

**УДК 519.8+658.8**

**М. Дацко, канд. екон. наук, доцент**

Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна

**С. Квасній**

Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна

## **МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ НАФТОПРОДУКТІВ У МЕРЕЖІ АЗС**

**M. Datsko Ph.D, Assoc. Prof.**

Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine

**S. Kvasnii**

Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine

## **MODELING OF TRANSPORT LOGISTICS OF PETROLEUM PRODUCTS IN THE GAS STATION NETWORK**

Конкуренція на ринку роздрібної торгівлі нафтопродуктами спонукає до пошуку методів підвищення ефективності діяльності підприємств – операторів ринку. Значну частку загальних витрат мереж автомобільних заправних станцій та комплексів (АЗС, або АЗК), складають транспортні витрати. Використання апарату математичного моделювання дозволяє оптимізувати транспортні витрати зокрема та загальні витрати в цілому.

Зменшення витрат, пов'язане з вантажними перевезеннями, зменшенням запасів на нафтобазах, доставкою продукції покупцям на АЗК у потрібний час і в необхідній кількості. З огляду на це, значна увага операторів ринку роздрібного продажу нафтопродуктів зосереджена на розробку та дослідження алгоритмів оптимізації діяльності певних елементів логістичної системи мережі АЗС таким чином, щоб досягти зниження операційних витрат мережі на логістику при забезпеченні високого рівня обслуговування клієнтів.

Оптимізацію доставки палива до АЗС розглядають на основі різноманітних підходів, зокрема, як багатоетапну задачу поповнення запасів палива з урахуванням обмежень, властивих для даної предметної області, та пропонують до застосування евристичні алгоритми[1-3].

Мережа автозаправних комплексів в Україні нараховує близько 2500 АЗС, серед яких майже половина належить найбільшим операторам ринку (група АЗК «Приват»: Укрнафта, Авіас, АНП; нафтотрейдери «ВОГ», «ОККО», «БРСМ-Нафта» та ін.). В той же час, до війни ця кількість становила більше 6500 АЗК[4]. В окремих регіонах здійснюють свою діяльність місцеві оператори ринку.

Моделювання транспортної логістики всієї мережі АЗС з декількома нафтобазами, багатьма пунктами перевалки нафтопродуктів на шляху доставки нафтопродуктів від постачальника до нафтобази є складною задачею, тому надалі розглядається лише ділянка логістичного ланцюга «нафтобаза – АЗС».

Моделювання логістичної системи транспортного обслуговування мережі АЗС полягає у постановці та вирішенні двох пов'язаних задач: задачі управління запасами та транспортної задачі.

Мережа АЗС як підприємство здійснює такі види діяльності[5]:

1. Закуповує моторне паливо (зокрема, бензини та дизельне паливо) у переробних підприємств на певних умовах постачання;
2. Здійснює розподілення закупленого палива між власними або орендованими нафтобазами;

3. За допомогою судноплавного, автомобільного або залізничного транспорту здійснює доставку закупленого палива від пункту, передбаченого контрактом, до сховищ нафтопродуктів (нафтобаз);

4. Забезпечує процес зберігання палива на нафтових базах, а також його розподілення між АЗС мережі, котрі «прив'язані» до даної нафтобази;

5. Здійснює роздрібний продаж світлих нафтопродуктів;

6. Контролює наявність достатньої для діяльності кількості палива кожного виду на кожній АЗС мережі, а також у пунктах складування – нафтобазах.

Постачання нафтопродуктів на АЗС полягає у визначенні маршрутів доставки з найнижчою ціною до множини станцій, які повинні бути забезпечені один раз гетерогенним парком транспортних засобів (тобто один транспортний засіб може лише раз відвідати АЗС), з урахуванням ряду обмежень. Витрати на доставку складаються зі ставки, пропорційної пробігу, і фіксованої частини. Оскільки секції напівпричепа не обладнані рівнеміром, під час зливу палива в резервуар АЗС відсік бензовоза має бути злитий повністю. Крім того, передню частину кожного причепа необхідно зливати останньою, щоб забезпечити більшу стабільність транспорту під час руху. Додатково встановлюється обмеження на тривалість будь-якої поїздки.

Ця задача відрізняється від більшості проблем маршрутизації транспортних засобів через наявність відсіків, які можуть вмістити лише один вид продукту. Відсутність рівнемірів означає, що вміст відсіку не може бути розділено між кількома АЗС. У певному сенсі така задача є складнішою, ніж стандартні задачі маршрутизації, але в той же час обмеження на відвідування максимум двох АЗС за один прохід, дещо спрощує загальну постановку [1].

Нехай,  $V = \{1, \dots, n\}$  – множина АЗС, що мають бути відвідані. Відповідно, задана матриця вартості перевезень розмірністю  $n \times n$ . Мінімальна і максимальна потреба у постачанні кожного виду нафтопродуктів є відомими. Усі АЗС мають бути відвідані, проте для певних видів продукції мінімальна потреба може дорівнювати 0. Доступний необмежений парк транспортних засобів, і завжди існує транспортний засіб, у який може поміститися мінімальний обсяг потреби будь-якої станції.

$S \subseteq V$  – підмножина АЗС, а  $K(S)$  – набір транспортних засобів, що здатні забезпечити потребу цієї підмножини станцій  $S$ .

$d_{S,k}$  – вартість використання транспортного засобу  $k \in K(S)$  для об'їзду АЗС підмножини  $S$ .

$x_S$  – бінарна змінна, що дорівнює 1 коли всі АЗС підмножини  $S$  обслуговуються одним транспортним засобом, і 0 – в протилежному випадку.

За таких припущень математична модель задачі виглядатиме так:

$$\min \sum_{S \subseteq V, S \neq \emptyset} d_{S,k} * x_S \quad (1)$$

$$\sum_{S: i \in S} x_S = 1 \quad (i \in V) \quad (2)$$

$$x_S \in \{0; 1\}, S \subseteq V, S \neq \emptyset \quad (3)$$

Пошук оптимального рішення задачі у такій постановці є неможливим через велику кількість підмножин  $S$ , що робить задачу NP-складною, і зумовлює складність визначення такого  $k^*$  та  $d_{S,k^*}$ , що забезпечують мінімальні витрати на транспортування нафтопродуктів. Проте, для деяких тривіальних випадків, зокрема коли  $|S| < 2$ , існує методологія пошуку точного оптимального розв'язку [2].

Постановку (1)-(3) можна розширити, ввівши поняття резервуарів на АЗС.

Тоді математична модель задачі матиме вигляд:

$$\max \sum_{t=1}^T x_t \quad (4)$$

$$a_t \leq x_t \leq b_t \quad (t \in \{1, \dots, T\}) \quad (5)$$

$$x_t \leq \sum_{c=1}^C Q_c y_{tc} \quad (t \in \{1, \dots, T\}) \quad (6)$$

$$\sum_{t=1}^T y_{tc} \leq 1 \quad (c \in \{1, \dots, C\}) \quad (7)$$

$$y_{tc} \in \{0; 1\} \quad (c \in \{1, \dots, C\}; t \in \{1, \dots, T\}) \quad (8)$$

У цьому формулюванні цільова функція (4) максимізує загальну доставлену кількість пального на АЗС. Обмеження (5) встановлює верхній та нижній поріг обсягу поставки на АЗС. Обмеження (6) вказує, що обсяг поставки у резервуар  $t$ , не може перевищувати призначену місткість відсіку бензовоза. Обмеження (7) встановлює, що щонайбільше на 1 АЗС може бути злитий відсік бензовоза з паливом.

### Література

1. Cornillier F, Voctor FF, Renaud J, Laporte G. A heuristic for the multi-period petrol station replenishment problem. *European Journal of Operational Research*. 2008. Vol. 191. P. 295–305.
2. Cornillier F, Voctor FF, Renaud J, Laporte G. An Exact Algorithm for the Petrol Station Replenishment Problem. *Journal of the Operational Research Society*. 2008. Vol.59 (5).
3. Avella, P., Voccia, M., Sforza, A.. Solving a fuel delivery problem by heuristic and exact approaches. *European Journal of Operational Research*. 2004. Vol.152 (1). P. 170–179.
4. Куюн С. Інтерфакс-Україна – 2022: Кількість активних АЗС в Україні за час війни зменшилась утричі, як і приватне споживання. Interfax.com.ua. URL: <https://interfax.com.ua/news/economic/823299.html>
5. Гальчинський Л. Ю., Дмитрієва А. А. Використання математичного моделювання для зниження логістичних витрат мережі АЗС. *Проблеми економіки організацій та управління підприємствами*. 2012. Вип. №5. С. 135-140