

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 658.5:69:[519.168]

І. А. АРУТЮНЯН<sup>1\*</sup>, М. Г. КОВАЛЕНКО<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Кафедра «Промислове та цивільне будівництво», Запорізький національний університет, пр. Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, 69006, тел. +38(066) 900 78 28, ел. пошта iranaarutunan@gmail.com, ORCID 0000-0002-5049-3742

<sup>2</sup> Кафедра «Промислове та цивільне будівництво», Запорізький національний університет, вул. Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, 69006, тел. +38(096) 076 00 59, ел. пошта kmg.zp.city@gmail.com, ORCID 0000-0002-8044-5792

### АЛГОРИТМ ТА МЕТОДИКА ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ МАТЕРІАЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ З ВРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ЧАСОВИХ ФАКТОРІВ

**Мета.** Складання алгоритму вирішення задачі забезпечення будівельних об'єктів матеріальними ресурсами з врахуванням впливу часових факторів в будівництві, для визначити цільової функції на транспортування будівельних матеріалів з врахуванням додаткових витрат. **Методика.** Аналіз наукових праць дає змогу сказати, що існуючі алгоритми вирішення задач забезпечення матеріальними ресурсами в повній мірі не охоплюють всіх детермінованих та недетермінованих факторів впливу будівельної галузі, що викликає необхідність у створенні нового алгоритму вирішення таких задач з врахуванням всіх особливостей будівельної галузі. **Результати.** Результатами даної роботи, є складання нового алгоритму та методики вирішення задач забезпечення будівельних об'єктів матеріальними ресурсами з врахуванням часових факторів. Даний алгоритм дає змогу визначити цільову функцію на забезпечення будівельних об'єктів матеріальними ресурсами, з врахуванням додаткових витрат від простою транспортної, будівельної чи обох організацій одночасно. **Наукова новизна.** Даний алгоритм та методика вирішення задач забезпечення будівельних об'єктів матеріальними ресурсами з врахуванням часових факторів розроблено вперше. **Практична значимість.** Даний алгоритм та методика дає змогу визначити реальну цільову функцію завдання постачання матеріальних ресурсів на будівельний об'єкт з додатковими витратами на простой.

**Ключові слова:** детерміновані фактори; недетерміновані фактори; транспортування; затримки в часі; будівництво; алгоритм; оптимізаційно-організаційні процеси

#### Вступ

При формулюванні цільової функції організаційно-технологічного завдання велику роль відіграє врахування всіх можливих факторів впливу на цільову функцію, оскільки саме цільова функція відображає збитки чи прибуток будівельної фірми (підприємства, організації).

Через випадкові та непередбачувані фактори та чинники можуть спричинити великі збитки як малому так і великому бізнесу будівельної галузі (Смирнова, 2008; Кузьмін, 2014; Косенко, 2017). Найчастіше перераховані фактори впливають на час, а саме викликають затримки, що в свою чергу створюють простой і як наслідок додаткові витрати будівельного виробництва.

У роботах (Коробов, 2002; Бронштейн, & Заико, 2010; Казаков, & Лемперт, 2011; Плотников, & Подвальний, 2012; Гладков, & Гладкова, 2014) були наведені алгоритми вирішення транспортних задач з врахуванням випадкових затримок в часі, але ці алгоритми є загальними,

і як наслідок, вони не відображають повної картини збитку від затримок в залежності від галузі будівельного комплексу та будівельної галузі в цілому.

У роботах (Кирнос, Залунин, & Дадиверина, 2005; Агуреев, Митюгин, & Пышный, 2014; Радкевич, & Арутюнян, 2014; Павлов, Полтавець, & Павлов, 2018) було розглянуто основні особливості будівельного комплексу при формуванні транспортних систем з врахуванням детермінованих та недетермінованих факторів.

#### Мета

Складання алгоритму вирішення задачі забезпечення будівельних об'єктів матеріальними ресурсами з врахуванням впливу часових факторів, за рахунок аналізу існуючих алгоритмів вирішення задач транспортування матеріалів, аналізу детермінованих та недетермінованих факторів впливу на постачання матеріалу у будівельному комплексі та враховуючи їх вплив на час транспортування визначити цільову фу-

нкцію на транспортування будівельних матеріалів з врахуванням додаткових витрат.

### Методика

Для визначення особливостей, що впливають на часові характеристики при складанні задач з транспортування матеріалів у будівельному комплексі, слугували наукові роботи авторів Павлов І. Д., Агурєєв І. Є., Радкевич А. В., Мітюгін В. А., Пишний В. А., де було розглянуто детерміновані та недетерміновані фактори, що явно чи неявно впливають на часові характеристики задач.

Платформою для складання алгоритму (методики) вирішення задачі забезпечення будівельних об'єктів матеріальними ресурсами з врахуванням впливу часових факторів (характеристик), слугували вже існуючі алгоритми вирішення задач з транспортування матеріалів, які були наведені в наукових роботах авторів Косенко О. В., Гладков Л. А., Александров А. Е., Бронштейн Е. М. та ін.

Але зважаючи на особливості будівельної галузі, наведені алгоритми не можуть в повній мірі врахувати вплив факторів затримки в часі. Саме не здатність існуючих алгоритмів вирішити поставлене питання слугувало основою для розробки нового алгоритму вирішення задач забезпечення будівельних об'єктів матеріалами з врахуванням впливу часових факторів.

Існуючі алгоритми вирішення задач з забезпечення матеріальними ресурсами з врахуванням впливу часових факторів (характеристик) в повній мірі не можуть враховувати особливостей кожної галузі.

Окрім різниці в основних детермінованих та недетермінованих факторах, будівельна галузь має свої часові обмеження в залежності від матеріалу, типи роботи чи характеристик машин та механізмів. Так, затримка постачання бетонної суміші, може викликати втрату неї необхідної пластичності, що унеможливить її використання в бетононасосі і, як наслідок, спричинить великі збитки.

В даній статті буде складено новий алгоритм вирішення задач з забезпечення будівельних об'єктів матеріальними ресурсами з врахування часових факторів (характеристик), за допомогою якого, можливо більш повно оцінити збитки від простою, затримок та втрати будівельних матеріалів.

### Результати

В роботах (Левин, 2012; Арутюнян, & Коваленко, 2019) було розглянуто основні детерміновані та недетерміновані фактори, що можуть впливати на складання математичної моделі задач оптимізаційно-організаційних процесів в будівництві.

Для того, щоб визначити вплив кожного фактору на цільову функцію, при транспортуванні матеріальних ресурсів до будівельного об'єкту, необхідно розглядати кожний класифікований фактор окремо. В даній статті буде розглянуто вплив затримки в часі при транспортуванні матеріальних ресурсів на цільову функцію вартості будівельного об'єкту.

Згідно Левину (2012) частина факторів, що впливають на час транспортування можуть бути віднесені як до детермінованих, так і до недетермінованих.

До детермінованих факторів відносяться: час очікування в черзі, навантаження та розвантаження, оформлення документів та ін.), кількість перевезень на один транспортний засіб (при збільшенні кількості доставок, важко прорахувати час, від першого до другого споживача і до останнього).

До недетермінованих факторів відносяться: поломки транспорту; аварії; погодні умови; при великих відстанях транспортування заздалегідь дуже важко визначити стан дороги; час завантаження та розвантаження; час який транспорт перебуває у споживача після розвантаження; простой через невивлати; поломки машин та механізмів; неякісні матеріали; затримки в субпідрядних організаціях; затримка та залежність від державних органів (акт на відкриття будівництва, органи мереж електро- та газопостачання); корегування проектно-кошторисної документації в залежності від вибраних матеріалів або побажань замовника.

Нехай час транспортування матеріалу в загальному вигляді буде  $t_I$ , тоді час транспортування в певний проміжок буде  $\tau_{ij}(t_I)$  з початком в точці  $\tau_i$  та кінцем в точці  $\tau_j$ . Оскільки час транспортування матеріалу впливають різні фактори, позначмо  $\varphi_{ij}(t_I)$  як випадковий проміжок часу, який в залежності від різних чинників може змінювати знак. Тоді загальний розкид в часі в певний проміжок матиме вигляд лінійної функції  $\tau_{ij}(t_I) \pm \varphi_{ij}(t_I)$ . У першому випадку, коли

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

$\tau_{ij}(t_1) + \varphi_{ij}(t_1)$ , функція матиме залежність затримки, тобто збільшення часу транспортування і як наслідок додаткові витрати на простой будівельної організації. У другому випадку, коли  $\tau_{ij}(t_1) - \varphi_{ij}(t_1)$ , функція матиме залежність раннього прибуття, тобто виникають додаткові витрати на затримку транспорту.

Також необхідно враховувати, що є певні обмеження на максимальний ( $t_{\max}$ ) та мінімальний ( $t_{\min}$ ) час транспортування будівельних матеріалів. Це пов'язано з особливістю будівельної галузі, оскільки, наприклад, при запізненні транспортування бетонної суміші, вона може втратити необхідну пластичність, і її доставка через бетононасос унеможливується. І навпаки, не можна привезти бетонну суміш раніше зведеної опалубки, оскільки може виникнути затримка на возведення опалубки, і бетонна суміш буде стояти в міксері, що знову ж таки може призвести до втрати бетонної суміші необхідних характеристик.

Графік характерної функції  $\tau_{ij}(t_1) \pm \varphi_{ij}(t_1)$  показано на рис. 1.

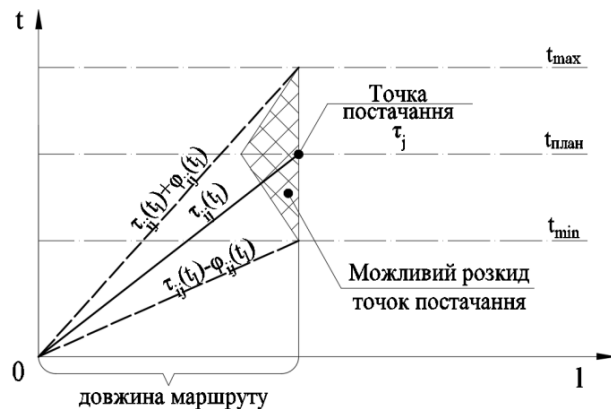


Рис. 1. Графік функції  $\tau_{ij}(t_1) \pm \varphi_{ij}(t_1)$

Проаналізувавши графік функції  $\tau_{ij}(t_1) \pm \varphi_{ij}(t_1)$ , виникають наступні обмеження: час транспортування будівельного матеріалу не повинен перевищувати  $t_{\max}$  та не бути меншим ніж  $t_{\min}$ .

$$\tau_{ij}(t_1) + \varphi_{ij}(t_1) \leq t_{\max} \quad (1)$$

$$\tau_{ij}(t_1) - \varphi_{ij}(t_1) \geq t_{\min} \quad (2)$$

Оскільки кінцева точка транспортування будівельних матеріалів  $\tau_j$  є також точкою початку робіт, є можливість затримки початку будівельних робіт і як наслідок додаткові витрати на простой працівників, через що виникає необхідність розглянути можливий розкид точок

початку використання будівельних матеріалів. Нехай час виконання будівельних робіт в загальному вигляді буде  $t_2$ , тоді час виконання робіт в певний проміжок буде  $\tau_{j+1,j+n}(t_2)$  з початком в точці  $\tau_{j+1}$  та кінцем в точці  $\tau_{j+n}$ . Відхилення від графіку в часі виконання робіт позначмо як  $\omega_{ij}$ , яке в залежності від кінцевої точки часу транспортування матеріалів може змінювати знак. Тоді максимальний та мінімальний початок робіт буде в діапазоні  $\tau_{j+1,j+n}(t_2) \pm \omega_{j+1,j+n}(t_2)$ . Коли функція матиме вид  $\tau_{j+1,j+n}(t_2) + \omega_{j+1,j+n}(t_2)$  виникає необхідність у додаткових витратах на простій працівників, а коли функція матиме вигляд  $\tau_{j+1,j+n}(t_2) - \omega_{j+1,j+n}(t_2)$  виникатиме необхідність у додаткових витратах на простій транспорту. Графік функції  $\tau_{j+1,j+n}(t_2) \pm \omega_{j+1,j+n}(t_2)$  показано на рис. 2.

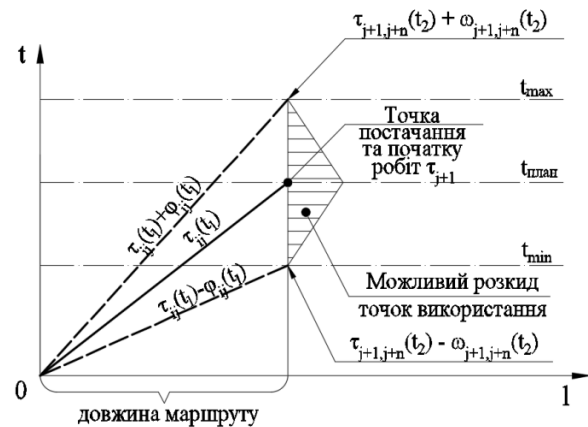


Рис. 2. Графік можливого розкиду точок використання  $\tau_{ij}(t) \pm \omega_{ij}(t)$

При цьому обмеження на час початку робіт такий же як і для постачання:

$$\tau_{j+1,j+n}(t_2) + \omega_{j+1,j+n}(t_2) \leq t_{\max} \quad (3)$$

$$\tau_{j+1,j+n}(t_2) - \omega_{j+1,j+n}(t_2) \geq t_{\min} \quad (4)$$

Як видно з графіку є залежність, а саме перетин, кінцевих точок транспортування матеріалів та точок початку виконання будівельних робіт. Виходячи з цього можливо зробити висновок, що максимальна кількість точок перетину буде знаходитися відповідно до графіку постачання та виконання робіт, а мінімальна кількість біля максимального та мінімального часу транспортування. Якщо можливі точки перетину, при яких втрати від простою будуть мінімальні, будуть випадки розбіжності кінцевої точки транспортування та точок початку робіт.

Розглянемо можливі випадки перетину кінцевих точок транспортування та точок початку робіт, для визначення найбільших та найменших збитків від простою будівельної або транспортної організації. Відповідно до Александрова, & Якушева (2006) можливо чотири випадки перетину:

1) постачання матеріалу з запізненням та ранній початок робіт, графік виконання робіт опережає запланований (витрати від простою будівельної організації будуть приближатися до максимуму). Графік залежності від постачання з запізненням та раннього початку робіт показано на рис. 3;

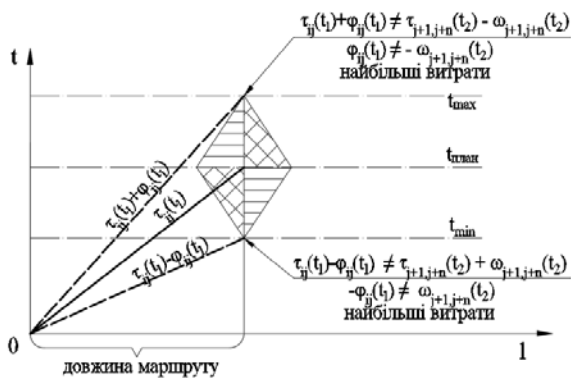


Рис. 3. Графік розбіжності точок кінця постачання матеріалів та початку робі

2) раннє постачання матеріалу та пізній початок виконання робіт (витрати від простою транспортної організації будуть приближатися до максимуму). Транспортування будівельних матеріалів була виконана раніше запланованого, а графік виконання робіт йде з відставанням. Графік залежності від раннього постачання та початку робіт з запізненням (див. рис. 3);

3) постачання матеріалу з запізненням та початок робіт з запізненням (витрати при запізненні постачання будівельних матеріалів будуть приближатися до мінімуму). Графік залежності від постачання матеріалу з запізненням та пізній початок робіт показано на рис. 4;

4) раннє постачання матеріалу та ранній початок робіт (витрати від простою транспортної організації будуть приближатися до мінімуму).

Графік залежності від ранньої доставки та раннього використання будівельного матеріалу показано на рис. 4.

Проаналізувавши графіки можливо сказати наступне: якщо транспортування матеріалу та

початок робіт виконуються за планом, то втрати при цьому будуть приближатися до нуля; якщо відставання або випередження графіку відбувається одночасно (перетин точок), то втрати також будуть приближатися до нуля; якщо є розбіжності в точках постачання і початку робіт то втрати будуть наблизитися до максимуму.

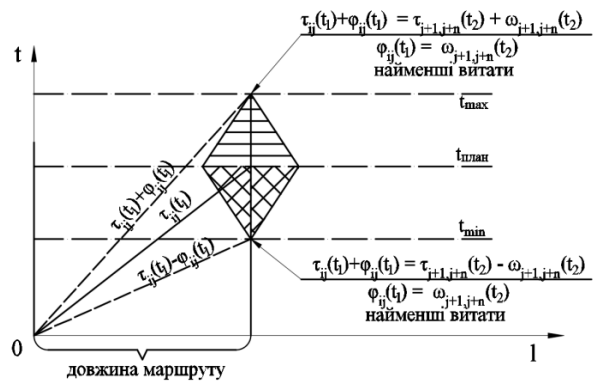


Рис. 4. Графік перетину точок кінця постачання матеріалів та початку робіт

Визначимо цільову функцію витрат на постачання матеріалу та роботу по ньому без витрат на затримку в часі:

$$L(x) = c_1 \cdot u + c_2 \cdot u \cdot t_{ij} +$$

$$+ c_3 \cdot \tau_{j,j+1} \cdot u \rightarrow \min;$$

$$\tau_{i,j} \in t_1;$$

$$\tau_{j,j+1} \in t_2,$$

де  $c_1$  – вартість матеріалу;  $c_2$  – вартість транспортування за одиницю часу;  $c_3$  – витрати на заробітну плату працівникам за одиницю часу;  $u$  – кількість поставок та кількість роботи по ним.

Вартість транспортування за одиницю часу ( $c_2$ ) та витрати на заробітну плату працівникам за одиницю часу ( $c_3$ ) нам відомо завчасно, оскільки перші витрати нам диктує транспортна організація, а другі витрати визначає сама будівельна організація.

Визначимо цільову функцію витрат на постачання матеріалу та роботу по ньому з додатковими витратами на затримку в часі:

$$L_1(x) = c_1 \cdot u + c_2 \cdot u \cdot (t_{ij} + \varphi_{ij}) +$$

$$+ c_3 \cdot (\tau_{j+1,j+n} - \omega_{j+1,j+n}) \cdot u \rightarrow \min;$$

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

$$L_2(x) = c_1 \cdot u + c_2 \cdot u \cdot (t_{ij} - \varphi_{ij}) + c_3 \cdot (\tau_{j+1, j+n} + \omega_{j+1, j+n}) \cdot u \rightarrow \min; \quad (9)$$

$$L_3(x) = c_1 \cdot u + c_2 \cdot u \cdot (t_{ij} + \varphi_{ij}) + c_3 \cdot (\tau_{j+1, j+n} + \omega_{j+1, j+n}) \cdot u \rightarrow \min; \quad (10)$$

$$L_4(x) = c_1 \cdot u + c_2 \cdot u \cdot (t_{ij} - \varphi_{ij}) + c_3 \cdot (\tau_{j+1, j+n} - \omega_{j+1, j+n}) \cdot u \rightarrow \min; \quad (11)$$

$$L_1(x) > L_3(x); \quad L_4(x); \quad (12)$$

$$L_2(x) > L_3(x); \quad L_4(x); \quad (13)$$

$$\tau_{ij} \in t_1; \quad (14)$$

$$\tau_{j+1, j+n} \in t_2. \quad (15)$$

Оскільки в нас існує чотири можливих випадки перетину і розбігу точок транспортування та початку робіт, то виникає чотири цільових функцій. При чому всі функції приближаються до мінімуму, оскільки замовник намагатиметься заплатити як найменше, але потрібно зазначити, що функції  $L_1(x)$  та  $L_2(x)$  більші ніж функції  $L_3(x)$  та  $L_4(x)$ .

Якщо враховувати перетин точок постачання матеріалу та початку робіт, то можливо сказати, що:

$$L_3(x) > L(x); \quad (16)$$

$$L_4(x) < L(x). \quad (17)$$

З чого можливо зробити висновок, що в залежності від виду затримки та різних чинників, алгоритм вирішення задач з транспортування будівельних матеріалів в лінійній постановці може змінюватися. В загальному вигляді алгоритм матиме наступний вигляд:

1) визначаємо вихідні дані (вартість матеріалу; вартість транспортування за одиницю часу; витрати на заробітну плату працівникам за одиницю часу; кількість поставок та кількість роботи; максимальний, мінімальний та запланований час роботи);

2) визначаємо фактичний кінцевий час транспортування;

3) якщо фактичний час кінцевий транспортування відрізняється від запланованого, знаходимо різницю запланованого та фактичного кінцевого часу, і визначаємо який знак має фактичний кінцевий час прибуття матеріалу (затримка чи випередження);

4) визначаємо фактичний час початку робіт;

5) якщо фактичний час початку робіт відрізняється від запланованого, знаходимо різницю запланованого та фактичного часу початку робіт (затримка чи випередження);

якщо фактичний час початку робіт відрізняється від запланованого, знаходимо різницю запланованого та фактичного часу початку робіт, і визначаємо який знак має фактичний час початку робіт (затримка чи випередження);

6) визначаємо різницю між фактичним часом кінця транспортування та фактичного часу початку робіт (якщо значення приближається до нуля, має місце перетину; якщо значення більше або менше нуля, має місце розбігу);

7) в залежності від отриманого результату різниці між фактичним часом кінця транспортування та фактичного часу початку робіт, обираємо формулу визначення цільової функції;

8) визначаємо цільову функцію з додатковими витратами на затримки в часі.

Блок-схема алгоритму вирішення задач з транспортування будівельних матеріалів в лінійній постановці показана на рис. 5.

### Наукова новизна та практична значимість

Полягає у розробці вирішення задачі з забезпечення будівельних об'єктів матеріальними ресурсами з врахуванням часових факторів, що дає змогу більш повно визначити цільову функцію на транспортування будівельних матеріалів, з врахуванням витрат (втрати) грошових коштів від простою як транспортної, так і будівельної організації.

### Висновки

Проаналізувавши детерміновані та недетерміновані фактори, що впливають на час транспортування будівельних матеріалів до об'єктів, був розроблений алгоритм вирішення задач на постачання матеріалів, який враховує перераховані фактори та може відобразити на цільовій функції втрати від простою як будівельної так і транспортної організації. Що в цілому дає злагодувальну співпрацю будівельного комплексу.

До переваг розробленого алгоритму можна прирахувати:

1. Відносно простий і дає можливість без великих зусиль (знань) визначити втрати від затримки на транспортування будівельних матеріалів.

2. Алгоритм враховує як затримку транспортної організації так і затримку будівельної організації.

До недоліків даного алгоритму необхідно віднести наступне:

1. Початкові дані можуть змінюватися в залежності від прийнятої транспортної організації (вартість транспортування, час, кількість),

що вимагає повторного перерахування цільової функції.

2. Велика кількість цільових функцій, вибір яких залежить від початкових даних, що дає можливість виконати помилку на людському рівні.

3. Досить велика кількість операцій для вирішення вибору формули цільової функції.

Проаналізувавши недоліки і переваги, можливо сказати, що дану задачу можливо вирішити не тільки в лінійній постановці, а й в динамічній. Склавши алгоритм в стохастичній чи інтервальной постановці дасть змогу уникнути всіх перерахованих недоліків, але ускладнить саму суть постановки даної задачі.

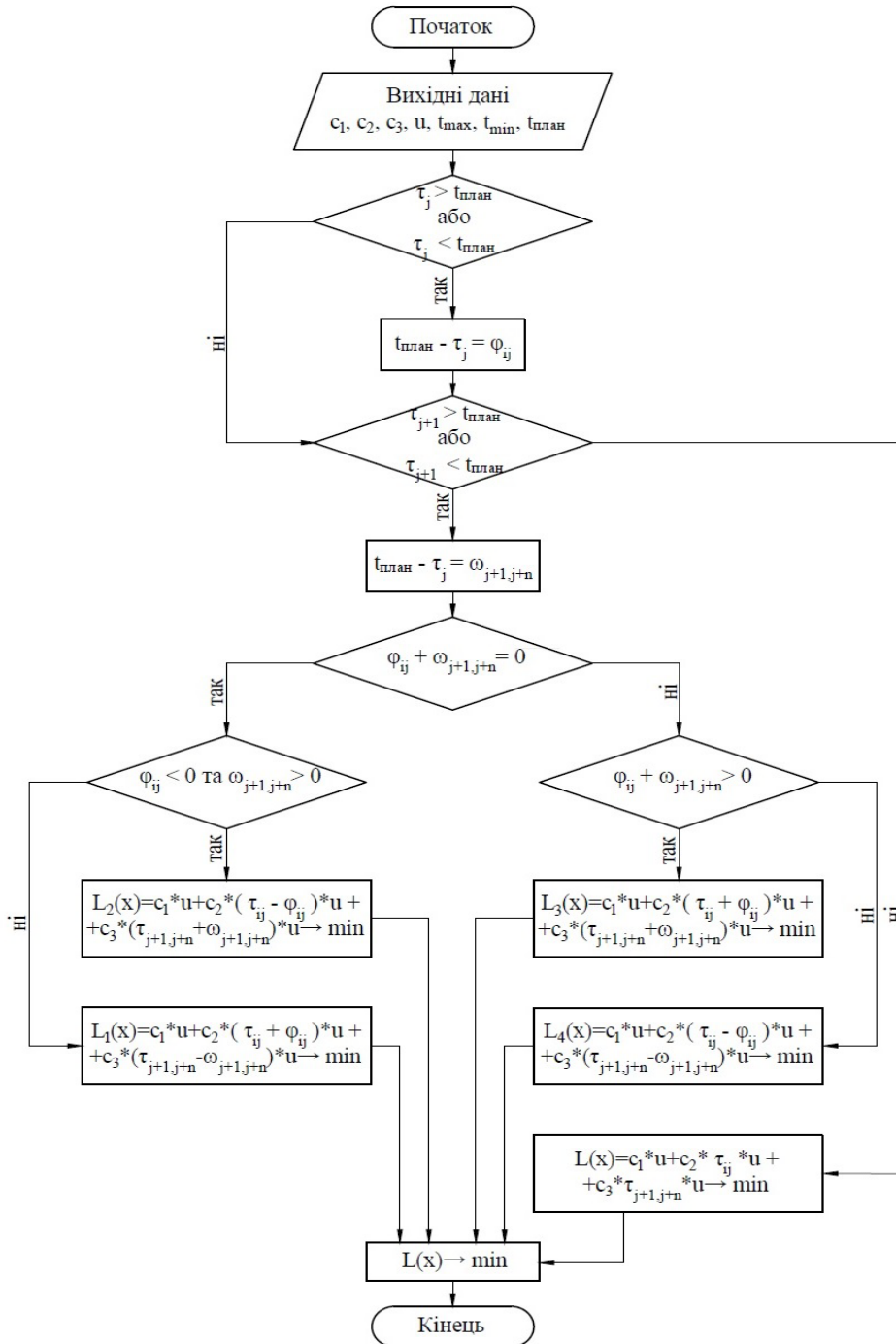


Рис. 5. Блок-схема алгоритму вирішення задач з транспортування будівельних матеріалів в лінійній постановці з затримкою в часі

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Агуреев, И. Е., Митюгин, В. А., & Пышный, В. А. (2014). Подготовка и обработка исходных данных для математического моделирования автомобильных транспортных систем. *Известия ТулГУ. Технические науки*, 119-127.
- Александров, А. Э., & Якушев, Н. В. (2006). Стохастическая постановка динамической транспортной задачи с задержками с учетом случайного разброса времени доставки и времени потребления. *Управление большими системами*, 5-14.
- Арутюнян, И. А., & Коваленко, М. Г. (2019). Особливості програмування задач оптимізаційно-організаційних процесів в будівництві за рахунок логістичних методів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин зб. наук. праць*, 39, 1, 114-119.
- Бронштейн, Е. М., & Заико, Т. А. (2010). Детерминированные оптимизационные задачи транспортной логистики. *Автоматика и телемеханика*, 10, 133-147.
- Гладков, Л. А., & Гладкова, Н. В. (2014). Особенности и новые подходы к решению динамических транспортных задач с ограничением по времени. *Известия ЮФУ. Технические науки*, 178-187.
- Казаков, А. Л., & Лемперт, А. А. (2011). Об одном подходе к решению задач оптимизации, возникающих в транспортной логистике. *Автоматика и телемеханика*, 7, 50-57.
- Кирнос, В. М., Залуин, В. Ф., & Дадиверина, Л. Н. (2005). *Организация строительства*. Днепропетровск: Пороги.
- Косенко, О. В. (2017). *Разработка методов и алгоритмов решения многоиндексных распределительных задач в условиях неопределенности* (Дис. канд. техн. наук). Институт радиотехнических систем и управления, Таганрог.
- Коробов, П. Н. (2002). *Математическое программирование и моделирование экономических процессов*. Санкт-Петербург: СПбГЛТА.
- Кузьмин, Е. А. (2014). Феномен неопределенности в экономических теориях и концепциях. *Вестник НГУЭУ*, 2, 18-36.
- Левин, В. И. (2012). Методы оптимизации систем в условиях интервальной неопределенности параметров. *Информационные технологии*, 4, 52-59.
- Павлов, І. Д., Полтавець, М. О., & Павлов, Ф. І. (2018). Системологічне управління виробничими системами в будівництві. *Наукові вісті Дніпровського університету* (електронне наукове фахове видання), Северодонецьк, 14. URL: [https://nvdu.000webhostapp.com/архив/2018\\_14/pdf/12.pdf](https://nvdu.000webhostapp.com/архив/2018_14/pdf/12.pdf)
- Плотников, О. А., & Подвальный, Е. С. (2012). Разработка математического алгоритма для решения задач оптимального планирования грузоперевозок. *Вестник Воронежского государственного технического университета*, 8, 10.1, 19-24.
- Радкевич, А. В., & Арутюнян, И. А. (2014). Організація системи матеріального забезпечення будівництва. *Наука та прогрес транспорту*, 3 (51), 146-159.
- Смирнова, К. А. (2008). Понятие неопределенности экономических систем и подходы к ее оценке. *Вестник МГТУ*, 11(2), 241-246.

И. А. АРУТЮНЯН<sup>1\*</sup>, М. Г. КОВАЛЕНКО<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Кафедра «Промышленного и гражданского строительства», Запорожский национальный университет, пр. Соборный, 226, Запорожье, Украина, 69006, тел. +38(066) 900 78 28, эл. почта iranaarutunan@gmail.com, ORCID 0000-0002-5049-3742

<sup>2</sup>Кафедра «Промышленного и гражданского строительства», Запорожский национальный университет, пр. Соборный, 226, Запорожье, Украина, 69006, тел. +38(096) 076 00 59, эл. почта kmg.zp.city@gmail.com, ORCID 0000-0002-8044-5792

## АЛГОРИТМ И МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ МАТЕРИАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕННЫХ ФАКТОРОВ

**Цель.** Составление алгоритма решения задачи обеспечения строительных объектов материальными ресурсами с учетом влияния временных факторов в строительстве, для определения целевой функции на транспортировку строительных материалов с учетом дополнительных затрат. **Методика.** Анализ научных работ позволяет сказать, что существующие алгоритмы решения задач обеспечения материальными ресурсами в полной мере не охватывают всех детерминированных и недетерминированных факторов влияния строительной отрасли, что вызывает необходимость в создании нового алгоритма решения таких задач с учетом всех особенностей строительной отрасли. **Результаты.** Результатами данной работы, является составление нового алгоритма решения задач по обеспечению строительных объектов материальными ресурсами

сами с учетом временных факторов. Данный алгоритм позволяет определить целевую функцию на обеспечение строительных объектов материальными ресурсами, с учетом дополнительных расходов от простоя транспортной, строительной или обеих организаций одновременно. **Научная новизна.** Данный алгоритм решения задач по обеспечению строительных объектов материальными ресурсами с учетом временных факторов разработан впервые. **Практическая значимость.** Данный алгоритм позволяет определить реальную целевую функцию на поставку материальных ресурсов на строительный объект с дополнительными расходами на простои.

*Ключевые слова:* детерминированные факторы; недетерминированные факторы; транспортировки; задержки во времени; строительство; алгоритм; оптимизационно-организационные процессы

I. A. ARUTYUNYAN<sup>1\*</sup>, M. G. KOVALENKO<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Department of Industrial and Civil Engineering, Zaporizhzhya National University, Sobornyj ave., 226, Zaporizhzhya, Ukraine, 69006, tel. +38(066) 900 78 28, e-mail iranaarutunan@gmail.com, ORCID 0000-0002-5049-3742

<sup>2</sup> Department of Industrial and Civil Engineering, Zaporizhzhya National University, Sobornyj ave., 226, Zaporizhzhya, Ukraine, 69006, tel. +38(066) 900 78 28, e-mail iranaarutunan@gmail.com, ORCID 0000-0002-5049-3742

## AN ALGORITHM AND TECHNIQUE FOR SOLVING THE PROBLEM OF PROVIDING CONSTRUCTION OBJECTS WITH MATERIAL RESOURCES, TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF TIME FACTORS

**Purpose.** Drawing up an algorithm for solving the problem of providing construction objects with material resources, taking into account the influence of temporary factors in construction, to determine the target function for the transportation of building materials, taking into account additional costs. **Methodology.** An analysis of scientific works allows us to say that the existing algorithms for solving problems of providing material resources do not fully cover all deterministic and non-determinant factors of influence of the construction industry, which necessitates the creation of a new algorithm for solving such problems, taking into account all the features of the construction industry. **Findings.** The results of this work are an analysis of existing deterministic and non-deterministic factors, on the basis of which a schedule of possible points of the final delivery of building materials was compiled, taking into account these factors. The maximum, minimum and planned transportation time are determined based on the analysis of the construction industry. The schedule of possible starting points of the construction industry is drawn up, because due to deterministic and non-deterministic factors, the starting point of the works can take on larger values than planned, and the possible advance of the schedule should be taken into account. On the basis of these two graphs, it was possible to draw up the graphs of the possible intersection and running of the points of final supply of materials and the points of beginning of work. Analyzing the schedules, it was determined that when the delivery points and the start of works are taken up, the costs of simple transport and construction organizations will be close to the maximum, and at their intersection, they will be reduced to a minimum. As a result, a new algorithm and method for solving the problems of providing construction objects with material resources, taking into account time factors, was compiled. This algorithm allows you to determine the objective function of providing construction objects with material resources, taking into account the additional costs of idle transport, construction or both organizations at the same time. **Originality.** This algorithm for solving problems of providing construction objects with material resources, taking into account time factors, was developed for the first time. **Practical value.** This algorithm allows you to determine the real objective function for the supply of material resources to a construction site with additional costs for downtime.

*Keywords:* deterministic factors; non-deterministic factors; transportation; time delays; construction; algorithm; optimization and organizational processes

### REFERENCES:

- Agureev, I. E., Mitjugin, V. A., & Pyshnyj, V. A. (2014). Podgotovka i obrabotka ishodnyh dannyh dlja matematicheskogo modelirovaniya avtomobil'nyh transportnyh sistem. *Izvestija TulGU. Tehnicheskie nauki*, 119-127. (in Russian)
- Aleksandrov, A. Je., & Jakushev, N. V. (2006). Stohasticheskaja postanovka dinamicheskoy transportnoj zadachi s zaderzhkami s uchetom sluchajnoho razbrosa vremeni dostavki i vremeni potreblenija. *Upravlenie bol'shimi siste-*



## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

*mami*, 5-14. (in Russian)

Arutjunjan, I. A., & Kovalenko, M. Gh. (2019). Osoblyvosti proqramuvannja zadach optymizacijno-orghanizacijnykh procesiv v budivnyctvi za rakhunok loghistrychnykh metodiv. *Shljakhy pidvyshhennja efektyvnosti budivnyctva v umovakh formuvannja rynkovykh vidnosyn zb. nauk. pracj*, 39, 1, 114-119. (in Ukrainian)

Bronshtejn, E. M., & Zaiko, T. A. (2010). Determinirovannye optimizacionnye zadachi transportnoj logistiki. *Avtomatika i telemehanika*, 10, 133-147. (in Russian)

Bronshtejn, E. M., & Zaiko, T. A. (2010). Determinirovannye optimizacionnye zadachi transportnoj logistiki. *Avtomatika i telemehanika*, 10, 133-147. (in Russian)

Gladkov, L. A., & Gladkova, N. V. (2014). Osobennosti i novye podhody k resheniju dinamicheskikh transportnyh zadach s ogranicheniem po vremeni. *Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki*, 178-187. (in Russian)

Kazakov, A. L., & Lempert, A. A. (2011). Ob odnom podhode k resheniju zadach optymizacii, vznikajushhix v transportnoj logistike. *Avtomatika i telemehanika*, 7, 50-57. (in Russian)

Kirnos, V. M., Zalunin, V. F., & Dadiverina, L. N. (2005). *Organizacija stroitel'stva*. Dnepropetrovsk: Porogi. (in Russian)

Kosenko, O. V. (2017). *Razrabotka metodov i algoritmov reshenija mnogoindeksnyh raspredelitel'nyh zadach v uslovijah neopredelennosti* (Dis. kand. tehn. nauk). Institut radiotekhnicheskikh sistem i upravlenija, Taganrog. (in Russian)

Korobov, P. N. (2002). *Matematicheskoe programmirovanie i modelirovanie jekonomicheskikh processov*. Sankt-Peterburg: SPbGLTA. (in Russian)

Kuz'min, E. A. (2014). Fenomen neopredelennosti v jekonomicheskikh teorijah i koncepcijah. *Vestnik NGUJeU*, 2, 18-36. (in Russian)

Levin, V. I. (2012). Metody optymizacii sistem v uslovijah interval'noj neopredelennosti parametrov. *Informacionnye tehnologii*, 4, 52-59. (in Russian)

Pavlov, I. D., Poltavecj, M. O., & Pavlov, F. I. (2018). Systemologhichne upravlinnja vyrobnychymy systemamy v budivnyctvi. *Naukovi visti Daliv'sjkogho universytetu* (elektronne naukove fakhove vydannja), Sjevjerodonecjk, 14. URL: [https://nvdu.000webhostapp.com/arxiv/2018\\_14/pdf/12.pdf](https://nvdu.000webhostapp.com/arxiv/2018_14/pdf/12.pdf). (in Ukrainian)

Plotnikov, O. A., & Podval'nyj, E. S. (2012). Razrabotka memeticheskogo algoritma dlja reshenija zadach optimal'nogo planirovanija gruzoperevozok. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, 8, 10.1, 19-24. (in Russian)

Radkevych, A. V., & Arutjunjan, Y. A. (2014). Orghanizacija systemy material'nogho zabezpečennja budivnyctva. *Nauka ta prohres transportu*, 3 (51), 146-159. (in Ukrainian)

Smirnova, K. A. (2008). Ponjatje neopredelennosti jekonomicheskikh sistem i podhody k ee ocenke. *Vestnik MGTU*, 11(2), 241-246. (in Russian)

Надійшла до редколегії 26.03.2020.

Прийнята до друку 24.04.2020.