

практичної конференції. – К.: «Інформаційно-аналітичне агентство», 2019. – С. 323 – 326.

7. Резнікова Н.В. Міжнародне співробітництво в сфері економічної політики: проблема збереження суверенітету та аналіз потенційних вигод / Н.В. Резнікова // Актуальні проблеми міжнародних відносин. – 2013. – Вип. 113 (Ч. II). – С. 149-159.

Відякіна М. М. Теоретичне моделювання координації міжнародної економічної політики / М. М. Відякіна, Н. В. Резнікова // Культура народів Причорномор'я (Проблеми матеріальної культури. Экономика. География). – 2014. – № 257. – С. 46-52.

9. Резнікова Н. В. Глобальні і регіональні екологічні проблеми / Н. В. Резнікова. – К.: Вістка, 2016. – 324 с.

10. Reznikova N. Transnationalization as an aggravator of the nature use problem: challenges on the way to sustainable development [Electronic resource] / N. Reznikova // Міжнародні відносини. Серія «Економічні науки». – 2016. – №7. – Mode of access: http://journals.iir.kiev.ua/index.php/ec_n/issue/view/163

11. Reznikova N. Ecological imperatives for extension of globalization processes: problem of economic security / N. Reznikova // Інвестиції: практика та досвід. – 2016. – № 21. – С. 23-26.

Перхун Л.П.,

*кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри економіко-математичних дисциплін
та інформаційних технологій,*

Товмаченко Н.М.,

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
доцент кафедри економіко-математичних дисциплін
та інформаційних технологій,
Національна академія статистики, обліку та аудиту, м. Київ*

ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ В ПЛАНУВАННІ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Будь-яке виробництво обов'язково має справу з транспортуванням вантажу – сировини або готової продукції. Отже, задача оптимізації транспортних витрат є завжди актуальною. У деяких випадках вибір варіанту перевезень очевидний, виходячи з міркувань мінімізації витрат. Однак іноді необхідно одночасно враховувати ряд обмежень – наприклад, на об'єм та на вантажо-підйомність однієї одиниці транспорту. У таких випадках на допомогу приходять математичні оптимізаційні моделі. Розглянемо одну з таких задач.

Припустимо, що деяке підприємство має з певною періодичністю перевозити в інший регіон на відстань 820 км металеві деталі у кількості 1000 шт. Кожна деталь має вагу 62 кг і займає об'єм 0,3м³. Характеристики автомобілів, які можуть використовуватись для перевезення, подано у таблиці 1.

**Характеристики автомобілів,
які використовуються для перевезення вантажів**

Максимальна вантажопідйомність, т	Максимальний об'єм, м ³	Витрати на 1 км, грн.
3	15	5,50
5	36	10,40
10	40	13,20
20	86	18,00

Необхідно розрахувати, які автомобілі і у якій кількості слід використовувати при транспортуванні вантажу, щоб загальна вартість перевезення була мінімальною.

Введемо позначення:

n – кількість типів автомобілів з різними характеристиками ($n = 4$);

i – номер типу автомобіля ($i = 1, 2, 3, 4$);

x_1, x_2, \dots, x_n – шукана кількість автомобілів кожного типу, які слід використовувати для перевезення вантажу;

m_i – максимальна вантажопідйомність автомобіля типу i ($m_1 = 3, m_2 = 5, m_3 = 10, m_4 = 20$);

V_i – максимальний об'єм вантажу, який може перевезти автомобіль типу i ($V_1 = 15, V_2 = 36, V_3 = 40, V_4 = 86$);

c_i – вартість пробігу 1 км автомобіля типу i ($c_1 = 5.50, c_2 = 10.40, c_3 = 13.20, c_4 = 18.00$);

S – відстань, на яку треба перевезти вантаж ($S = 820$);

m – вага однієї деталі ($m = 62$ кг);

V – об'єм одиниці вантажу ($V = 0.3$ м³);

N – кількість деталей, які слід перевезти.

Для розв'язання даного завдання у першу чергу слід розрахувати місткість автомобіля кожного типу не в кг, не в м³, а «у штуках деталей», які слід перевезти.

Так, якщо враховувати тільки максимальну вантажопідйомність, місткість автомобіля «у штуках деталей» розраховується за формулою:

$$d_i^e = \left\lfloor \frac{m_i * 1000}{m} \right\rfloor, \quad (1)$$

де знак $\lfloor \rfloor$ позначає округлення до найменшого цілого.

Розрахунок місткості наявних автомобілів за формулою (1) узагальнено у таблицю 2.

Місткість автомобілів у деталях з врахуванням максимальної вантажопідйомності (формула (1))

Максимальна вантажопідйомність, т	Формула розрахунку	Максимальна вантажопідйомність, дет.
3	$d_1^e = \left\lfloor \frac{3 * 1000}{62} \right\rfloor$	48
5	$d_2^e = \left\lfloor \frac{5 * 1000}{62} \right\rfloor$	80
10	$d_3^e = \left\lfloor \frac{10 * 1000}{62} \right\rfloor$	161
20	$d_4^e = \left\lfloor \frac{20 * 1000}{62} \right\rfloor$	322

Однак для кожного типу автомобілю його місткість обмежується ще й об'ємом. Якщо враховувати тільки максимальний об'єм, місткість автомобіля «у штуках деталей» розраховується за формулою:

$$d_i^o = \left\lfloor \frac{V_i}{V} \right\rfloor. \quad (2)$$

Розрахунок місткості наявних автомобілів за формулою (2) узагальнено у таблицю 3.

Місткість автомобілів у деталях з врахуванням максимального об'єму (формула (2))

Максимальна вантажопідйомність, т	Формула розрахунку	Максимальна вантажопідйомність, дет.
3	$d_1^o = \left\lfloor \frac{15}{0,3} \right\rfloor$	50
5	$d_2^o = \left\lfloor \frac{36}{0,3} \right\rfloor$	120
10	$d_3^o = \left\lfloor \frac{40}{0,3} \right\rfloor$	133
20	$d_4^o = \left\lfloor \frac{86}{0,3} \right\rfloor$	286

Як бачимо з таблиць 2 і 3, максимальна місткість автомобілей, розрахована за формулами (2) і (3), різна. Для пошуку спільного рішення з двох знайдених альтернатив слід обрати найменшу:

$$d_i = \min \{d_i^e, d_i^o\}. \quad (3)$$

Розрахунок місткості наявних автомобілів «у штуках деталей» за формулою (3) узагальнено у таблицю 4.

**Місткість автомобілів у деталях з врахуванням
максимального об'єму (формула (3))**

Максимальна вантажопідйомність, т	Формула розрахунку	Максимальна вантажопідйомність, дет.
3	$d_1 = \min\{48, 50\}$	48
5	$d_2 = \min\{80, 120\}$	80
10	$d_3 = \min\{161, 133\}$	133
20	$d_4 = \min\{322, 286\}$	286

З врахуванням описаних попередніх розрахунків, можна скласти обмеження моделі:

$$d_1x_1 + d_2x_2 + d_3x_3 + d_4x_4 \geq 1000 \quad (4)$$

Формула (4) показує, що загальна кількість перевезених деталей не може бути менша запланованої кількості – 1000 шт.

Цільова функція задачі – мінімізація вартості перевезення:

$$F = 820(c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4) \rightarrow \min.$$

На змінні x_1, x_2, x_3, x_4 накладаються умови цілочисельності і невід'ємності (так як вони показують кількість автомобілів).

В узагальненому вигляді модель буде записана так:

$$F = S(c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4) \rightarrow \min$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \cdot \min \left\{ \left\lfloor \frac{m_i * 1000}{m} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{V_i}{V} \right\rfloor \right\} \geq N, \quad (5)$$

$$x_i \geq 0, x_i \in Z, i = \overline{1:n}.$$

Отже, для рішення задачі формування оптимального кортежу перевезення вантажу побудована оптимізаційна модель цілочисельного програмування.

Дана модель може розв'язуватись у різних програмних засобах. Авторами використано інструмент «Пошук рішення» в Microsoft Excel. Отримано оптимальне рішення: для перевезення вантажу у кількості 1000 деталей слід використовувати по 3 автомобіля вантажопідйомністю 3 т і 20 т. При цьому загальна вартість перевезення становитиме 57810 грн.

Запропонована модель може буде застосована для перевезень як автомобільним, так і іншими видами транспорту, а також їх комбінацією.

Список використаних джерел:

1. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є. А. Лавров та ін. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 212 с.