

УДК 656.078

# РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАКРІПЛЕННЯ АВТОМОБІЛІВ ЗА ПОСТІЙНИМИ ЗАМОВНИКАМИ

**В.О. Вдовиченко**

Кандидат технічних наук, доцент\*

**О.П. Калініченко**

Кандидат технічних наук, доцент\*

Контактний тел.: 707-37-20

E-mail: andros\_777@mail.ru

**О.В. Павленко**

Кандидат технічних наук, доцент\*

Контактний тел.: 707-37-20

E-mail: ttpov@mail.ru

\*Кафедра транспортних технологій

Харківський національний автомобільно-дорожній

університет

вул. Петровського, 25, м. Харків, Україна, 61001

*Розроблено та перевірено методику оцінки ефективності закріплення автомобілів за постійними замовниками для спеціалізованих підприємств. Для перевірки запропоновано використовувати закріплення за принципом максимального тарифу та з застосуванням методів динамічного програмування*

*Ключові слова: спеціалізовані автотранспортні підприємства, дискретне динамічне програмування, функція Беллмана*

*Разработана и проверена методика оценки эффективности закрепления автомобилей за постоянными заказчиками для специализированных предприятий. Для проверки предложено использовать закрепление по принципу максимального тарифа и с применением методов динамического программирования*

*Ключевые слова: специализированные автотранспортные предприятия, дискретное динамическое программирование, функция Беллмана*

*Developed and tested method of estimation of efficiency of fixing of cars after permanent customers for the specialized enterprises. For verification it is suggested to utilize fixing on principle of maximal tariff with the use of methods of the dynamic programming*

*Keywords: specialized motor transport enterprises, discrete dynamic programming, function of Bellman*

## 1. Вступ

Розвиток перевезень на Україні характеризується розподіленням автотранспортних підприємств за спеціалізацією, а саме: перевезення харчових продуктів, навалочних вантажів, будівельних тарно-штучних матеріалів та ін. В результаті цього розподілу актуальними стають питання оптимізації структури парку та прогнозування його використання. Більший, за необхідне, парк рухомого складу призводить до підвищення витрат на його утримання, обслуговування та зберігання; менший — до недоотримання прибутків. Основою для формування оптимальної структури парку є існуючий та майбутній попит. Сумарний майбутній попит для окремого підприємства в свою чергу пов'язаний з процесом розподілу автомобілів за постійними та разовими замовниками.

Частина разових заявок на спеціалізованих автотранспортних підприємствах коливається від 10 до 25%, отже для них найбільш важливими стають проблеми, зв'язані з розподілом наявного парку саме за постійними замовниками. Взаємозв'язок закріплення

парку та попиту призводить до необхідності багатофакторного аналізу динаміки останнього. Складність врахування ажиотажної складової попиту та часової змінності його показників викликає необхідність застосування складних математичних апаратів.

Вирішення задачі закріплення автомобілів за клієнтами на відповідний період при змінності навколишнього ринкового середовища повинно спиратися на статистичні звітні данні. Однак, використання лише статистики в якості математичного апарату не дозволить одержати оптимальне закріплення на весь період. Статистичні данні повинні використовуватися в якості вхідних. Кінцеве рішення (набір рішень) повинне надаватися з урахуванням функціоналу оцінювання, в якості якого може виступати як максимальний прибуток так і максимальне задоволення потреб клієнтів.

Саме для вирішення поставлених задач запропоновано використовувати математичний апарат дискретного динамічного програмування. Оцінка його ефективності дозволить більш об'єктивно дослідити процес формування оптимального закріплення ав-

тотранспортних засобів за постійними замовниками та підвищити ефективність функціонування системи транспортного обслуговування спеціалізованих підприємств.

**2. Аналіз публікацій**

Проблеми оптимального закріплення було описано в багатьох роботах. Складність та необхідність обробки великого кола факторів доведено в роботі [1]. В роботі також зауважено, що саме від закріплення рухомого складу за наявними постійними клієнтами залежить як якість обслуговування так і становище підприємства на ринку перевезень. Додатково виділено основний принцип закріплення автомобілів на вітчизняних автотранспортних підприємствах, а саме принцип максимального тарифу. До недоліків роботи можна віднести вузьку спеціалізацію запропонованих рекомендацій та управлінських рішень.

Оптимальне закріплення автомобілів з разовими заявками та виділення під них частини парку висвітлено в роботі [2]. В ній доведено необхідність врахування статистичної складової попиту та великий вплив коливань попиту на обсяг перевезень. Однак, використання для вирішення задачі лише математичного апарату статистики, як вже було сказано вище, не дозволяє отримати оптимальне, за відповідним критеріями, рішення.

Процедура закріплення заявок за постійними споживачами для збільшення рівня якості обслуговування представлена в роботі [3]. Багатофакторність моделі та її спрямованість на застосування двох окремих математичних апаратів дозволила авторам отримати доволі високі результати. При цьому неврахування динамічної складової попиту та прибуткової частини закріплення призводять до неможливості використання запропонованої методики в системах, які піддані ринковим коливанням.

Як альтернатива всім вище запропонованим методиками в роботі [4] надано опис нового підходу для вирішення задачі закріплення рухомого складу за постійними споживачами з використанням принципів прикладного дискретного динамічного програмування. Для оцінки його ефективності доцільним можна вважати перевірку та порівняння результатів з методикою закріплення транспортних засобів за принципом максимального тарифу.

**3. Постановка задачі**

Математична постановка задачі закріплення рухомого складу за постійними споживачами має наступний вигляд [4]: існує множина замовників з однаковими параметрами (для підприємств, які займаються перевезеннями різних видів вантажів)

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}, \tag{1}$$

де  $n$  - кількість замовників однотипних перевезень, од.

Для пошуку рішень надається визначена кількість періодів зміни обсягів перевезень яка описується множиною

$$T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}, \tag{2}$$

де  $k$  - кількість періодів, од.

Існує відповідна кількість однотипного рухомого складу, яка складає  $k$  одиниць. Обсяг вантажу, який може перевезти один автомобіль для  $s_i$  клієнту в період часу  $t_j$  дорівнює  $q(s_i, t_j)$ . Обсяг перевезення для  $k$  клієнту в період часу  $t_j$  дорівнює  $z(s_i, t_j)$ . Кількість автомобілів, які закріплено за  $s_i$  клієнтом в період часу  $t_j$  для вивезення обсягу дорівнює  $a(s_i, t_j)$ . При цьому прибуток від перевезень розраховується на 1 тону перевезеного вантажу залежить від типу клієнту та є змінною в часі величиною і дорівнює  $p(s_i, t_j)$ .

В результаті опису всіх елементів задачі можна сформулювати її в вигляді цільової функції та системи обмежень. Цільова функція носить наступний вид

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k p(s_i, t_j) \cdot a(s_i, t_j) \cdot q(s_i, t_j) \rightarrow \max. \tag{3}$$

При наявності обмежень

$$\begin{cases} q(s_i, t_j) \cdot a(s_i, t_j) - z(s_i, t_j) \leq q(s_i, t_j) \\ \sum_{i=1}^n a(s_i, t_j) \leq m \\ a(s_i, t_j) \in Z \\ i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, k \end{cases}. \tag{4}$$

Необхідно розподілити  $m$  автомобілів таким чином, що цільова функція (3) була максимальною.

Оцінку ефективності методики доцільно проводити через шість показників:

- фактична зміна загального прибутку:

$$\Delta P = F_D - F_K, \tag{5}$$

де  $F_D$ ,  $F_K$  - сумарні прибутки при використанні відповідно методики з дискретним динамічним програмуванням та класичного підходу, грн.

- відносна зміна загального прибутку:

$$\Delta P^* = \left(1 - \frac{F_D}{F_K}\right) \cdot 100\%. \tag{6}$$

- фактичні зміни обсягів перевезень:

$$\Delta V = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_D(s_i, t_j) \cdot a_D(s_i, t_j) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_K(s_i, t_j) \cdot a_K(s_i, t_j). \tag{7}$$

- відносні зміни обсягів перевезень:

$$\Delta V^* = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_D(s_i, t_j) \cdot a_D(s_i, t_j)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_K(s_i, t_j) \cdot a_K(s_i, t_j)}\right) \cdot 100\%. \tag{8}$$

- фактичне виконання плану перевезень:

$$\Delta W = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_D(s_i, t_j) \cdot a_D(s_i, t_j)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m z(s_i, t_j)} - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_K(s_i, t_j) \cdot a_K(s_i, t_j)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m z(s_i, t_j)}\right) \cdot 100\%. \tag{9}$$

- відносно виконання плану перевезень:

$$\Delta W^* = \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m z(s_i, t_j) - p_D(s_i, t_j) \cdot a_D(s_i, t_j)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m z(s_i, t_j) - p_K(s_i, t_j) \cdot a_K(s_i, t_j)} \right) \cdot 100\% . \quad (10)$$

Всі шість показників призначені для оцінки ефективності методики закріплення автомобілів за постійними замовниками з використанням дискретного динамічного програмування та дозволяють максимально повно довести раціональність її впровадження в технологічний процес перевезень вантажів спеціалізованими автотранспортними підприємствами.

#### 4. Рішення задачі

Оцінку ефективності методики [4] пропонується проводити на підприємстві з шістьма автомобілями та трьома постійними клієнтами.

Для прогнозування застосовується, в якості прикладу, лінійний метод. Провізні можливості автомобілів за окремими клієнтами також вважаються постійною величиною. Вихідні дані та результати прогнозу для виконання наступного моделювання наведені у табл. 1-2.

Провізні можливості для окремих клієнтів (для прикладу) не залежать від місяців року та відповідно складають: 38 т/міс., 41 т/міс., та 45 т/міс.

Таблиця 1

Звітні та прогнозні обсяги перевезень вантажів

Місяці	Обсяг перевезення по клієнтах									Прогноз		
	1			2			3			1	2	3
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2010		
1	120	130	135	90	70	65	60	70	75	143	50	83
2	90	120	120	50	45	60	65	75	55	140	62	55
3	100	110	115	70	80	75	75	60	70	123	80	63
4	120	125	130	80	95	100	70	80	90	135	112	100
5	110	105	100	90	85	85	95	70	60	95	82	40
6	120	90	110	65	75	90	45	60	90	97	102	110

Таблиця 2

Звітні та прогнозні прибутки на одну тону перевезеного вантажу

Місяці	Обсяг перевезення по клієнтах									Прогноз		
	1			2			3			1	2	3
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2010		
1	3,44	4,21	3,34	3,35	4,11	4,48	3,11	4,21	4,98	4,90	5,09	5,95
2	3,52	4,44	4,19	3,91	4,23	4,19	3,85	4,42	4,12	4,70	4,39	4,38
3	3,89	4,12	4,23	3,56	4,41	4,07	3,99	4,70	4,55	4,42	4,54	4,97
4	3,87	4,55	4,92	3,31	4,56	4,98	3,28	4,11	4,24	5,52	5,97	4,84
5	3,15	4,07	4,55	3,07	4,28	4,49	3,86	4,45	4,98	5,32	5,37	5,55
6	3,41	4,13	4,87	3,24	4,19	4,78	3,25	4,18	4,09	5,60	5,61	4,68

Результати моделювання методикою з використанням дискретного динамічного програмування, а саме функції Белмана [5], наведено у табл. 3.

Результати моделювання за принципом закріплення автомобілів за споживачем з найбільшим тарифом наведено в табл. 4.

Таблиця 3

Оптимальні рішення по періодах при вирішенні задачі методом дискретного динамічного програмування

Номер періоду	Раціональна кількість автомобілів по клієнтах			Прибуток, грн	Фактичний обсяг вивезення, т	Плановий обсяг вивезення, т
	1	2	3			
1	3	1	2	1261,14	238	276
2	3	2	1	1005,08	221	257
3	3	2	1	1090,73	239	266
4	3	2	1	1336,62	241	347
5	3	2	1	1167,74	217	217
6	2	2	2	1306,82	248	309
Всього	-	-	-	7168,13	1404	1672

Таблиця 4

Оптимальні рішення по періодах при використанні принципу найбільшого тарифу

Номер періоду	Раціональна кількість автомобілів по клієнтах			Прибуток, грн	Фактичний обсяг вивезення, т	Плановий обсяг вивезення, т
	1	2	3			
1	2	2	2	1059,19	208	276
2	4	2	0	930,18	202	257
3	2	2	2	1012,23	219	266
4	3	3	0	1297,92	226	347
5	3	2	1	1167,74	217	217
6	3	3	0	1115,42	199	309
Всього	-	-	-	6582,68	1271	1672

Результати розрахунків оціночних показників ефективності методики зведено до табл. 5. В якості вихідних даних для розрахунків використовувалися табл. 3 та 4.

Результати моделювання свідчать про раціональність постановки задачі закріплення рухомого складу на постійними замовниками, як задачі дискретного динамічного програмування.

**Таблиця 5**

**Показники оцінки ефективності методики**

Показники	Значення	
	Фактична	Відносна
1. Зміна загального прибутку	585,45 грн	8,89%
2. Зміна обсягів перевезень	133 т	10,46%
3. Виконання плану	7,95%	33,17%

## 5. Висновки

Постановка задачі розподілу транспортних ресурсів у часі як задачі дискретного динамічного програмування дозволила одержати доволі високі результати. Навіть при відсутності аналізу кореляції між окремими рішеннями та невеликій розмірності задачі одержано наступні суттєві результати: грошовий приріст склав не менше 8%, обсяги перевезення можуть бути збільшені більше ніж на 10%, а на 33% зменшується недовиконання плану. В статті було додатково доведено нераціональність використання класичного підходу, який передбачає задоволення потреб клієнтів з найбільшим тарифом.

Додаткового дослідження вимагає процедура пошуку оптимальних планів в задачі розподілу транспортних засобів в спеціалізованих підприємствах при наявності взаємозв'язку між окремими рішеннями (системи з наслідками).

## Література

1. Туревский И.С. Экономика и управление автотранспортным предприятием. - М.: Высшая школа, 2005 - 222 с.
2. Бекетов О.Ю., Наумов В.С. Розрахунок раціональної структури парку рухомого складу. - Харків: Вістник ХНАДУ, 2003. - С.65 - 68.
3. Нагорний Є.В., Андросенко В.В. Методика вибору споживачем центру транспортного сервісу при нечіткому представленні переваг на множині альтернатив. - Харків: ХНАДУ "Автомобільний транспорт", 2004. - С.72 - 74.
4. Вдовиченко В.О., Калініченко О.П., Павленко О.В. Розподіл транспортних потужностей як задача динамічного програмування. Восточноєвропейский журнал передовых технологий: Сб. науч. тр. – X., 2009. – Вып. 6/7(42). – С. 33 – 35.
5. Кузин Л.Т. Основы кибернетики. Том 1. Математические основы кибернетики. Учеб. пособие для студентов вузов. М.: «Энергия», 1973 - С. 316 - 332.