організації і управлінні будівельного виробництва неодмінним етапом роботи є економічне обґрунтування найбільш вигідного використання обмежених ресурсів, визначення рішень по максимізації економічних результатів.

Умови сучасних ринкових відносин, в яких в даний час функціонує капітальне будівництво, зробили його сприйнятливим до вимог логістики. Ринкові умови поставили перед будівництвом завдання, пов'язані із зниженням вартості, скорочення термінів будівництва при забезпеченні високої якості будівельно-монтажних робіт.

Тому управління розвитком будівельного виробництва полягає, перш за все, в зміні пріоритетів між різними видами господарської діяльності будівельних організацій на користь посилення значущості діяльності по управлінню матеріальними, інформаційними і фінансовими потоками.

### Аналіз

Необхідною умовою використання оптимального підходу до планування і управління (принципу оптимуму) є гнучкість, альтернати-

вність виробничо-господарських ситуацій, в умовах яких приймаються управлінські рішення. Розробка логістичних систем по поліпшенню оптимізації будівельного виробництва є складним завданням для будь-якої будівельної організації [1].

Аналіз організаційно-технічної проблематики будівельної науки і напрямів розвитку інновацій в області будівництва і інформаційних технологій дозволили виявити потребу і актуальність нових теоретичних і методологічних передумов (нової парадигми) до розробки оптимальної стратегії організаційно-технічного розвитку (ОТР) будівельного виробництва в умовах змін зовнішнього середовища.

Пошук адекватних методів привів до потреб управління логістизації будівельного виробництва, які успішно функціонують в аналогічних умовах, що представляє науковий і практичний інтерес для аналізу закономірностей розвитку організаційно-технічного розвитку будівництва, де б передбачалася єдина логіка, єдиний почерк, єдиний погляд [4].

У зв'язку з цим практика будівельного виробництва потребує адекватного організаційно-технічного і систематизованого економічного інструментарію – логістики, що дозволяє ефективніше використовувати науковий потенціал, і

в подальшому розвитку і розробці інструментів аналізу методів і моделей формування організаційно-технічного розвитку будівельного виробництва. Оцінка стану питання і традиційних моделей розробки ОТР набуває особливої актуальності з урахуванням методів і принципів аналізу досліджень ОТР, яким присвячені праці Е. К. Івакіна, В. Н. Стаханова, Е. П. Жаворонкова, В. Т. Вечерова, В. М. Кирноса, В. Р. Младецкого, О. М. Пшінька, І. Д. Павлова, А. В. Радкевича, В. І. Торкатука та інших. Незважаючи на високий рівень професіоналізму названих авторів, ще існує широкий комплекс проблем щодо удосконалення управління ОТР будівельного виробництва на базі логістики.

Важливою складовою частиною пошуку ефективних рішень в області матеріально-технічного забезпечення є побудова раціональних логістичних систем по управлінню організаційно-технічним розвитком будівельного виробництва.

Ефект логістичних систем локалізується в основній ланці економіки (стосовно сфери капітального будівництва – у замовників, інвесторів і підрядчиків), складається на мікрорівні (мікрологістична система – будівельна організація) під впливом макроекономічних процесів (макрологістична система). Макрологістична система – це система управління матеріальними потоками, що охоплює підприємства і організації промисловості, посередницькі і транспортні організації, організації, які можна віднести до будіндустрії [1].

**Мета дослідження.** Розглянути сутність зв'язку логістичних систем та організаційно-технічного розвитку будівельного виробництва на макро- та мікрорівнях з урахуванням управління матеріальними, фінансовими, інформаційними та трудовими потоками, що відповідають технології і організації будівельного процесу, для прийняття ефективних управлінських рішень.

### Основний матеріал

Ключовим елементом у визначенні організаційно-технічного розвитку є логістична система будівельного виробництва. На сьогодні проведено значна кількість наукових досліджень, присвячених даному питанню. При цьому чимало з них досліджень не розкривають аспекти розвитку виробничої системи та не відображають її прихильності до постійного ге-

нерування змін. У силу цього виробничу систему можна визначити як сукупність активних елементів, представлених групами людей, об'єднаних, оснащених і взаємодіючих в рамках здійснення виробничого процесу на основі узгоджених інтересів при постійному підвищенні виробничих можливостей. Таке підвищення передбачає розвиток двох підсистем: організаційної та технічної.

Наявність даних підсистем дозволяє визначити організаційно-технічний розвиток (ОТР), як комплекс активних організаційних змін, які полягають у розробці та реалізації проектів, що призводять до якісних перетворень технічних характеристик обладнання, технологічних процесів і до підвищення виробничих можливостей підприємства. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що ОТР визначається не просто вимогами насичення підприємства новими засобами праці та їх удосконаленням [2].

Основна ідея – визначення чинників логістичної системи, що впливають на планові завдання, на узагальнювальні економічні показники, що відображають кінцеві результати будівельного виробництва. Діяльність по управлінню матеріальними потоками в будівельних організаціях, як правило, зв'язана з великими витратами. До них відносяться, перш за все, зниження собівартості будівельно-монтажних робіт і відносне зменшення чисельності працівників в результаті підвищення автоматизації процесів. Як узагальнювальний показник технічного рівня будівельного виробництва рекомендується використовувати ступінь оновлення техніки і технології, вдосконалення організаційних підходів [3].

Логістична система – це адаптивна система із зворотним зв'язком, що виконує ті або інші логістичні функції. Вона, як правило, складається з декількох підсистем і має розвинені зв'язки із зовнішнім середовищем [5].

Глобальна мета логістичних підходів (рішень) в будівництві – скорочення циклу, зменшення запасів. На стадії будівельного виробництва – за рахунок синхронізації процесів організаційно-технічних заходів (ОТЗ); за рахунок визначення оптимальних об'ємів потреби ОТЗ; що потрібний? коли? скільки?; за рахунок саморегулювання. Основне завдання логістики – раціональне використання матеріалів, енергії, інформації, персоналу і засобів виробництва при плануванні і управлінні ОТР.

Тому зразкова модель системи інтеграції діяльності будівельної організації може бути представлена спрощено, як сукупність взаємозв'язаних і взаємообумовлених організаційно-технічних заходів системи ОТР на графах і сітках (рис. 1).

Але є певні складнощі використання даної моделі на графах і сітках. Тому нами запропоновано використовувати нову архітектуру моделювання, яка базується на лінійному і нелінійному програмуванні і дозволяє на основі основних чинників виробництва скомпонувати модель системи, яка відображає істоти досліджуваного питання вибору оптимального складу організаційно-технічного розвитку з урахуванням управління матеріальними, фінансовими, інформаційними і трудовими потоками, а в цілому управління логістичними заходами.

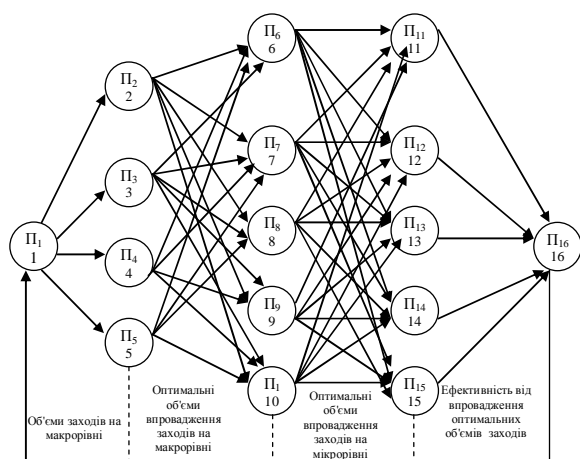


Рис.1 Модель системи управління ОТР будівельної організації

Нами запропонована модель, що враховує і пов'язує інноваційні заходи на макрорівні з виробничими процесами організаційно-технічного розвитку на мікрорівні, що відображає єдність циклу: вибір заходу – виробництво – об'єми розподіл – ефективності від впровадження (див. рис. 1).

При реалізації виробничих процесів, складних проектів з метою зменшення витрат праці, собівартості і збільшення річного економічного ефекту здійснюється впровадження  $n$  заходів організаційно-технічного розвитку (ОТР). При цьому кожний захід ОТР вимагає додаткових капітальних вкладень.

Кожна одиниця ОТР ( $X_i$ ,  $1 \leq i \leq n$ ) забезпечує зниження собівартості робіт на  $a_i$  грн., зниження трудовитрат при проведенні робіт на

$b_i$  чол.-дн., збільшує річний економічний ефект на  $c_i$  грн. і вимагає  $d_i$  грн. додаткових капітальних вкладень. При цьому максимальні обсяги впровадження ОТР складають  $m_i$  одиниць. У розрахунку загального річного економічного ефекту додаткові капітальні вкладення беруть участь з урахуванням нормативного коефіцієнта  $E_{Hi}$ .

Таким чином, кожний захід ОТР характеризується набором параметрів  $X_i$  ( $a_i$ ,  $b_i$ ,  $c_i$ ,  $E_{Hi} * d_i$ ,  $m_i$ ), (при  $1 \leq i \leq n$ ).

Крім того, кожне безпосередньо впроваджені захід ОТР може модифікуватися за рахунок проведення  $k_i$  логістичних заходів (ЛЗ).

Кожна одиниця ЛЗ ( $Y_{ij}$ ,  $1 \leq i \leq n$ ,  $1 \leq j \leq k_i$ ) додатково забезпечує для відповідного заходу ОТР ( $X_j$ ,  $1 \leq i \leq n$ ) зниження собівартості робіт на  $a_{ij}$  грн., зниження трудовитрат при проведенні робіт на  $b_{ij}$  чол.-дн., збільшує річний економічний ефект на  $c_{ij}$  грн. і вимагає  $d_{ij}$  грн. додаткових капітальних вкладень.

При цьому максимальні обсяги впровадження ЛЗ ( $Y_{ij}$ ,  $1 \leq i \leq n$ ,  $1 \leq j \leq k_i$ ) складають  $m_{ij}$  одиниць.

Таким чином, кожне ЛЗ характеризується набором параметрів  $Y_{ij}$  ( $a_{ij}$ ,  $b_{ij}$ ,  $c_{ij}$ ,  $E_{Hi} * d_{ij}$ ,  $m_{ij}$ ), (при  $1 \leq i \leq n$ ,  $1 \leq j \leq k_i$ ).

Таке розширення оптимізаційної моделі приводить до того, що параметри ОТР  $X_i$  ( $a_i$ ,  $b_i$ ,  $c_i$ ,  $E_{Hi} * d_i$ ,  $m_i$ ) перестають бути константами і виражаються як лінійні функції від параметрів ЛЗ ( $Y_{ij}$ ,  $1 \leq i \leq n$ ,  $1 \leq j \leq k_i$ ).

В цьому випадку цільова функція, що визначає сумарний річний ефект набуває вигляду (1):

$$\sum_{i=1}^n ((a_i - E_{Hi}d_i) + \sum_{j=1}^{k_i} (a_{ij} - E_{Hi}d_{ij})Y_{ij})X_i \rightarrow \max \quad (1)$$

Повний набір обмежень на значення невідомих квазілінійній оптимізаційної моделі умовно можна розбити на три групи:

1) Максимальні обсяги впроваджених заходів ОТР, з урахуванням їх позитивності  $0 \leq X_i \leq m_i$ , для кожного  $i$  із  $1 \leq i \leq n$ ;

2) Максимальні об'єми впроваджених ЛЗ для відповідного заходу ОТР, з урахуванням

їх невід'ємності  $0 \leq Y_{ij} \leq m_{ij}$ , для кожного  $I$  із  $1 \leq I \leq n$  і  $j$  із  $1 \leq j \leq k_i$ ;

3) Додаткові обмеження на загальні параметри моделі:

3.1 Зниження собівартості за формулою (2):

$$\sum_{i=1}^n (a_i + \sum_{j=1}^{k_i} a_{ij} Y_{ij}) X_i \geq A \quad (2)$$

3.2 Зниження витрат праці за формулою (3):

$$\sum_{i=1}^n (b_i + \sum_{j=1}^{k_i} b_{ij} Y_{ij}) X_i \geq B \quad (3)$$

3.3 Додаткові капітальні витрати за формулою (4):

$$\sum_{i=1}^n (d_i + \sum_{j=1}^{k_i} d_{ij} Y_{ij}) X_i \geq D \quad (4)$$

Сукупність приведених вище обмежень у вигляді нерівностей і цільової функції є загальним формулюванням квазілінійного оптимізаційного завдання з обмеженнями.

Опис алгоритму

1. Перевіряється значення лічильників точок і спроб. Якщо хоч би один з них досяг максимального значення, то виконання програми припиняється.

2. Формується рівномірне випадкове число в діапазоні від 0 до максимального значення змінної.

Число формується  $N$  разів, де  $N$  – сумарна кількість основних і додаткових змінних. Максимальне значення змінної вибирається для відповідної змінної.

У результаті виходить точки у  $N$ -мірному просторі, координати якої не перевищують максимальне значення відповідної змінної.

3. Перевіряється приналежність точки області, в якій шукається рішення. Для цього координати підставляються у формули додаткових обмежень і, якщо всі нерівності стають істинними, точка належить області.

Інакше точка області не належить і відкидається. Лічильник точок при цьому не змінюється, лічильник спроб збільшується на одиницю.

4. Якщо точка належить області, розраховуються коефіцієнти цільової функції і обмежень для значень додаткових змінних з координат отриманої точки з області.

Квазілінійне завдання стає лінійним.

5. Вирішується отримана лінійна задача стандартним симплекс-методом. Формується рішення квазілінійної задачі, при цьому значення додаткових змінних беруться з координат точки, значення основних – з отриманого рішення. Визначається значення цільової функції для сформованого вирішення.

6. Розраховуються коефіцієнти цільової функції і обмежень для значень основних змінних з координат сформованого рішення. Квазілінійне завдання стає лінійним.

7. Вирішується отримане лінійне завдання стандартним симплекс-методом.

Формується рішення квазілінійної задачі, при цьому значення основних змінних беруться з попереднього рішення, значення додаткових – з отриманого рішення.

Визначається значення цільової функції для сформованого вирішення.

8. Якщо значення цільової функції, отримане на кроці 7 більше отриманого на кроці 5, як рішення береться рішення отримане на кроці 7, інакше і повторюються кроки з 4 по 7, при цьому як точка області для кроку 4 береться рішення отримане на кроці 7.

Інакше обробка точки області, отриманої по методу Монте-Карло припиняється.

9. Порівнюється значення цільової функції отримане на кроці 8 і максимальне значення цільової функції, отримане при обробці попередніх точок області.

Якщо останнє значення більше попереднього, як рішення береться точка, отримана на кроці 8 і максимальне значення цільової функції для цього рішення.

10. Здійснюється перехід на крок 1.

Аналіз рівнянь цільової функції і обмежень дозволяє зробити наступні висновки про властивості квазілінійного завдання.

1) Допустима область значень визначається як безліч точок в  $s = n + \sum_{i=1}^n k_i$ -мірному просторі.

Набір обмежень на основні і додаткові змінні формує  $s$ -мірний паралелепіпед в просторі.

2) Кожен доданок кожної додаткової нерівності є  $k_i + 1$ -мірну сідлоподібну поверхню в  $s$ -мірному просторі. Отже, сума таких поверхонь представляє вже  $s - 1$ -мірну сідлоподібну поверхню. Ця поверхня відсікає частину в  $s$ -мірному паралелепіпеді, перетин всіх частин напівпросторів і паралелепіпеда формують допустиму область рішень квазілінійної задачі. Межами

цієї області будуть частини сідловидних поверхонь і, в загальному випадку, площин, що обмежують паралелепіпед.

3) Цільова функція також є  $s$ -мірною сідловидною поверхнею, областю допустимих значень якої є область, описана в пункті 2.

Специфічний вид цільової функції дозволяє сформулювати деякі її властивості, що дозволяють визначити властивості рішення квазілінійної задачі (рис. 2).

Такими властивостями є безперервність, диференціювання, монотонність по кожній змінній і відсутність екстремумів.

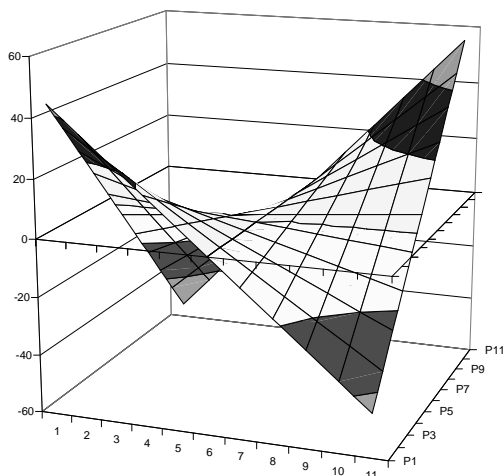


Рис. 2.  $s$  – 1-мірна сідловидна поверхня

Враховуючи перераховані властивості можна зробити висновок, що максимальне (мінімальне) значення цільової функції в допустимій області рішень знаходиться на межі допустимої області.

Ця властивість рішення квазілінійної задачі дозволяє застосувати для його знаходження послідовне знаходження рішення лінійної задачі (зафіксувавши частину змінних) симплекс-методом з подальшого коректування області рішень і зміни набору шуканих змінних.

Пропонується наступний алгоритм пошуку рішення:

Спочатку задаємо фіксовані значення додаткових змінних. При цьому коефіцієнти при основних змінних у цільової функції і додаткових обмежень стають константами і задача в цілому перетворюється на лінійну. Цю задачу вирішуємо стандартним симплекс-методом і знаходимо значення основних змінних, що доставляють максимум цільової функції в області, що є  $n$ -мірним перетином допустимої області

загального завдання при фіксованих значеннях додаткових змінних.

На наступному кроці фіксуємо знайдені значення основних змінних і перераховуємо коефіцієнти цільової функції і додаткових обмежень. Таким чином, квазілінійна задача знову перетворюється на лінійну на  $\sum_{i=1}^n k_i$ -мірному

перетині допустимої області при фіксованих значеннях основних змінних. Области, на яких шукається рішення на першому і другому кроках ортогональні.

Отриману таким чином лінійну задачу також вирішуємо стандартним симплекс-методом і знаходимо координати додаткових змінних, що доставляють максимум цільової функції.

Максимум, знайдений на другому кроці, не може бути менше максимуму на першому кроці, оскільки обидві області мають хоч би одну загальну точку (точку з координатами основних змінних, знайдених на першому кроці і координатами додаткових змінних, заданими початковою точкою).

Процедуру завершуємо, якщо максимуми на двох послідовних кроках відрізняються менше ніж на задану величину.

Знайдене рішення може не доставляти абсолютного максимуму, а зійтися в області локального. Для виключення подібних випадків використовується метод Монте-Карло для генерації початкової точки. Для кожної з них знаходиться максимум і з них вибирається абсолютний.

Точність і надійність даного методу залежить від щільності початкових точок в допустимій області.

Таким чином, модель пов'язує всі процеси в їх системній послідовності, а системотехнічний підхід дозволяє створити модель, що враховує «стики і нічийні зони».

При такому підході є видимою єдина логіка, єдиний почерк, єдиний погляд на стратегію і організацію вироблення і ухвалення рішень по впровадженню оптимальних об'ємів інноваційних заходів при будівельному виробництві

## Висновки

В результаті виконаного дослідження по розміщенню, розвитку і інтеграції виробництва запропонований новий підхід до розробки моделі у складі підготовки будівельного виробництва. З урахуванням чинників (інвестиції, мате-

ріальні потоки, трудові ресурси, інформація, фінансові ресурси) при розробці системи організаційно-технічного розвитку будівельного виробництва очікується результат ефективного розподілу і управління матеріальними, інформаційними і фінансовими потоками, що значною мірою визначає ефективність їх управління і необхідність скорочення тимчасових інтервалів між придбанням будівельних матеріалів і введенням об'єктів в експлуатацію.

Рішення поставленої задачі дозволить вибрати варіант організаційно-технічного розвитку виробництва, з урахуванням міжсистемних зв'язків при якому виконуються необхідні умови функціонування системи, – зниження матеріальних потоків (трудовитрат і собівартості БМР) при обмеженому об'ємі капітальних вкладень (фінансові потоки).

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Денисенко, М. П. Організація та проектування логістичних систем [Текст]: підручник / за ред. проф. М. П. Денисенка і ін. – К.: Цент учбової літератури, 2010. – 336 с.
2. Киевский, В. Г. Планирование технического развития строительства – на уровень новых задач [Текст] / В. Г. Киевский. – // Экономика стр-ва» – 1984. – № 11. – С. 8 – 12.
3. Логістика [Текст]: навч. посіб. / О. М. Трідід і ін. – К.: Знання, 2008. – 566 с.
4. Павлов, И. Д. Модели управления проектами [Текст]: учеб. пособие / И. Д. Павлов, А. В. Радкевич. – Запорожье, ГУ «ЗИГМУ», 2004. – 320 с.
5. Стаханов, В. Н. Логистика в строительстве [Текст]: учеб. Пособие / В. Н. Стаханов, Е. К. Ивакин. – М.: «Изд. Приор», 2001. – 176 с.

Надійшла до редколегії 25.09.2011.

Прийнята до друку 20.10.2011.