

Висновки. Після порівняння різних видів транспорту для перевезення швидкопсувних вантажів можна зазначити, що всі види транспорту мають ряд переваг і недоліків. При порівнянні повітряних перевезень з іншими видами транспорту вони мають перевагу стосовно швидкості, автомобільні перевезення відрізняються значною гнучкістю та великою маневреністю, морські перевезення необхідні для міжконтинентальних зв'язків, а залізничні перевезення відрізняються високою провізною та пропускною спроможністю.

Література

1. Троцикая Н.А. Организация перевозки скоропортящихся грузов в международном сообщении. – М.: АСМАГ, 1999. — 128с.
2. Смирнов І.Г., Косарева Т.В. Транспортна логістика: Навч. пос. – К.: Центр учбової літератури, 2008. — 224с.
3. Правдина Н.В. Транспортное обеспечение коммерческой деятельности: учебно-методическое пособие / Н.В. Правдина. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 95 с.

УДК:658:656.13.07:004.

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Левковець П.Р., доктор технічних наук
Грисюк Ю.С., кандидат економічних наук

1. Постановка проблеми в загальному вигляді.

Поступальний розвиток економіки нашої держави ставить все жорсткіші умови до якості, швидкості та забезпечення зростаючих обсягів перевезень вантажів та пасажирів. Це призводить до посилення конкуренції на ринках вантажних та пасажирських перевезень і ставить перед перевізниками задачі скорочення собівартості послуг, оновлення рухомого складу та інших основних фондів. Досягти цього неможливо без застосування сучасних методів прогнозування, планування та управління виробничими процесами.

Значна кількість перевізників мають до десяти одиниць рухомого складу. Навіть при наявності бажання у таких підприємств в більшості випадків не вистачає ресурсів на інновації та впровадження сучасних методів управління господарською діяльністю. Управління та планування навіть на більшості середніх і великих автотранспортних підприємств здійснюється за допомогою застарілих та неточних методів, що призводить до отримання значних розбіжностей між бажаними і досягнутими результатами.

З огляду на це пошук методів, які б дозволяли приймати оптимальні рішення в процесах управління роботою підприємств автомобільного транспорту є важливим і актуальним завданням.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Розробку методів оптимального управління процесами перевезень вантажів започатковано в роботах [1], [2], [3], в даній статті дослідження отримали своє продовження.

3. Постановка задачі дослідження.

Ціль статті – запропонувати методику моделювання процесів функціонування автотранспортних підприємств та визначення оптимальних значень показників ефективності на основі яких можна отримувати оптимальні управлінські рішення.

4. Основна частина.

Оптимальні управлінські рішення можна отримати за рахунок математичного моделювання роботи рухомого складу, тобто побудови математичних моделей.

Візьмемо за критерій ефективності функціонування виробництва доходи АТП від міжнародних перевезень – D_n , та сформуємо їх функціональну залежність від основних техніко-експлуатаційних показників.

Доходи від перевезень автомобілями, що здійснюють міжнародні перевезення матимуть вигляд функції:

$$D_n = F(\alpha_o, \beta, l_o, A_{cc}) \quad (1)$$

де D_n – доходи від перевезень;

α_g, β – коефіцієнти відповідно використання парку та пробігу;

l_g – пробіг з вантажем, км;

A_{cc} – середньоспиксова кількість транспортних засобів, задіяних у здійсненні перевезень.

Для побудови моделі використовувались дані щомісячних звітів управлінського обліку ВАТ АТП - 1 м. Києва за два роки.

Статистична обробка інформації покроковим методом, в середовищі програмного продукту SPSS, дозволила отримати модель та описові характеристики для моделі отримання доходів від міжнародних перевезень (табл. 1).

Таблиця 1

Основні коефіцієнти та критерії оцінки моделі D_z

Модель	$D_n = -536235,177 + 392486\alpha_g + 1,935l_g + 97318,565A_{cc}$					
Показник	Коефіцієнт кореляції	Коефіцієнт детермінації	Критерій Фішера розрахунковий	Критерій Фішера табличний	Задана надійність	Дисперсійно-інфляційний фактор
Позначення	R	R^2	F_p	F_T	P	VIF
Значення показника	0,988	0,975	39,738	5,14	0,95	2,936 1,653 2,487

Виходячи з проведених розрахунків коефіцієнт використання пробігу β було вилучено з моделі, як не значимий. Слід зазначити, що статистичні вибірки значень показників необхідно переглядати після кожного плануемого періоду та коригувати модель. Тоді може змінюватись кількість та перелік показників моделі.

Як показують дослідження (табл. 2) всі показники системної моделі підпорядковані нормальному закону розподілу

$$P(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma_x^2}} \quad (2)$$

де $P(x)$ ймовірність появи значення показника x ;

\bar{x} – середнє значення вибірки;

σ_x – середньоквадратичне відхилення;

σ_x^2 – дисперсія;

Перевірку відповідності закону розподілу показників нормальному закону здійснено за допомогою тесту Колмогорова - Смірнова згідно з яким, розраховується ймовірність випадкового відхилення фактичної функції розподілу від теоретичної – p . Можна вважати, що розподіл відповідає нормальному закону якщо $p = 0,3...1,0$

Таблиця 2

Описові характеристики основних показників роботи

Показник	Мінімум	Максимум	Середнє	σ_x	σ_x^2	Z	p
Доходи міжнародних перевезень	165451	449422	362934	91773,9	8,422E+09	0,977	0,295
Коефіцієнт використання РС	0,490	0,640	0,561	0,059	3,460E-03	0,546	0,926
Пробіг з вантажем	62456,0	123297,0	106617,6	20445,4	4,180E+08	0,965	0,310
Середньооблікова чисельність рухомого складу	4,000	5,000	4,857	0,378	1,429E-01	1,335	0,057

Аналіз показників моделі проведемо за такою методикою. Будемо по черзі змінювати кожен фактор на 1 відсоток та реєструвати відсоток зміни залежного показника. При зміні кожного з факторів, всі інші будуть зберігати свої середні значення. В табл. 3 наведені дані аналізу регресійної моделі залежності величини доходів від факторів, що на них впливають при зміні кожного з показників на 1%, на 40% в бік збільшення та на 60% в бік зменшення.

Таблиця 3

Вплив факторів на обсяги перевезень

Фактори		Міжнародні перевезення		
		α_e	I_e	A_{cc}
Середнє фактора	Значення	0,560857	106617,6	4,857143
	%	100	100	100
Доходи	Значення	362888,5863		
	%	100		
Зміна фактора	Значення	0,566466	107683,7	4,905714
	%	101	101	101
Зміна доходів	Значення	365090	364951,49	367615,45
	%	100,60665	100,56847	101,30256
Зміна фактора	Значення	0,785199	149264,64	6,8
	%	140	140	140
Зміна доходів	Значення	450939,7	445410,61	551964,64
	%	124,26395	122,74032	152,10306
Зміна фактора	Значення	0,22434	42647,04	1,94286
	%	40	40	40
Зміна доходів	Значення	230810,4	239105,6	79274,747
	%	63,603646	65,889521	21,845478

На доходи від перевезень позитивно впливають всі показники моделі: коефіцієнт використання парку, пробіг з вантажем та середньооблікова кількість автомобілів, тобто при збільшенні значень цих показників, спостерігається збільшення значення доходів від перевезень.

За даними досліджень на рис. 1 побудовано номограму, що складається з графіків залежності доходів від впливаючих на них факторів.

Інтегральна крива розподілу факторів побудована на рисунку 2. За допомогою цього графіку можна оцінити ймовірність появи того чи іншого значення фактора та спрогнозувати значення фактора з ймовірністю, що задовольняє умовам процесу функціонування. Стрілками на рис. 3.7 показано процес визначення зміни доходів від перевезень при збільшенні середньооблікової кількості автомобілів на 5% відносно середнього значення. Також наведено приклад розрахунку фактичного значення середньооблікової кількості автомобілів. Після визначення фактичного значення фактора за допомогою інтегральної кривої розподілу (рис. 2) визначаємо ймовірність появи цього значення. Процес визначення ймовірності показано стрілками. Отже, при забезпеченні значення середньооблікової кількості автомобілів 5,099 з ймовірністю 0,55 можемо визначити, що ми отримаємо доходи від перевезень в розмірі 386504 грн.

Застосування даних графіків в комплексі при здійсненні необхідних розрахунків за структурними зв'язками з іншими показниками дозволяє визначати вплив факторів на показники ефективності та кінцеві результати діяльності підприємства (доходи, витрати та прибуток від перевезень). Наведені приклади свідчать про перспективність використання цих моделей для прогнозування, оптимізації процесів функціонування та прийняття відповідних управлінських рішень, які повинні забезпечити заданий рівень ефективності.

Але на даному етапі ми можемо досліджувати лише окремо вплив кожного фактора на доходи від перевезень та визначати бажані задані значення з відповідною ймовірністю.

Для побудови рівнянь оптимального управління за допомогою яких можна оптимізувати процеси перевезень вантажів необхідно визначити задані значення показників в рівняннях оптимального управління. Бажані значення показників з відповідною ймовірністю можна визначити за допомогою номограми визначення впливу факторів на доходи від перевезень та теоретичної кривої для визначення ймовірності появи значень факторів, що впливають на доходи (рис. 1 та 2).

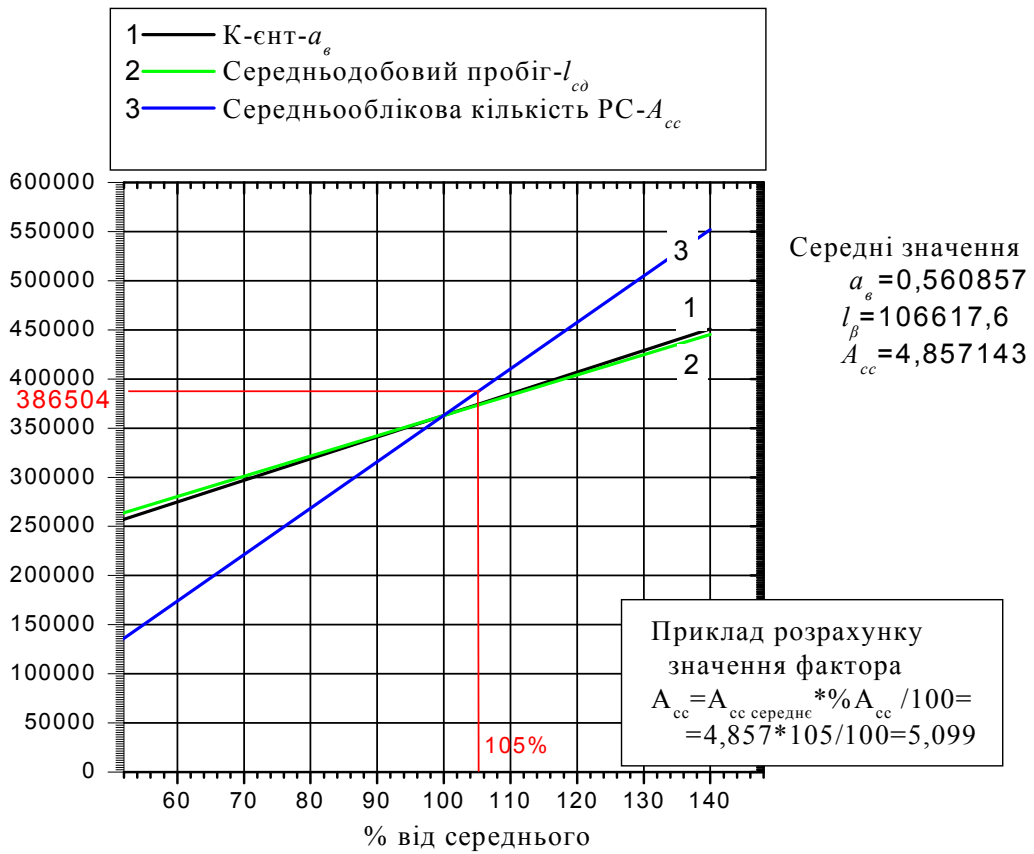


Рис. 1. Номограма визначення впливу факторів на доходи від перевезень

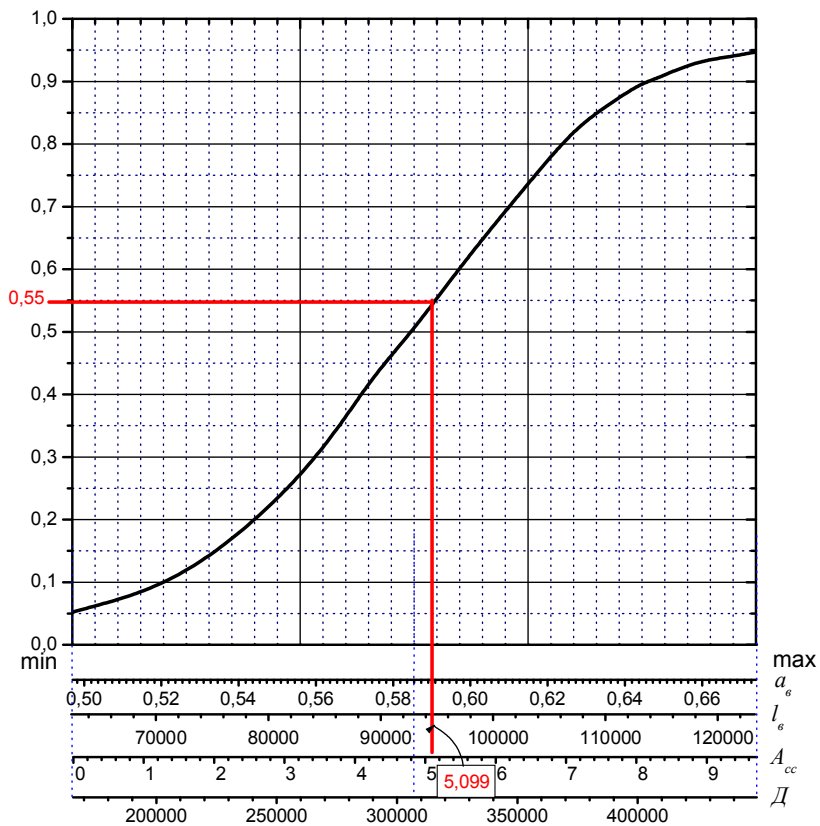


Рис. 2. Теоретична крива для визначення ймовірності появи значень факторів, що впливають на доходи від перевезень.

В відповідності з виразом. 1 та табл. 1 модель, що характеризує залежність обсягів перевезень

від факторів, що на них впливають, описується математичним виразом:

$$D_n = C_0 + C_1\alpha_g + C_2l_g + C_3A_{cc} \quad (3)$$

де $C_0 = -536235,177$; $C_1 = 392486$; $C_2 = 1,935$; $C_3 = 97318,565$ – параметри рівняння регресії.
Критеріальна функція, яка повинна оптимізуватись, має вигляд

$$F = \psi_1(\overline{D_n} - D_n)^2 + \psi_2(\overline{\alpha_g} - \alpha_g)^2 + \psi_3(\overline{l_g} - l_g)^2 + \psi_4(\overline{A_{cc}} - A_{cc})^2, \quad (4)$$

де ψ_1, \dots, ψ_4 - додатні вагові коефіцієнти;

$D_n, \alpha_g, l_g, A_{cc}, \overline{D_n}, \overline{\alpha_g}, \overline{l_g}, \overline{A_{cc}}$ - відповідно змінні стану та управління.

Цільову функцію можна виразити шляхом підстановки D_n із моделі (3) у вираз (4) у вигляді

$$G = \psi_1(\overline{D_n} - C_0 - C_1\alpha_g - C_2l_g - C_3A_{cc})^2 + \psi_3(\overline{l_g} - l_g)^2 + \psi_4(\overline{A_{cc}} - A_{cc})^2 \quad (5)$$

Умовами мінімуму є

$$\frac{dG}{d\alpha_g} = 2\psi_1(\overline{D_n} - C_0 - C_1\alpha_g - C_2l_g - C_3A_{cc})(-C_1) + 2\psi_2(\overline{\alpha_g} - \alpha_g)(-1) = 0;$$

$$\frac{dG}{dl_g} = 2\psi_1(\overline{D_n} - C_0 - C_1\alpha_g - C_2l_g - C_3A_{cc})(-C_2) + 2\psi_3(\overline{l_g} - l_g)(-1) = 0 \quad (6)$$

$$\frac{dG}{dA_{cc}} = 2\psi_1(\overline{D_n} - C_0 - C_1\alpha_g - C_2l_g - C_3A_{cc})(-C_3) + 2\psi_4(\overline{A_{cc}} - A_{cc})(-1) = 0;$$

$$\frac{d^2G}{d\alpha_g^2} = 2\psi_1C_1^2 + 2\psi_2 > 0;$$

$$\frac{d^2G}{dl_g^2} = 2\psi_1C_2^2 + 2\psi_3 > 0;$$

$$\frac{d^2G}{dA_{cc}^2} = 2\psi_1C_3^2 + 2\psi_4 > 0.$$

Звівши подібні члени, отримаємо

$$\begin{aligned} \alpha_g(\psi_1C_1^2 + \psi_2) + l_g\psi_1C_1C_2 + A_{cc}\psi_1C_1C_3 &= \overline{D_n}\psi_1C_1 + \overline{\alpha_g}\psi_2 - \psi_1C_0C_1; \\ \alpha_g\psi_1C_1C_2 + l_g(\psi_1C_2^2 + \psi_3) + A_{cc}\psi_1C_2C_3 &= \overline{D_n}\psi_1C_2 + \overline{l_g}\psi_3 - \psi_1C_0C_2; \\ \alpha_g\psi_1C_1C_3 + l_g\psi_1C_2C_3 + A_{cc}(\psi_1C_3^2 + \psi_4) &= \overline{D_n}\psi_1C_3 + \overline{A_{cc}}\psi_4 - \psi_1C_0C_3. \end{aligned} \quad (7)$$

Рівняння (7) представляють систему, вирішуючи яку можна отримати оптимальні значення α_g, l_g, A_{cc} .

Позначимо:

$$a_1 = \psi_1C_1^2 + \psi_2; \quad a_2 = \psi_1C_1C_2;$$

$$a_3 = \psi_1C_1C_3; \quad a_4 = \psi_1C_2^2 + \psi_3;$$

$$a_5 = \psi_1C_2C_3; \quad a_6 = \psi_1C_3^2 + \psi_4;$$

$$h_1 = \overline{D_n}\psi_1C_1 + \overline{\alpha_g}\psi_2 - \psi_1C_0C_1;$$

$$h_2 = \overline{D_n}\psi_1C_2 + \overline{l_g}\psi_3 - \psi_1C_0C_2;$$

$$h_3 = \overline{D_n}\psi_1C_3 + \overline{A_{cc}}\psi_4 - \psi_1C_0C_3;$$

Отримаємо систему:

$$a_1\alpha_g + a_2l_g + a_3A_{cc} = h_1;$$

$$\begin{aligned} a_2 \alpha_e + a_4 l_e + a_5 A_{cc} &= h_2; \\ a_3 \alpha_e + a_5 l_e + a_6 A_{cc} &= h_3; \end{aligned}$$

Визначники системи:

$$\begin{aligned} \Delta &= \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_2 & a_4 & a_5 \\ a_3 & a_5 & a_6 \end{vmatrix} = a_1 a_4 a_6 + a_2 a_3 a_5 + a_2 a_3 a_5 - a_3 a_3 a_4 - a_2 a_2 a_6 - a_1 a_5 a_5; \\ \Delta \alpha_e &= \begin{vmatrix} h_1 & a_2 & a_3 \\ h_2 & a_4 & a_5 \\ h_3 & a_5 & a_6 \end{vmatrix} = h_1 a_4 a_6 + h_2 a_3 a_5 + h_3 a_2 a_5 - h_3 a_3 a_4 - h_2 a_2 a_6 - h_1 a_5 a_5; \\ \Delta l_e &= \begin{vmatrix} a_1 & h_1 & a_3 \\ a_2 & h_2 & a_5 \\ a_3 & h_3 & a_6 \end{vmatrix} = h_2 a_1 a_6 + h_3 a_2 a_3 + h_1 a_3 a_5 - h_2 a_3 a_3 - h_1 a_2 a_6 - h_3 a_1 a_5; \\ \Delta A_{cc} &= \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & h_1 \\ a_2 & a_4 & h_2 \\ a_3 & a_5 & h_3 \end{vmatrix} = h_3 a_1 a_4 + h_1 a_2 a_5 + h_2 a_2 a_3 - h_1 a_3 a_4 - h_3 a_2 a_2 - h_2 a_1 a_5. \end{aligned} \quad (8)$$

Згідно з формулами Крамера

$$\Delta \alpha_e = \frac{\Delta \alpha_e}{\Delta}; \quad \Delta l_e = \frac{\Delta l_e}{\Delta}; \quad \Delta A_{cc} = \frac{\Delta A_{cc}}{\Delta}. \quad (9)$$

Підставивши (8) в (9), отримаємо рівняння оптимального управління в загальному вигляді:

$$\begin{aligned} \alpha_e &= K_1 \overline{D_n} + K_2 \overline{\alpha_e} + K_3 \overline{l_e} + K_4 \overline{A_{cc}} + K_5; \\ l_e &= K_6 \overline{D_n} + K_7 \overline{\alpha_e} + K_8 \overline{l_e} + K_9 \overline{A_{cc}} + K_{10}; \\ A_{cc} &= K_{11} \overline{D_n} + K_{12} \overline{\alpha_e} + K_{13} \overline{l_e} + K_{14} \overline{A_{cc}} + K_{15}, \end{aligned}$$

$$\text{де } K_1 = -\frac{\psi_1^2 \psi_3 C_3^2}{D}; \quad K_2 = \frac{\psi_2 (\psi_1 C_2^2 + \psi_3) (\psi_1 C_3^2 + \psi_4)}{D};$$

$$K_3 = \frac{\psi_1 C_2 (-\psi_3 \psi_4 - \psi_1 \psi_2 C_2 C_3^2)}{D}; \quad K_4 = -\frac{\psi_1 \psi_3 \psi_4 C_1 C_3}{D};$$

$$K_5 = -\frac{\psi_1 \psi_3 \psi_4 C_1 C_0}{D}; \quad K_6 = \frac{\psi_1 \psi_2 \psi_4 C_2}{D}; \quad K_7 = -\frac{\psi_1 \psi_2 \psi_4 C_1 C_2}{D};$$

$$K_8 = \frac{\psi_3 (\psi_1 \psi_4 C_1^2 + \psi_1 \psi_2 C_3^2 + \psi_2 \psi_4)}{D}; \quad K_9 = -\frac{\psi_1 \psi_2 \psi_4 C_2 C_3}{D};$$

$$K_{10} = -\frac{\psi_1 \psi_2 \psi_4 C_0 C_2}{D}; \quad K_{11} = \frac{\psi_1 \psi_2 \psi_3 C_3}{D}; \quad K_{12} = -\frac{\psi_1 \psi_2 \psi_3 C_1 C_3}{D};$$

$$K_{13} = -\frac{\psi_1 \psi_2 \psi_3 C_2 C_3}{D}; \quad K_{14} = \frac{\psi_4 (\psi_1 \psi_3 C_1^2 + \psi_1 \psi_2 C_2^2 + \psi_2 \psi_4)}{D};$$

$$K_{15} = -\frac{\psi_1 \psi_2 \psi_3 C_0 C_3}{D};$$

$$D = \psi_2 \psi_3 (\psi_1 C_3^2 + \psi_4) + \psi_1 \psi_4 (\psi_3 C_1^2 + \psi_2 C_2^2).$$

Підставивши значення в отримані формули та здійснивши відповідні розрахунки отримаємо:

$$\begin{aligned}
K_1 &= 0,196332 \cdot 10^{-5}; & K_2 &= 0,015882; & K_3 &= -0,219771 \cdot 10^{-5}; \\
K_4 &= -0,064053; & K_5 &= -0,028751; & K_6 &= 0,503214 \cdot 10^{-10}; \\
K_7 &= -0,219771 \cdot 10^{-5}; & K_8 &= 1,003; & K_9 &= -0,000011; \\
K_{10} &= -0,000807; & K_{11} &= 0,235746 \cdot 10^{-5}; & K_{12} &= -0,064052; \\
K_{13} &= -0,000011; & K_{14} &= 0,258324; & K_{15} &= 5,626054;
\end{aligned}$$

При розрахунках бралось за умову, що підприємство на момент оптимізації в змозі повністю забезпечити ресурсами досягнення заданих значень результуючих показників. За умовою доцільності використовувалась середньозважена квадратична функція і значення вагових коефіцієнтів було прийнято рівними 0,5 [4].

Тоді рівняння оптимального управління матимуть вигляд:

$$\begin{aligned}
\alpha_g &= 0,196332 \cdot 10^{-5} \overline{D}_n + 0,015882 \overline{\alpha}_g - 0,219771 \times 10^{-5} \overline{l}_g - 0,064053 \overline{A}_{cc} - 0,028751; \\
l_g &= 0,503214 \times 10^{-10} \overline{D}_n - 0,219771 \times 10^{-5} \overline{\alpha}_g + 1,003 \overline{l}_g - 0,000011 \overline{A}_{cc} - 0,000807; \\
A_{cc} &= 0,235746 \times 10^{-5} \overline{D}_n - 0,064052 \overline{\alpha}_g - 0,000011 \overline{l}_g + 0,258324 \overline{A}_{cc} + 5,626054,
\end{aligned}$$

Оптимальні числові значення заданих бажаних значень показників визначених за допомогою номограми визначення впливу факторів на доходи від перевезень та теоретичної кривої для визначення ймовірності появи значень факторів, що впливають на доходи від перевезень (рис. 1 та 2) можуть бути відкориговані за допомогою нормативно-довідкової літератури виходячи з умов перевезень та наявного рухомого складу, та з урахуванням відповідності до наявної кількості ресурсів для забезпечення цих значень, а також можуть бути отримані шляхом прогнозування.

В будь-якому випадку необхідно здійснити постановку множини управлінських завдань Z_{jk} , які необхідно вирішити для забезпечення заданих значень показників моделі, а відповідно і заданих бажаних обсягів доходів від перевезень ($D_n = \overline{D}_n$).

Системний розгляд показників $\alpha_g, \beta, l_g, A_{cc}$ показує, що за допомогою їх зміни можна формувати відповідні управлінські рішення.

Якщо, $\overline{D}_n = D_n$, то значення величин $\alpha_g, \beta, l_g, A_{cc}$ забезпечують отримання бажаного розміру доходів від перевезень \overline{D}_n .

Завдання вдосконалення управління перевезеннями вантажів може бути сформульоване таким чином:

$\Delta D_n = \overline{D}_n - D_n$ – сумарне недовиконання запланованого значення доходів від перевезень ($\overline{D}_n > 0$);

$\Delta D_n(\alpha_g)$ – доходи від перевезень, які можуть бути отримані за рахунок збільшення коефіцієнта використання парку;

$\Delta D_n(l_g)$ – доходи від перевезень, які можуть бути отримані за рахунок збільшення пробігу з вантажем;

$\Delta D_n(A_{cc})$ – доходи від перевезень, які можуть бути отримані за рахунок зміни середньооблікової кількості автомобілів.

При цьому можна записати

$$\Delta D_n = \Delta D_n(\alpha_g) + \Delta D_n(l_g) + \Delta D_n(A_{cc}). \quad (10)$$

Величина ΔD_n розбивається по днях і місяцях.

Якщо не забезпечується виконання обсягів перевезень ΔD_n за рахунок величин $\Delta \alpha_g, \Delta l_g, \Delta A_{cc}$, тоді можуть бути розглянуті інші показники, наприклад, коефіцієнт використання пробігу, вантажність рухомого складу, час роботи в наряді, коефіцієнт використання вантажопідйомності та ін.

На основі прогностичних оцінок величин D_n та \overline{D}_n формується набір управлінських рішень, реалізація яких забезпечує оптимальне перевезення вантажів та отримання доходів (рис. 3).

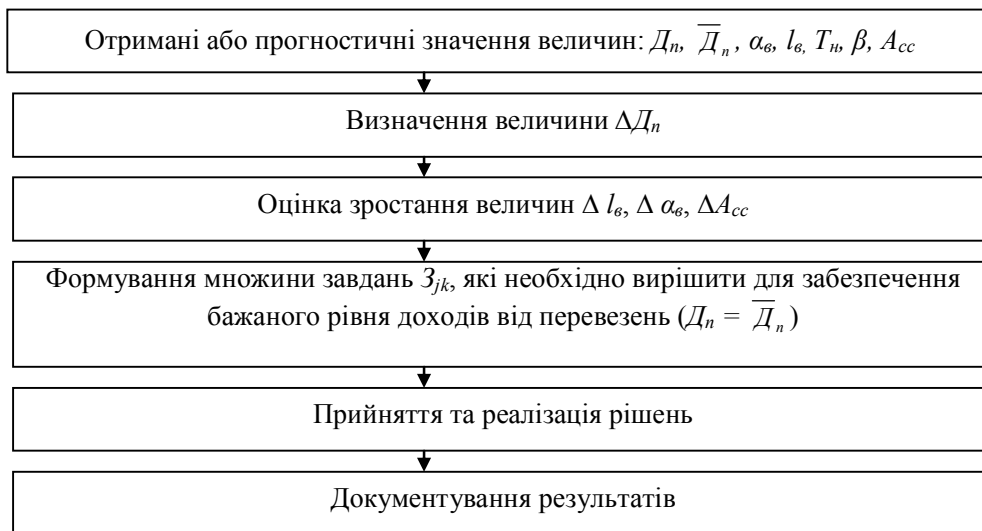


Рис. 3. Структурна схема алгоритму забезпечення бажаного рівня доходів від перевезень

Реалізація рівнянь оптимального управління передбачає виконання управлінських процедур згідно з алгоритмом забезпечення ефективності перевезення вантажів (рис. 4.)

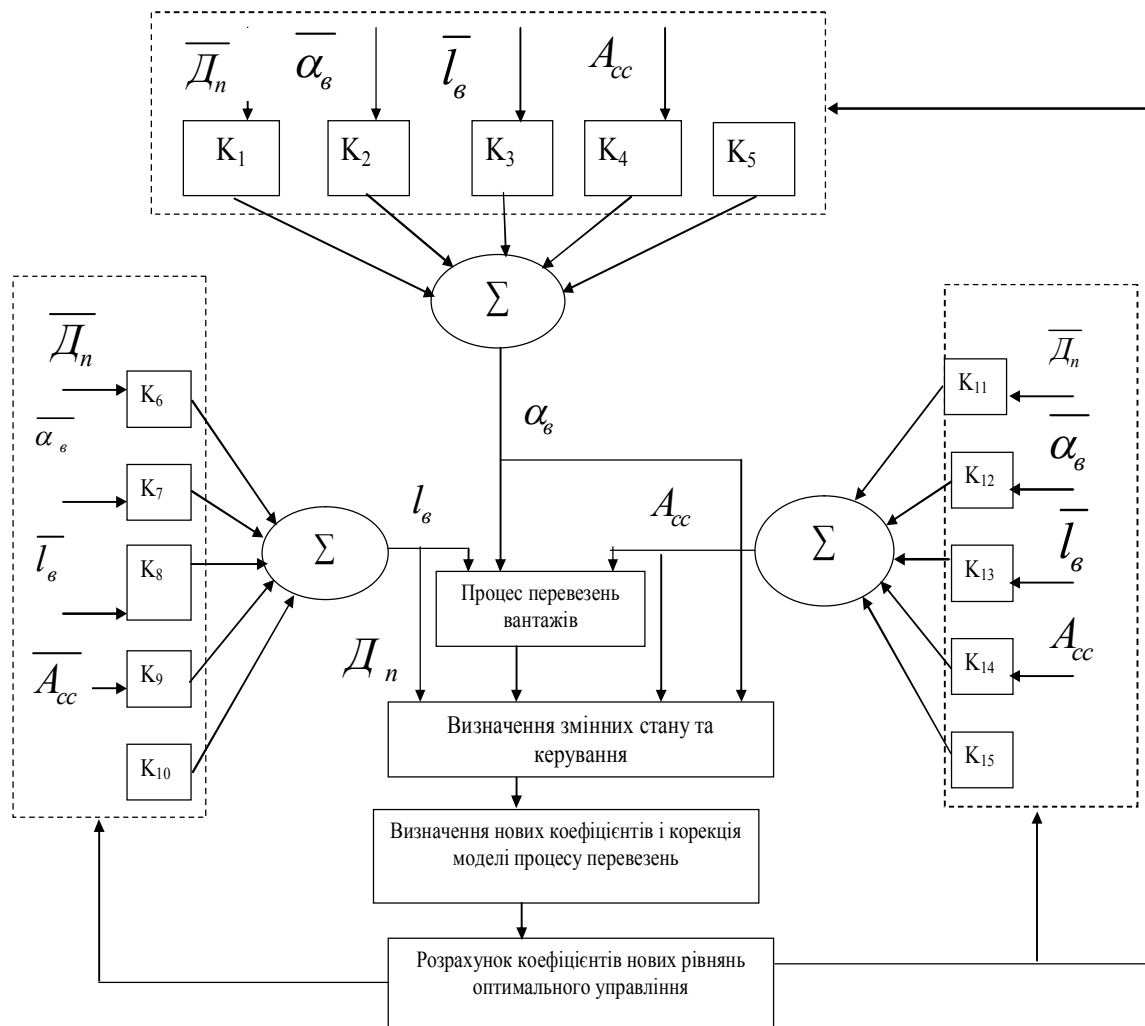


Рис. 4. Структурна схема оптимізації показників ефективності перевезень

Постановка та реалізація множини завдань Z_{jk} повинна відбуватись з урахуванням оцінки відповідних співвідношень між ресурсами для їх розв'язання та отриманими результатами.

Висновки

В статті запропоновано методику моделювання процесів функціонування автотранспортних

підприємств та визначення оптимальних значень показників ефективності на основі яких можна отримувати оптимальні управлінські рішення.

За допомогою запропонованої методики можна комплексно вирішувати задачі забезпечення необхідного рівня ефективності перевезень.

Запропоновані методи можуть успішно використовуватись на підприємствах різних форм власності, а також на підприємствах інших галузей економіки.

Подальші розвідки в даному напрямку полягають в практичній реалізації та апробації запропонованих методів.

Література

1. *Системна* ефективність на транспорті. Методи, моделі і стратегії / П.Р. Левковець, Ю.М. Гедз, О.В. Канарчук, Г.Л. Кришан, М.Д. Сендак; Під редакцією П.Р. Левковця. – К.: НТУ, ІЕБТ, 2002. – 216 с.

2. *Грисюк Ю.С.* Формування системної моделі функціонування автотранспортних підприємств // Вісник НТУ, ТАУ. – 2004. – №9. – С. 211 – 219.

3. *Грисюк Ю.С.* Розробка моделей логістичного управління процесами функціонування транспортних підприємств // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ. – 2007. – Вип. 4. – С. 223 – 231.

4. *Ли Т.Г., Адамс Г.Э., Гейнз У.М.* Управление процессами с помощью вычислительных машин: Моделирование и оптимизация: Пер. с англ., под ред. В.И. Мудрова. – М.: Изд-во Советское радио, 1972. – 312 с.