

УДК 519.863+656.022.3:656.065.3

МЕТОДИКА ПОБУДОВИ МНОЖИНИ РЕАЛЬНИХ МАРШРУТІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕВЗАЄМОЗАМІННИХ БАГАТОПРОДУКТОВИХ ПОТРЕБ СПОЖИВАЧІВ СПЕЦІАЛІЗОВАНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ (ЗНБПС)

М. Баранкевич, І. Романич

Львівський національний університет імені Івана Франка
79008, м. Львів, пр. Свободи, 18

У статті визначено вимоги до процесу перевезення світлих нафтопродуктів автомобільним транспортом, описано методику формування множини базових простих маршрутів та наведено приклади їх побудови, як результат сформульовано методику побудови множини реальних маршрутів для задачі забезпечення невзаємозамінних багатопродуктових потреб споживачів спеціалізованими транспортними засобами.

Ключові слова: перевезення світлих нафтопродуктів, множина базових простих маршрутів, множина реальних маршрутів, спеціалізовані транспортні засоби.

І. Вступ і постановка завдання

Економіко-математична модель задачі забезпечення невзаємозамінних багатопродуктових потреб споживачів (автозаправних станцій) за допомогою спеціалізованого парку бензовозів (задача ЗНБПС) може бути представлена наступним чином:

$$\sum_{l \in M^{PM}} C^{(l)} \cdot x_l \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum_{l \in M^{PM}} a_{jk}^{(l)} \cdot x_l \leq b_{jk}, \quad j = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, K} \quad (2)$$

$$\sum_{l \in M_{\theta}^{PM}} x_l = 1, \quad \theta \in F, \quad (3)$$

$$\text{де } x_l = \begin{cases} 0, & \text{якщо } l\text{-ий реальний маршрут не використовується;} \\ 1, & \text{якщо } l\text{-ий реальний маршрут доцільно використати} \\ & \text{для доставки нафтопродуктів;} \end{cases} \quad (4)$$

В моделі використано наступні позначення:

F – множина спеціалізованих транспортних засобів, що можуть бути використані для транспортування світлих нафтопродуктів;

θ – індекс бензовоза, $\theta = \overline{1, |F|}$;

l – номер маршруту, $l = \overline{1, L}$;

j – пункт зливу світлих нафтопродуктів, $j = \overline{1, n}$;

k – індекс світлого нафтопродукту, $k = \overline{1, K}$;

$C^{(l)}$ – витрати на перевезення нафтопродуктів l -им реальним маршрутом, тобто ті витрати, що понесе підприємство, використавши l -ий реальний маршрут;

$a_{jk}^{(l)}$ – елемент матриці призначень нафтопродуктів, який показує кількість продукції k -ого виду, що повинна бути доставлена j -ому споживачу l -им маршрутом, причому

$a_{jk}^{(l)} = \{0; w_{\theta}^h\}$, де h – індекс секції бензовоза, $h = \overline{1, H_{\theta}}$, $H_{\theta} = \overline{1, 6}$, w_{θ}^h – об'єм h -ої секції θ -ого бензовоза;

b_{jk} – елемент матриці потреб споживачів (АЗС) у нафтопродуктах, який означатиме потребу j -ого споживача в продукті k -ого виду, причому $0 \leq b_{jk} \leq O_j^k$, де O_j^k – об'єм резервуара j -ого споживача, в якому зберігається k -ий нафтопродукт;

M^{PM} – множина реальних маршрутів;

M_{θ}^{PM} – множина реальних маршрутів, які можуть бути виконані θ -им бензовозом.

Більш детально економіко-математична модель задачі ЗНБПС описана в роботі [1].

Специфіка даної моделі полягає в тому, що по-перше, обмеження (2) мають матричний вигляд, а по-друге, для реалізації моделі необхідно побудувати множину реальних маршрутів, причому спеціально структуровану.

Побудові спеціально структурованої множини реальних маршрутів присвячено дану роботу.

II. Формалізація вимог до процесу перевезення світлих нафтопродуктів автомобільним транспортом

При формулювання проблеми забезпечення невзаємозамінних багатопродуктових потреб споживачів (автозаправних станцій) спеціалізованими транспортними засобами (бензовозами) (задача ЗНБПС) ставиться ціла низка вимог до самого процесу перевезення нафтопродуктів автомобільним транспортом [2].

Формалізуємо коротко ці вимоги:

Умова 1: Перш за все, що є очевидним, кількість доставленого нафтопродукту певного виду на деяку АЗС не може перевищувати величини складеного замовлення.

Умова 2: Кожен бензовоз має одну або більше (але не більше шести) секцій, кожна з яких, взагалі кажучи, іншої місткості. Згідно правил техніки безпеки, перевозити не повністю заповнену секцію категорично заборонено. На цій же підставі, доставлений на АЗС в певній секції бензовоза певний вид нафтопродукту повинен бути повністю злитий, тобто секція при подальшому перевезенні повинна бути пустою. Отже, доставка нафтопродукту здійснюється порціями, рівними місткості секцій.

Умова 3: На основі правил техніки безпеки, зливати секції можна також тільки в певній послідовності, а саме, починаючи з останньої, тобто в першу чергу зливають секції причепа, а вже потім секції автоцистерни.

Умова 4: Заповнення секцій також не може проводитись довільним чином, а саме з метою дотримання якості нафтопродуктів, змінювати вид нафтопродукту в секції можна тільки в певній послідовності, тобто в певну секцію нафтопродукт можна заливати зважаючи на те, який вид нафтопродукту попередньо перевозився в цій секції. Послідовність таких змін приведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Правила заливу світлих нафтопродуктів у секції бензовоза

<i>Було перевезено</i>	<i>Можна буде перевезти</i>
Дизпаливо	Дизпаливо або бензин А-76
Бензин А-76	Дизпаливо, А-76, А-92, А-95
Бензин А-92	Дизпаливо, А-76, А-92, А-95
Бензин А-95	Дизпаливо, А-76, А-92, А-95

Критерієм вибору маршруту в задачі ЗНБПС будемо вважати мінімізацію витрат. Оскільки в цій роботі мова йде про формування множини реальних маршрутів, то питання пов'язані з критерієм, а відповідно і з витратами на перевезення не розглядаємо. Однак питання затрат часу виконання маршруту є актуальним.

Умова 5: До розгляду можемо брати тільки ті маршрути, виконання яких (залив, проїзд та злиття) вкладається в межі тривалості робочої зміни. Таким чином отримуємо обмеження

по часу, тобто затрати часу на залив нафтопродуктів в секції бензовоза, проїзд (разом з перервами і поверненням на нафтобазу) та злиття доставлених нафтопродуктів не повинні перевищувати тривалості робочого часу водія.

Умова 6: З метою економії затрат часу, виконання деяких маршрутів може бути модифіковане. А саме, якщо маршрут через кілька АЗС виконується автоцистерною з причепом, то на першій АЗС можна залишити причеп для злиття, а автоцистерною продовжити доставку нафтопродукту до інших АЗС даного маршруту, а потім, при поверненні, забрати залишений причеп. Такий маневр призводить до економії як часу виконання маршруту, так і витрат.

Умова 7: Зменшення затрат часу на злиття нафтопродуктів можна досягти застосовуючи при цьому насос. Деякі АЗС обладнані такими насосами, а тому цей фактор належить брати до уваги при визначенні часу і витрат на виконання маршрутів.

Умова 8: Досить важливо брати до уваги кількість точок зливу на АЗС (їх може бути одна або дві). Тому при плануванні не повинні виникати ситуації, що на АЗС одночасно будуть розвантажуватись більше одного бензовоза при одній точці зливу.

Умова 9: На деякі АЗС не можливий заїзд автопоїздів, тобто автоцистерн з причепом або тягачів з напівпричепом. При плануванні цей факт також необхідно брати до уваги.

Таким чином, при побудові множини реальних маршрутів необхідно враховувати виконання дев'яти перелічених умов.

III. Методика формування множини базових простих маршрутів

Процес побудови множини реальних маршрутів будемо проводити поетапно, вводячи при цьому необхідні поняття та позначення.

Перш за все, необхідно ввести власне поняття реального маршруту, множину яких намагатимемося побудувати.

Означення 1: Маршрут, що проходить через кілька АЗС і задовольняє всім вимогам доставки нафтопродуктів *Умова 1 - Умова 9* і може бути виконаний одним із наявних транспортних засобів, будемо називати реальним (*рм*).

Отже нехай множина спеціалізованих транспортних засобів F складається із кількох підмножин:

F_h – сукупність h -секційних автоцистерн, $h = \overline{1, H_\theta}$;

Π_h – сукупність причепів-цистерн з h секціями, $h = \overline{1, H_\theta}$;

$Н\Pi_h$ – сукупність напівпричепів з h секціями, $h = \overline{1, H_\theta}$,

тобто

$$F = \left(\bigcup_h F_h \right) \cup \left(\bigcup_h \Pi_h \right) \cup \left(\bigcup_h Н\Pi_h \right) \quad (5)$$

Проте можливий комбінований транспортний засіб, такий як автоцистерна з причепом-цистерною. Нехай сукупність комбінованих транспортних засобів позначимо $АП$. Тоді очевидно, що $АП \subset \left(\bigcup_h F_h \right) \times \left(\bigcup_h \Pi_h \right)$, оскільки не кожна автоцистерна може працювати в парі з кожним причепом. Практика показує, що все ж максимальна кількість секцій комбінованих транспортних засобів не перевищує шести.

Очевидно, що кількість простих, не комбінованих, транспортних засобів становитиме $|F|$. Сукупність всіх теоретично можливих транспортних засобів, які належить брати до розгляду становитиме множину $\overline{F} = F \cup АП$. Вважатимемо, що об'єми секцій, взагалі кажучи, є неоднаковими. Об'єм h -ої секції бензовоза позначатимемо w_h .

Процес побудови множини реальних маршрутів, як уже було сказано, будемо проводити поетапно, і почнемо його із побудови простих кільцевих маршрутів.

Означення 2: Простим кільцевим маршрутом (*пкм*) називатимемо гіпотетичний маршрут, що проходить по одному разу через декілька АЗС регіону і завершується в початковій точці.

Множину всіх $пкм$ позначимо $M^{пкм}$, де $|M^{пкм}|$ – кількість маршрутів, що міститься в цій множині.

Прості кільцеві маршрути мають теоретичне значення, адже для них не вказується яким типом бензовозів він буде виконуватись, та які види нафтопродуктів ним будуть перевозитись для забезпечення потреб певних АЗС цього регіону. Однак відомо через які АЗС цей маршрут проходить.

Способи побудови множини простих кільцевих маршрутів ($пкм$) детально описано в роботі [4].

На підставі побудованих простих кільцевих маршрутів, будуємо маршрути, які пристосовані для забезпечення потреб споживачів конкретним типом бензовоза. Назвемо такі маршрути можливими простими.

Означення 3: Можливим простим кільцевим маршрутом ($мпкм$) називатимемо маршрут, вибраний із множини простих кільцевих маршрутів та пристосований до виконання конкретним спеціалізованим транспортним засобом з певними експлуатаційними характеристиками.

Позначимо через $M_{\theta}^{мпкм}$ множину всіх $мпкм$ для вибраного спеціалізованого транспортного засобу з номером θ . Множина $M_{\theta}^{мпкм}$ може виявитися пустою для певного транспортного засобу θ , якщо виконати відповідний йому $пкм$ цим бензовозом неможливо. Наприклад, односекційним бензовозом неможливо забезпечити перевезення по маршруту через дві, три і більше АЗС.

Отже, для кожної пари $(пкм_l, \theta)$, де $пкм_l \in M^{пкм}$ та $\theta \in |F|$, існує певна множина можливих простих кільцевих маршрутів $M_{\theta}^{мпкм_l}$. Тому можна стверджувати, що існує певна відповідність між парою простий кільцевий маршрут $пкм_l$ і тип бензовоза θ та множиною відповідних можливих простих кільцевих маршрутів $M_{\theta}^{мпкм_l}$, побудованих на їх основі: $(пкм_l, \theta) \Rightarrow M_{\theta}^{мпкм_l}$ або $M_{\theta}^{мпкм_l} = \Phi(\theta, пкм_l)$. Очевидно, що пара $(пкм, \theta)$ є підмножиною декартового добутку $(M^{пкм} \times |F|)$, причому реалізація відповідності $(пкм_l, \theta) \Rightarrow M_{\theta}^{мпкм_l}$ здійснюється за допомогою визначеного алгоритму. Це означає, що на базі кожного $пкм$ можна побудувати цілу множину $мпкм$, де $M_{\theta}^{мпкм} = \bigcup_l M_{\theta}^{мпкм_l}$, і відповідно $M^{мпкм} = \bigcup_{\theta} M_{\theta}^{мпкм}$.

Перейдемо до поняття базових простих маршрутів.

Означення 4: Базовим простим маршрутом ($бпм$) називатимемо можливий простий кільцевий маршрут руху бензовоза, для якого вказано вид (види) світлого нафтопродукту, яким (якими) цей бензовоз забезпечує певні АЗС, що обслуговуються цим маршрутом.

Кожний $мпкм_l$ може бути використаний для розвезення різних наборів світлих нафтопродуктів різними способами. Це означає, що на базі одного $мпкм$ можна побудувати множину $бпм$ ($M^{бпм}$).

Отже, якщо поставлено *Умову 4*, тобто правила перевезення асортименту світлих нафтопродуктів і $мпкм$, яким можна здійснити це перевезення, то отримуємо $бпм$. З іншого боку даний $мпкм$ може бути використаний для перевезення й іншого асортименту світлих нафтопродуктів, тому множина $M^{бпм}$ – множина базових простих маршрутів – буде значно ширшою від $M^{мпкм}$: $M^{бпм} \supset M^{мпкм}$.

Методику побудови таких маршрутів проілюструємо на конкретних прикладах.

IV. Приклади побудови базових простих маршрутів ($бпм$)

Отже, нехай необхідно побудувати множину $бпм$ для найпростішого $пкм$ – наприклад до п'ятої АЗС та назад, тобто $(0, 5, 0)$.

Спочатку розглянемо *блм* для односекційного бензовоза з місткістю секції w .

Очевидно, *блм* може бути тільки виду $(0, 5, 0)$, причому на п'ятій АЗС зливається весь об'єм нафтопродукту.

Проте цим маршрутом може бути доставлено також будь-який інший вид нафтопродукту, тому базових простих маршрутів буде п'ять, що дорівнює кількості видів нафтопродуктів, що входять у асортимент перевезень.

Допустимо тепер, що на цей маршрут призначається двосекційний бензовоз відповідно із об'ємами секцій (w_1, w_2) .

Пкм $(0, 5, 0)$ може бути реалізований у *блм* кількома способами:

- на п'яту АЗС завезено $(w_1 + w_2)$ I виду нафтопродукту;
- на п'яту АЗС завезено w_1 I та w_2 II виду нафтопродукту;
- на п'яту АЗС завезено w_1 I та w_2 III виду нафтопродукту;
- і так далі
- на п'яту АЗС завезено w_1 II та w_2 I виду нафтопродукту;
- на п'яту АЗС завезено $(w_1 + w_2)$ II виду нафтопродукту;
- і так далі

Всього отримаємо 25 можливих варіантів *блм*.

У випадку призначення на цей же маршрут $(0, 5, 0)$ трисекційного бензовоза відповідно із об'ємами секцій (w_1, w_2, w_3) , то отримаємо близько 125 варіантів *блм* для цього *пкм*.

Аналогічно належить проводити побудову *блм* для бензовозів із більшою кількістю секцій.

Розглянемо тепер *пкм*, що проходить через дві АЗС: $(0, 5, 8, 0)$, наприклад, п'яту та восьму. Очевидно призначати на цей маршрут односекційний бензовоз недоцільно. Аналіз починаємо із двосекційного бензовоза з об'ємами секцій відповідно (w_1, w_2) . Варіанти *блм* будуть аналогічними з випадком, коли цей двосекційний бензовоз вирушав до однієї АЗС по маршруту $(0, 5, 0)$, проте в дію вступає чинник, що характеризує напрямок руху по маршруту. Якщо змінити напрямок руху бензовоза, тобто проїжджати маршрут в зворотному порядку $(0, 8, 5, 0)$, то отримаємо таку ж кількість *блм* із зворотнім порядком зливу. Таким чином, всього отримаємо 50 *блм*.

Призначивши на *пкм* $(0, 5, 8, 0)$ трисекційний бензовоз отримаємо уже близько 900 варіантів *блм* для цього *пкм*.

Подібним чином будуюмо *блм* для бензовозів із більшою кількістю секцій та через більше пунктів споживання.

Необхідно зазначити, що у наведених вище прикладах побудови базових простих маршрутів не було враховано *Умову 4*, оскільки ці приклади є теоретичними. На практиці ж, урахувавши *Умову 4*, кількість побудованих *блм* значно скоротиться.

V. Методика побудови множини допустимих маршрутів для задачі забезпечення невзаємозамінних багатопродуктових потреб споживачів спеціалізованими транспортними засобами

Побудовані базові прості маршрути не задовольняють ще всім вимогам транспортування нафтопродуктів, тому їх не можна вважати реальними. Задовольнити виконання цих умов можна різними способами.

Насамперед необхідно зазначити, що виконання *Умови 1* та *Умови 2* забезпечується обмеженнями (2) моделі задачі ЗНБПС.

Як уже зазначалося, досить суттєвим при реалізації задачі є обмеження по часу, тобто сумарний час завантаження, проїзду та зливу разом з маневруваннями та поверненням на базу не повинен перевищувати тривалості робочої зміни. Тому для перевірки виконання цієї умови необхідно вміти підрахувати загальний час необхідний для виконання *l-ого* маршруту, чому детально присвячено роботу [3].

Оскільки вважаємо заданими затрати часу на проїзд кожного транспортного засобу між базою та АЗС, а також між самими АЗС, і затрати часу на завантаження і злив кожної секції самовитоком та з використанням насосу, то визначити час на виконання всього базового маршруту певним транспортним засобом не складає труднощів. А отже досить легко перевірити виконання умови по часу (Умова 5). Множину базових маршрутів, яка задовольняє обмеженню по часу, позначимо $M_{\bullet}^{\text{бнм}}$, тобто:

$$M_{\bullet}^{\text{бнм}} = \{ \text{бнм} \mid \text{бнм} \in M^{\text{бнм}}, t_{\text{бнм}} \leq T \}, \quad (6)$$

де T – тривалість робочої зміни.

Очевидно, що базові маршрути, які неможливо виконати протягом зміни, належить вилучити з подальшого розгляду.

З метою зменшення затрат часу на виконання деяких базових маршрутів, якщо вони виконуються автоцистерною з причепом, причеп залишають для розвантаження на першій по маршруту АЗС, чим забезпечується виконання Умови 3, а автоцистерна забезпечує нафтопродуктами інші АЗС даного маршруту і при поверненні забирає залишений причеп. Це дає можливість зменшити загальні затрати часу на виконання маршруту. Тому доцільно загальну сукупність базових маршрутів доповнити ще однією множиною маршрутів з урахуванням залишення причепа. Таку множину позначимо $M_{\bullet\bullet}^{\text{бнм}}$.

Зменшення затрат часу на виконання базового маршруту можна досягнути використовуючи для зливу насос, що пришвидшує процес розвантаження. Знаючи час зливу кожної секції з використанням насоса, отримуємо інший час на виконання маршруту. Тому такий маршрут (із зливом за допомогою насоса) трактуємо як ще один базовий маршрут і включаємо його у множину базових маршрутів. Таким чином множину базових маршрутів, доповнену маршрутами із використанням насосу, будемо позначати $M_{\bullet\bullet\bullet}^{\text{бнм}}$.

У такий спосіб можна забезпечити виконання Умови 6 та Умови 7.

Для забезпечення виконання Умови 9, тобто вимоги неможливості деякими АЗС приймати автопоїзди, необхідно врахувати цей факт ще на етапі формування множини $M^{\text{бнм}}$. Тому множину можливих маршрутів з врахуванням Умови 9 будемо позначати $\overline{M_{\bullet\bullet\bullet}^{\text{бнм}}}$.

Таким чином, побудована множина маршрутів $\overline{M_{\bullet\bullet\bullet}^{\text{бнм}}}$ буде задовольняти всім вимогам транспортування нафтопродуктів крім Умови 8, тобто не буде враховано можливості одночасного розвантаження двох бензовозів на одній АЗС. Щоб врахувати такий фактор при плануванні, необхідно реалізовувати задачу в реальному часі, що значно її ускладнює. Послабити дію цього чинника можна завдяки введенню показника пріоритетності кожного маршруту.

Очевидно, що час виконання кожного маршруту $t_{\text{бнм}_i}$ є різний, причому не перевищує тривалості робочої зміни. Це означає, що кожен маршрут має певний резерв часу свого виконання. Зважаючи на це, доцільно надавати пріоритет у розвантаженні тому бензовозу, який виконує маршрут з меншим резервом. Отже, резерв часу виконання базового маршруту, який є різницею між тривалістю робочої зміни і часом виконання маршруту, будемо трактувати як рівень пріоритетності маршруту:

$$\Delta t_{\text{бнм}_i} = T - t_{\text{бнм}_i}, \quad \text{бнм} \in \overline{M_{\bullet\bullet\bullet}^{\text{бнм}}} \quad (7)$$

Таким чином, при зустрічі на АЗС двох бензовозів в першу чергу розвантажуються той, в якого рівень пріоритетності вищий, тобто резерв часу менший.

Мабуть зрозуміло, що деякі спеціалізовані транспортні засоби можуть виконати деякі маршрути досить швидко, тому в них з'являється можливість до кінця робочого дня виконати ще один або більше маршрутів. Тому доцільно розглянути всі можливі комбінації базових простих маршрутів одного бензовоза, які можуть бути виконані протягом робочого дня. Сукупність всіх базових простих маршрутів разом із утвореними складними маршрутами будуть складати множину $M^{\text{бсм}}$.

Означення 5: Базовим складним маршрутом (*бсм*) називатимемо базовий простий або об'єднання, за критерієм часу їх виконання, кількох базових простих маршрутів руху бензовозів.

Для кожного $бпм_i$ можна визначити певний час $t_{бпм_i}$, що необхідний для його виконання. Зрозуміло, що деякі спеціалізовані транспортні засоби можуть виконати іноді й більше одного *бпм* протягом робочої зміни, тому доцільно різні комбінації *бпм*, які можуть бути виконані одним бензовозом протягом зміни об'єднати в один складний маршрут. Тому створимо множину $M^{бсм}$ – множина базових складних маршрутів, – яка включатиме всі *бпм*, які можливо виконати протягом зміни, а також всі їх можливі об'єднання за критерієм часу, які теж, очевидно, можливо виконати протягом однієї зміни. Тоді:

$$M^{бсм} = \left\{ бсм(\theta, t_{бсм_i}) \equiv \bigcup_I бпм(\theta, t_{бпм_i}) \wedge \left(t_{бсм_i} = \sum_I t_{бпм_i} \right), бпм \in \overline{M^{бпм}} \mid t_{бсм_i} < T \right\} \quad (8)$$

Оскільки всі базові прості маршрути, згідно приведеної методики їх побудови, задовольняють всім вимогам (*Умова 1 - Умова 9*) транспортування нафтопродуктів, то базові складні маршрути, очевидно, також будуть задовольняти цим вимогам. Отже, множину базових складних маршрутів можна вважати *множиною допустимих маршрутів*:

$$M^{бсм} \equiv D, \quad (9)$$

де D – множина допустимих маршрутів для задачі забезпечення невзаємозамінних багатопродуктових потреб споживачів спеціалізованими транспортними засобами – бензовозами.

VI. Структурування множини допустимих маршрутів, поняття реального та результативного маршруту

З метою спрощення методики розв'язку задачі (1)-(4), тобто вибору найкращого комплексу маршрутів для забезпечення багатопродуктових потреб АЗС, проведемо впорядкування множини допустимих маршрутів. Розіб'ємо множину D на групи:

$$D = \bigcup_{\theta} D_{\theta},$$

де D_{θ} – множина допустимих маршрутів, яка забезпечується транспортним засобом з номером θ .

Оскільки, як відомо, в першу чергу доцільно забезпечувати потреби АЗС багатосекційними бензовозами, то створені групи розміщуємо в порядку спадання кількості секцій бензовозів, а маршрути в кожній групі, в свою чергу, впорядковуємо за критерієм зростання величини витрат на їх виконання.

Отже, можемо сформулювати означення реального маршруту по-іншому.

Означення 6: Реальним маршрутом (*рм*) називатимемо впорядкований у списку базовий складний маршрут, для якого остаточно встановлені характеристики: кількість продукції певного виду, що повинна бути доставлена на певну АЗС цим маршрутом і напрямок проїзду по маршруту.

Сукупність допустимих маршрутів, впорядкованих вказаним чином, будемо називати множиною реальних маршрутів $M^{рм}$. Елемент, вибраний з цієї сукупності, будемо називати реальним маршрутом (*рм*).

Множина $M^{рм}$ повинна мати наступну структуру:

$M^{рм} =$	$M_6^{рм}$	$M_5^{рм}$	$M_4^{рм}$	$M_3^{рм}$	$M_2^{рм}$	$M_1^{рм}$
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Підмножина $M_6^{рм}$ реальних маршрутів містить *рм* тільки для шестисекційних бензовозів, відповідно підмножини $M_5^{рм}$, $M_4^{рм}$, $M_3^{рм}$, $M_2^{рм}$ та $M_1^{рм}$ – для п'яти, чотирьох,

трьох, двох та односекційних бензовозів відповідно. Кожна з цих підмножин M_H^{pm} ($H = \overline{1, 6}$) також має свою структуру.

Якщо окремий маршрут з множини M^{pm} позначимо $pm(H, t, C, l_{pm})$, де H – кількість секцій бензовоза, що його виконує, чи іншими словами, номер підмножини M_H^{pm} , t – час на виконання маршруту, C – витрати на виконання маршруту, l_{pm} – порядковий номер маршруту в підмножині, то, якщо для двох pm з однієї підмножини, тобто $H_1 = H_2$, виконується нерівність $C_1 < C_2$, то $l_{pm1} < l_{pm2}$. Отже, pm з більшими витратами на його виконання повинен мати вищий порядковий номер у множині.

Після того, як множина M^{pm} побудована, кожному спеціалізованому транспортному засобу θ відповідатиме певна підмножина pm , яку позначимо M_θ^{pm} . Ці маршрути в множині M^{pm} будуть розміщені не компактно, але належатимуть до однієї із підмножин M_H^{pm} ($H = \overline{1, 6}$). Множина M_θ^{pm} пов'язує номер бензовоза θ із певною сукупністю маршрутів, які він може виконати.

Означення 7: Результативним маршрутом називатимемо вибраний маршрут руху, який затверджується за певним бензовозом для забезпечення потреб АЗС регіону у тих чи інших видах світлого нафтопродукту і володіє усіма кінцевими характеристиками реального маршруту.

Слід зазначити, що кожен маршрут (з кожної множини) може бути виконаний тільки одним транспортним засобом. Це означає, що для двох довільних транспортних засобів $\theta', \theta'' \in F$ виконуються умови: $M_{\theta'}^{нкм} \cap M_{\theta''}^{нкм} = \emptyset$; $M_{\theta'}^{мнкм} \cap M_{\theta''}^{мнкм} = \emptyset$; $M_{\theta'}^{\delta нм} \cap M_{\theta''}^{\delta нм} = \emptyset$; $M_{\theta'}^{\delta см} \cap M_{\theta''}^{\delta см} = \emptyset$; $M_{\theta'}^{pm} \cap M_{\theta''}^{pm} = \emptyset$.

VII. Висновки

Формулювання задачі ЗНБПС вимагає виконання досить великої кількості обмежень, частина з яких (*Умова 1*, *Умова 2*) може бути описана математично, що враховано в обмеженнях моделі задачі (1)-(4). Інші умови мають якісний характер, а тому для їх врахування будемо множини реальних маршрутів. Побудова даної множини проводиться поетапно шляхом ускладнення простих кільцевих маршрутів. Таким чином, отримуємо ієрархічно пов'язані множини маршрутів: прості кільцеві маршрути, можливі прості кільцеві маршрути, базові прості маршрути, базові складні маршрути, допустимі маршрути, реальні маршрути. На підставі побудованої множини реальних маршрутів отримуємо можливість розв'язати задачу (1)-(4), тобто знайти комплекс маршрутів близький до оптимального, який можна практично реалізувати.

1. Баранкевич М.М., Романич І.Б. Задача забезпечення невзаємозамінних багатопродуктових потреб автозаправних станцій за допомогою спеціалізованого парку бензовозів // Економіка: проблеми теорії та практики: Збірник наукових праць. – Випуск 229: В.4 т. – Т. II. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2007. – С. 369-376.
2. Дацко М.В., Романич І.Б. Аналіз ринку нафтопродуктів та особливості перевезення продукції нафтогазових компаній України // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции „Современные направления теоретических и прикладных исследований”. – Одесса, 15-25 апреля 2006 г. – С. 3-6.
3. Романич І. Моделювання затрат часу на рух бензовозів на кільцевих маршрутах // Стратегія формування відкритої господарської системи в Україні. Матеріали міжнародної наукової студентсько-аспірантської конференції. – Львів, 16-17 травня 2008 р. – С. 320-321.
4. Романич І.Б. Моделювання маршрутів руху багатосекційних бензовозів для мережі автозаправних станцій регіону // Восточно-европейский журнал передових технологий. – Випуск 5/3 (29). – Харків, 2007. – С. 38-42.

**THE METHOD OF CONSTRUCTION OF THE REAL ROUTES SET FOR THE
PROBLEM OF PROVIDING OF NOT INTERCHANGEABLE MULTIPRODUCT
NECESSITIES OF USERS BY THE SPECIALIZED TRANSPORT VEHICLES**

M. Barankevych, I. Romanych

Ivan Franko National University of L'viv

The requirements to the process of transportation of light oilproducts by the automobile transport are determined, the method of construction of the base simple routes set is described and the examples of their construction are inducted, as a result the method of construction of the real routes set for the problem of providing of not interchangeable multiproduct necessities of users by the specialized transport vehicles is formulated in the article.

Keywords: transportation of light oil products, base simple routes set, the real routes set, specialized transport vehicles