

УДК 656.02

МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОНОМЕНКЛАТУРНИХ ЗАМОВЛЕНЬ З ФУНКЦІЄЮ ТРАНСПОРТНИХ ВИТРАТ ДРІБНОПАРТІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДОВАНТАЖЕННЯМ

Петровський А.В., Петровський В.П.

Херсонський національний технічний університет

На сьогоднішній час серед моделей визначення оптимальної кількості позицій асортименту в умовах формування багатоміністерських замовлень всі транспортні витрати визначають якою-небудь константою витрат на одне палетомісце кожного типу вантажу або без урахування типу вантажу. На основі аналізу конкретного ринку транспортних послуг можна побудувати аналітичну залежність транспортних витрат від кількості палетомісць для перевезень довантаженням з подальшим використанням у моделі формування замовлення. У статті вперше використано змінні транспортні витрати при моделюванні кількості позицій багатоміністерського замовлення зі знижками цін закупівлі при дрібнопартійних перевезеннях довантаженням. Недолік – необхідність нового моделювання функції транспортних витрат при зміні напрямку перевезень. Практичне використання розробленої моделі можливе у програмних пакетах ІС для невеликих підприємств з обсягами торгівлі, що дозволяють дрібну доставку товару. Розроблена модель дає альтернативу наявній кількості моделей з фіксованою ціною транспортних послуг.

Ключові слова: багатоміністерський заказ, функція транспортних витрат, цільова функція, система обмежень.

Вступ. Конкуренездатність торговельних організацій в умовах зростання економіки України внаслідок складних політичних та економічних реалій прямо пропорційно залежить не тільки від активності відділів збуту, а й від можливостей зменшення відпускної ціни. Один з параметрів, на який торговельна організація має вплив, – це транспортні витрати. Моделювання складської діяльності неможливе без урахування транспортної складової, оскільки вартість доставки прямо переноситься на ціну приходування товару на склад. Тому використання моделей оптимізації цих витрат є одним з важелів зменшення собівартості товарів.

Актуальність досліджень. На сьогоднішній час серед моделей визначення оптимальної кількості позицій асортименту в умовах формування багатоміністерських замовлень всі транспортні витрати визначають якою-небудь константою витрат на одне палетомісце кожного типу вантажу або без урахування типу вантажу (лише як витрати на перевезення в середньому на одне палетомісце) [1–3]. При обмеженнях складської площі торговельного підприємства та наданні йому цінових знижок від постачальника за деякими позиціями асортименту, вибір кількості закупівель з урахуванням змінних транспортних витрат є дуже не однозначною задачею. Найбільш привабливішою моделлю на сьогоднішній день є модель залежності витрат доставки від обсягу замовлення [1], однак, транспортні витрати передбачаються як зворотно пропорційні кількості кожної позиції асортименту у багатоміністерському замовленні. Спрощення визначення транспортних витрат без урахування напрямків перевезень/типів вантажу при цьому приводить до неможливості заздалегідь точніше прорахувати транспортні витрати, а значить нівелює можливе зменшення відпускної ціни за рахунок зменшення вартості транспортних перевезень. Результат аналізу ринку транспортних послуг України [4, 5] показав, що на вартість транспортних послуг впливає не тільки відстань транспортування, вид вантажівки, її фізичні параметри [6], а й напруженість транспортних напрямків: чим більше наявна кількість заяв на перевезення від відповідних юридичних осіб, тим вартість перевезень нижче. Крім того, необхідно враховувати також моделі зменшення великої партії на сукупність менших, оскільки у деяких випадках це дозволяє знизити транспортні

витрати супроти загально визначеної думки зменшення витрат при збільшенні обсягів перевезень [7].

Мета дослідження – розробка моделі формування оптимальної кількості асортименту багатонаменклатурного замовлення з функцією транспортних витрат при дробленні великої партії на сукупність менших партій для перевезень довантаженням великовантажних автомобілів. Об'єктами дослідження у статті є: ринок транспортних послуг України та закупівельна діяльність торгівельних підприємств. Предметом дослідження є логістика закупівель торгівельних організацій. Методами дослідження є: аналіз всеукраїнської біржи транспортних послуг [4, 5], операційний аналіз закупівельної діяльності.

Результати досліджень. У витратах по складу враховують постійні та змінні витрати, останні можливо розрахувати як середні за місяць (електроенергія, опалення у зимовий період, якщо воно нерівномірно розподіляється на місяці року), паливо, мастила для складської техніки, витрати на її технічний огляд та ремонт, канцелярські витрати). До постійних складських витрат можна віднести: витрати на оренду приміщення складу, фонд заробітної плати працівників складу, амортизація основних засобів (ПЕОМ, складської техніки).

Витрати по складу на 1 палетомісце розраховують за формулою:

$$Z_{скл_n} = \frac{Z_{пост} + Z_{зм}}{30N_{заг}}, \quad (1)$$

де $N_{заг}$ – загальна можлива кількість палетомісць на складі з урахуванням продовжних проходів та площ, зайнятих під прийомку, комплектацію та відвантаження, пал.

Альтернативний дохід оборотним коштом, вкладеними у закупівлю допоміжних обсягів палетованого вантажу складається із суми коштів, витрачених на закупівлю надзвичайних обсягів та витрат, у зв'язку зі збільшенням часу збереження (оскільки попит не збільшується, то витрати продукції по складу залишаються на попередньому рівні):

$$D_a = \sum_{i=1}^n \left((\Delta B_{зак_i} + \Delta B_{зб_i}) \frac{R}{360} (t_{2_i} - t_{1_i}) \right), \quad (2)$$

де t_{2_i}, t_{1_i} – час збереження збільшеної партії вантажу i -ї позиції асортименту та обсягу партії звичайної закупівлі відповідно, діб; R – річна ставка альтернативного доходу (оскільки підприємство не займається пошуком допоміжних напрямів розвитку бізнесу, то цю ставку можна інтерпретувати як депозит для юридичних осіб у національній валюті для банківських установ), %; n – кількість позицій асортименту; $\Delta B_{зак_i}$ – сума збільшення витрат на безпосередню закупівлю палетованого вантажу i -ї позиції асортименту, грн.; $\Delta B_{зб_i}$ – сума збільшення вартості збереження i -ї позиції асортименту, оскільки кількість діб збереження збільшиться, грн.; D_a – альтернативний дохід, грн.

$$\Delta B_{зб_i} = Z_{скл_n} (m_{2_i} - m_{1_i}) (t_{2_i} - t_{1_i}); \quad (3)$$

$$\Delta B_{зак_i} = (C_{2_i} + C_{2mp_i}) m_{2_i} - m_{1_i} (C_{1_i} + C_{1mp_i}), \quad (4)$$

де m_{1_i} – звичайний обсяг партії закупівлі i -ї позиції асортименту, пал.; C_{1_i} – закупівельна ціна при звичайному обсязі закупівель за 1 палету, грн./пал.; C_{1mp_i} – ціна за транспортування i -ї позиції асортименту в перерахунку за 1 палету (у залежності від кількості палетомісць для транспортування), при звичайному обсязі закупівель, грн./пал.;

C_{2mp_i} – ціна за транспортування i -ї позиції асортименту в перерахунку за 1 палету (у залежності від кількості палетомісць для транспортування), при надзвичайному обсязі закупівель, грн./пал.; C_{2_i} – закупівельна ціна зі знижкою 1 палети i -ї позиції асортименту, грн./пал. (при надзвичайному обсязі закупівель).

Якщо постачальник дає знижку ціни від збільшення обсягу закупівель, збільшення доходу при продажах всього закупленого збільшеного обсягу товарів можна представити формулою:

$$\Delta D = \sum_{i=1}^n m_{2_i} [(C_{1_i} + C_{1mp_i}) - (C_{2_i} + C_{2mp_i})]. \quad (5)$$

Збільшення обсягу закупівель при запропонованій ціні можливе, якщо виконується умова:

$$\Delta D - \Delta B_{зак} - D_a > 0, \quad (6)$$

де $\Delta B_{зак}$ – сума збільшення витрат на безпосередню закупівлю всього палетованого вантажу, грн.

$$\Delta B_{зак} = \sum_{i=1}^n \Delta B_{зак_i}. \quad (7)$$

Тобто повинна бути можливість одержання якого-небудь доходу від збільшення витрат на закупівлю та зростання строків збереження товарів при незмінному попиті. Зрозуміло необхідність збільшення різниці.

Цільова функція:

$$f(m_{2_i}) = \Delta D - \Delta B_{зак} - D_a \rightarrow \max. \quad (8)$$

Обмеженнями можуть виступати, наприклад прогнозована кількість вільних палетомісць на складі на момент отримання збільшеної кількості палет:

$$\sum_{i=1}^n m_{2_i} = \underbrace{S_B}_{S_B \leq N}, \quad (9)$$

де S_B – кількість вільних палетомісць, пал.

Також наявність незначної кількості оборотних коштів свідчить про необхідність прийняти його як обмеження при здійсненні закупівель понад звичайного обсягу:

$$\Delta B_{зак} + \Delta B_{зб} \leq B_{обм} + B_{зв}, \quad (10)$$

де $\Delta B_{зб}$ – різниця вартості збереження збільшеного обсягу закупівель та звичайного за всіма позиціям асортименту, грн.; $B_{обм}$ – наявні оборотні кошти, які можливо витратити на збільшення закупівель, грн.; $B_{зв}$ – оборотні кошти, які звичайно витрачаються на здійснення закупівель, грн.

$$\Delta B_{зб} = \sum_{i=1}^n \Delta B_{зб_i}. \quad (11)$$

Таким чином, математична модель нелінійного програмування (відносно m_{2_i}) є наступною:

$$f(m_{2_i}) = \sum_{i=1}^n (\Delta D_i - \Delta B_{зак_i} - D_{a_i}) \rightarrow \max; \quad (12)$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n m_{2i} = S_B \\ S_B \leq N \\ \sum_{i=1}^n (\Delta B_{закi} + \Delta B_{збi}) \leq B_{обм} + B_{зв} \\ m_{2i} \geq m_{1i} \end{cases} \quad (13)$$

При цьому збільшення строків зберігання прямо пропорційно збільшенню обсягів закупівель, оскільки попит не змінився:

$$\frac{m_{2i}}{m_{1i}} = \frac{t_{2i}}{t_{1i}}$$

Звідки

$$t_{2i} = t_{1i} \frac{m_{2i}}{m_{1i}} \quad (14)$$

З урахуванням всього вищепереліченого розгорнута цільова функція:

$$\begin{aligned} f(m_{2i}) = \sum_{i=1}^n & \left(m_{2i} (C_{1i} + C_{1mp_i} - C_{2i} - C_{2mp_i}) \right. \\ & - \frac{R}{360} t_{1i} \left(\frac{m_{2i}}{m_{1i}} - 1 \right) \left(m_{2i} (C_{2i} + C_{2mp_i}) - m_{1i} (C_{1i} + C_{1mp_i}) \right. \\ & \left. \left. + 3_{склп} (m_{2i} - m_{1i}) t_{1i} \left(\frac{m_{2i}}{m_{1i}} - 1 \right) \right) \right) \\ & - 3_{склп} (m_{2i} - m_{1i}) t_{1i} \left(\frac{m_{2i}}{m_{1i}} - 1 \right) \rightarrow \max \end{aligned} \quad (15)$$

Функції транспортних витрат (C_{1mp_i} та C_{2mp_i}) в кожному окремому напрямку необхідно будувати наново, оскільки на вартість перевезення впливає напруженість транспортних напрямків, що призводить до зміни аналітичної залежності функції транспортних витрат. В результаті досліджень виявлено також залежність вартості автоперевезень і від дня тижня. Тобто параметрів, які мають вплив на вартість перевезень багато, і для аналітичних розрахунків було проведено опитування перевізників та визначено середні вартості за перевезення палетованих вантажів приблизно однієї ваги (приблизно 0,4 т/палета).

Побудовано залежність вартості перевезень від кількості палет за принципом оптимальної доставки з мінімальною вартістю (рис. 1).

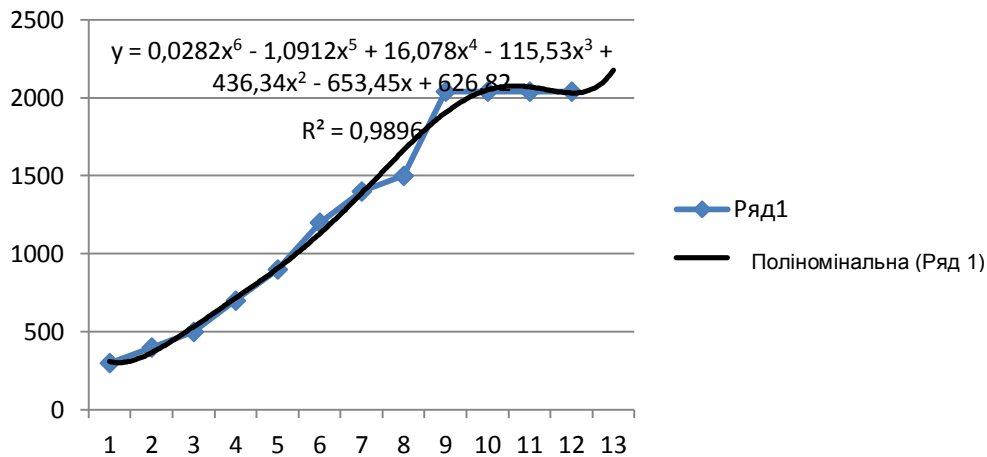


Рис. 1 – Графік залежності транспортних витрат від кількості палетомісць

Отриманий за допомогою програмного пакету MS Excel аналітичний вираз залежності вартості перевезень від кількості палет приналежить напрямку Київ-Одеса:

$$C_{2mp_i} = 0,0282m_{2_i}^6 - 1,0912m_{2_i}^5 + 16,078m_{2_i}^4 - 115,53m_{2_i}^3 + 436,34m_{2_i}^2 - 653,45m_{2_i} + 626,82, \quad (16)$$

де i – позиція асортименту у багатонаменклатурному замовленні; m_{2_i} – змінна кількість збільшеного обсягу палетованого вантажу для збереження на складі, пал.; C_{2mp_i} – ціна за транспортування i -ї позиції асортименту в перерахунку за 1 палету (у залежності від кількості палетомісць для транспортування) при збільшеному обсязі закупівель, грн./пал.

Відрізняється від ціни транспортування за звичайний обсяг вантажу тим, що при останньому можна визначити транспортні витрати на 1 палету, оскільки відома кількість вантажу, тоді як при збільшенні обсягів, кількість вантажу невідома (це є пошукований параметр), тому визначити оптимальну суму доставки не має можливості. При цьому треба по витратах на транспортування при звичайному обсязі встановити аналітичну залежність цих витрат від кількості палетомісць для транспортування, яку потім можна використати при моделюванні витрат на транспортування збільшеного обсягу перевезень.

Для спрощення в розрахунках прийнято допущення, що функція-модель транспортних витрат є лінійною з достатньо великим ступенем адекватності, що видно на графіку (рис. 2):

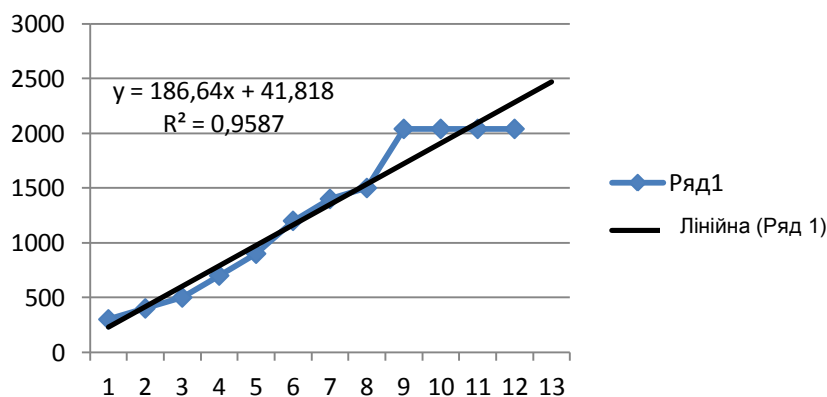


Рис. 2 – Графік лінійної залежності транспортних витрат на весь обсяг закупівель

Вказані графіки коректно відображають транспортні витрати лише до 12 палетомісць, оскільки при збільшенні кількості палетомісць витрати будуть дорівнювати вартості фрахту всієї вантажівки, тобто ціна на такі великі партії не буде залежати в подальшому від кількості палетомісць. Наприклад, вартість фрахту вантажівки з можливістю перевезень до 22 палет за 16 палет буде практично така, як за повне завантаження.

Використовувана модель у подальшому при визначенні транспортних витрат є наступна:

$$C_{2mp_i} = 186,64m_{2_i} + 41,818. \quad (17)$$

Для спрощення подальшого використання треба ввести наступні позначення:

$$\begin{aligned} a_i &= C_{1_i} + C_{1mp_i} \\ b_i &= C_{2_i} + C_{2mp_i} \\ c_i &= \frac{R}{360} t_{1_i} \\ d_i &= 3_{скл_n} t_{1_i} \end{aligned} \quad (18)$$

Тоді:

$$f(m_{2_i}) = \sum_{i=1}^n \left(m_{2_i}^3 \left(\frac{c_i d_i}{m_{1_i}^2} \right) + m_{2_i}^2 \left(\frac{3c_i d_i - c_i b_i - d_i}{m_{1_i}} \right) + m_{2_i} (a_i - b_i + c_i b_i + c_i a_i - 3c_i d_i + 2d_i + c_i d_i m_{1_i} - c_i a_i m_{1_i} - d_i m_{1_i}) \right) \rightarrow \max.$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n m_{2_i} = S_B \\ S_B \leq N \\ \sum_{i=1}^n \left(m_{2_i}^2 \left(\frac{d_i}{m_{1_i}} \right) + m_{2_i} (b_i - 2d_i) + d_i m_{1_i} - a_i m_{1_i} \right) \leq B_{обм} + B_{зв} \\ m_{2_i} \geq m_{1_i} \end{cases} \quad (19)$$

Спрощення за допомогою введення коефіцієнтів:

$$\begin{aligned} z_{1_i} &= -\frac{c_i}{m_{1_i}} \left(\frac{d_i}{m_{1_i}} + 186,64 \right); \\ z_{2_i} &= \frac{3c_i d_i - c_i (b_i + 41,818) - d_i}{m_{1_i}} + 186,64(c_i - 1); \\ z_{3_i} &= (b_i + 41,818)(c_i - 1) + a_i(1 + c_i) - d_i(3c_i - 2); \\ z_{4_i} &= m_{1_i}(c_i d_i - c_i a_i - d_i); \\ z_{5_i} &= \frac{d_i}{m_{1_i}} + 186,64; \end{aligned} \quad (20)$$

$$z_{6i} = b_i + 41,818 - 2d_i;$$

$$z_{7i} = m_{1i}(d_i - a_i).$$

Тоді кінцевий вигляд математичної моделі:

$$f(m_{2i}) = \sum_{i=1}^n (z_{1i}m_{2i}^3 + z_{2i}m_{2i}^2 + z_{3i}m_{2i} + z_{4i}) \rightarrow \max \quad (21)$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n m_{2i} = S_B \\ S_B \leq N \\ \sum_{i=1}^n (z_{5i}m_{2i}^2 + z_{6i}m_{2i} + z_{7i}) \leq B_{обм} + B_{зв} \\ m_{2i} \geq m_{1i} \end{cases} \quad (22)$$

Цільова функція (21) та обмеження (22) з урахуванням скорочень (18-20) носять нелінійний характер, тому подальше рішення бажано проводити з використанням методу множників Лагранжа.

Висновки. Математичне моделювання обсягів закупівель може принести значну вигоду, якщо враховувати наступні параметри: напрямок перевезень та можливість довантаження вантажівки, основний фрахт якої вже сплачено іншими покупцями (на прикладі контейнеровозів); яка ситуація на ринку транспортних послуг (наприклад, якщо не має контейнеровозів, то функція транспортних витрат буде значно змінена, тоді і цільова функція та обмеження змінять свій вигляд) та ін.. Розроблена модель дає альтернативу наявній кількості моделей з фіксованою ціною транспортних послуг. Практичне використання розробленої моделі можливе у програмних пакетах ІС для невеликих підприємств, у яких обсяги торгівлі дозволяють дрібну доставку товару.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бродецкий Г. Л. Управление запасами / Г. Л. Бродецкий. – М. : «Эксмо», 2008 – 275 с.
2. Таха О. Введение в исследование операций. – М. : Вильямс, 2001. – 912 с.
3. Разгуляев В. Автоматизация многономенклатурных закупок без фиксирования периода между поставками [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://upravlenie-zapasami.ru/statii/avtomatizaciya-mnogonomenklaturnih-zakupok/>
4. Сайт всеукраїнської біржі автотранспортних послуг [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://della.ua>
5. Сайт всеукраїнської біржі автотранспортних послуг [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://lardi-trans.com.ua>
6. Кокин А. С. Транспортно-экспедиторские услуги при перевозке грузов / А. С. Кокин – М. : Инфотропик Медиа, 2011 – 576 с.
7. Петровський А. В. Модель вибору типу автовантажівки за критерієм ціни трансферу в умовах дрібнопартійного постачання великої партії / А. В. Петровський, В. П. Петровський // Науковий вісник ХДМА. – 2013. – № 2 (9). – С. 270

Петровский А.В., Петровский В.П. МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ ЗАКАЗОВ С ФУНКЦИЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАТРАТ МЕЛКОПАРТИОННЫХ ПЕРЕВОЗОК ДОГРУЗОМ

На данный момент среди моделей определения оптимального количества позиций ассортимента в условиях формирования многономенклатурных заказов все транспортные затраты определяют константой затрат на одно паллетоместо каждого типа груза/без учета типа груза. На основе анализа конкретного рынка транспортных услуг можно построить аналитическую зависимость транспортных затрат от количества паллетомест для перевозок догрузом с дальнейшим использованием в модели формирования заказа. В статье впервые использованы переменные транспортные затраты при моделировании количества позиций многономенклатурного заказа со скидками цен закупки при мелкопартионных перевозках догрузом. Недостатком является необходимость нового моделирования функции транспортных затрат при изменении направления перевозок. Практическое использование разработанной модели возможно в программных пакетах ИС для небольших предприятий с объемами торговли, позволяющими доставку товара частями. Разработанная модель дает альтернативу имеющемуся количеству моделей с фиксированной ценой транспортных услуг.

Ключевые слова: многономенклатурный заказ, функция транспортных затрат, целевая функция, система ограничений.

Petrovsky A.V. Petrovsky V.P. DESIGN OF MULTITOP-LEVEL ORDERING WITH TRANSPORT EXPENSES FUNCTION OF SHALLOW PARTS TRANSPORTATIONS BY FINISHING LOADING

Now among the models of determining the optimum amount of assortment positions in the conditions of multitop-level orders forming all transport expenses determine the constant of expenses on one pallet place of every load type/without account of load type. On the basis of concrete market of transport services analysis it is possible to build analytical dependence of transport expenses on the amount of pallet places for transportations of finishing loading with the further use in the model of order forming. In the article variable transport expenses are first used at the design of positions amount of the multitop-level ordering from the discounts of costs of purchase at shallow parts transportations of finishing loading. Failing is a necessity of new design of transport expenses function at the change of transportations direction. The practical use of the developed model is possible in the programmatic packages of IC for small enterprises with the volumes of trade, allowing delivery of parts commodity. The developed model gives an alternative the present amount of models with the fixed cost of transport services.

Keywords: multitop-level order, transport expenses function, objective function, system of limitations.

© Петровський А.В., Петровський В.П.

Статтю прийнято
до редакції 3.10.14