УДК 658(075)

Коцюк М.О.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІРУ ЗАМОВЛЕННЯ ШВИДКОПСУВНИХ ПРОДУКТІВ

Встановлено, що відомі моделі не можуть бути використані для визначення значень параметрів управління замовленнями швидкопсувних продуктів. Запропонована модель із фіксованим розміром замовлення швидкопсувних продуктів.

Отмечено, что известные модели не могут быть использованы для определения значений параметров управления заказами скоропортящихся продуктов. Предложена модель с фиксированым размером заказа скоропортящихся продуктов.

It is defined that all the known models cannot be used for the determination of values of the control parameters for the perishable goods orders. Proposed is the model with the fixed order quantity of perishable goods.

Постановка проблеми. В Україні виробляють і реалізують значний обсяг швидкопсувних продуктів. Для підприємств, що реалізують такі продукти актуальним питанням є визначення оптимального розміру партії поставки. Теоретичним підґрунтям рішення цієї задачі є теорія управління запасами. Однак, одержані теоретичні результати стосуються, в основному, виробничих запасів та методів управління ними. При цьому обмежений термін придатності товару, а тим більше постійна інтенсивність його псування не розглядаються. Тому визначення оптимального розміру партії поставки швидкопсувних продуктів потребує наукового обґрунтування. Рішення цієї задачі відповідає положенням „Державної цільової програми розвитку українського села на період до 2015 року” та „Транспортної стратегії України на період до 2020 року”.

Аналіз публікацій. У фундаментальних працях прикладної теорії логістики [1 – 3] наводять модель оптимального (економічного) розміру замовлення. Найбільш повний аналіз варіацій цих моделей наведений в роботі [2]. Авторами цієї роботи запропоновано включити в модель оптимального розміру замовлення додатковий вид витрат – латентні, які пов’язують із витратами на зберігання продукції в контейнерах, транспортних засобах тощо. Також виявлені модифікації моделей, які враховують, методи управління запасами, закони споживання товарів, вплив страхових запасів, дефіциту продукції тощо [3].

Аналіз робіт щодо логістичних підходів відносно визначення обсягу та періодичності замовлень засвідчив відсутність теоретичних розробок щодо збуту продуктів, що безперервно псуються.

Постановка завдання. Розробити модель оптимального розміру замовлення для швидкопсувних продуктів з врахуванням тривалості транспортування для системи з фіксованим розміром замовлення та постійною інтенсивністю збуту.

Виклад основного матеріалу. В системі управління запасами із фіксованим розміром замовлення, його обсяг є постійною величиною, а повторне замовлення виконується при зменшенні наявних запасів до визначеного критичного рівня. При цьому вважають, що на момент прибуття нової партії товару – попередня партія реалізується повністю. Інтенсивність збуту товару – постійна. Поповнення запасу – миттєве. Витрати на транспортування партії товару не залежать від її розмірів.

Класичне рішення задачі полягає в тому, що система із фіксованим розміром замовлення передбачає вибір такого розміру партії вантажу для перевезень, який мінімізує загальні витрати управління запасами. Результатом використання цього підходу стосовно швидкопсувних продуктів, у порівнянні з непсувним товаром, буде збільшення величини оптимальної партії поставки продукції пропорційно інтенсивності її псування. Такий результат неприйнятний для сфери торгівлі, так як не враховує цілий ряд специфічних особливостей. Основною є та, що в торгівлі мінімізують не витрати на виконання замовлення та зберігання запасу, а максимізують прибуток за одиницю часу. Серед інших можливо виділити наступні: витрати на купівлю товару та його транспортування залежать від обсягу замовлення, ціна реалізації товару залежить від терміну його придатності, втрати товару при транспортуванні і зберіганні відрізняються.

Таким чином, оптимізація партії замовлення потребує рішення задачі:

$$П(g) = Д(g) – В(g) \to max \tag{1}$$

де $П(g)$ – прибуток торгівельного закладу;

$Д(g)$ – дохід від торгівлі;

$В(g)$ – витрати пов'язані із торгівлею товаром.

Дохід за період T можливо визначити за виразом:

$$Д = B_p \times T \times \lambda \times \left[1 - \left(\frac{g_p}{\lambda \times t_{max}} \right)^r \right] \tag{2}$$

де B_p – вартість реалізації одиниці товару;

T – плановий період;

$л$ – інтенсивність споживання товару;

g_p – частина партії поставки, що реалізується;

t_{max} – термін придатності товару;

r – емпіричний коефіцієнт.

$$g_p = g_z \times (1 - k_t \times t_t) \times (1 - k_з \times t_з) \tag{3}$$

де g_z – партія поставки;

k_t і $k_з$ – частка втрати продукції за одиницю часу, відповідно, при транспортуванні та зберіганні.

t_t і $t_з$ – тривалість, відповідно, транспортування та зберігання партії товару ($t_{max} = t_t + t_з$).

Витрати на закупівлю партії товару за період T:

$$B_z = \frac{T \times \lambda \times (z_0 + (z_n - z_з \times g_z) \times g_z)}{g_p} \qquad (4)$$

де z_0 – витрати, що не залежать від обсягу поставки;
$(z_n - z_з Ч g_z)$ – додаткові витрати, що зменшуються із збільшенням партії замовлення.

Витрати на транспортування партії за період *T*:

$$B_n = \frac{T \times \lambda \times (a_0 - (a_n - a_з \times g_z) \times g_z)}{g_p} \qquad (5)$$

де a_0 – витрати, що не залежать від обсягу поставки;
$(a_n - a_з Ч g_z)$ – додаткові витрати, що зменшуються із збільшенням партії замовлення.

Витрати на зберігання продукції за період *T*:

$$B_з = \left(b_n + \frac{b_з \times g_z \times (1 - k_t t_t)}{2} \right) \times T \qquad (6)$$

де b_n і $b_з$ – витрати на зберігання одиниці продукції, відповідно, незалежні і залежні від обсягу замовлення.

Втрати продукції протягом періоду *T*:

$$B_в = \frac{(2 \times k_t \times t_t + (1 - k_t \times t_t) \times k_з \times t_з) \times B_{1z} \times T \times \lambda}{2 \times g_p} \qquad (7)$$

де B_{1z} – закупівельна вартість одиниці товару.

Підстановка залежностей (2) – (7) у вираз (1) та виконання дій щодо пошуку оптимальної величини партії замовлення дозволяє отримати рівняння виду:

$$\frac{A}{g_z^2} - D \times g_z^r = C \qquad (8)$$

Одержане рівняння можливо вирішити методами алгебри.

Перевагою запропонованої моделі над відомими є більш висока ступінь відображення реальних процесів, можливість аналізу впливу транспортної та складської складових на формування оптимальної величини замовлення партії товару, що є дуже важливим при виконанні міжнародних перевезень, а також відображення зміни ціни реалізації товару від терміну його придатності.

Якщо припустити, що запаси продукції поповнюються не у момент їх закінчення або поповнення запасів відбувається через певні періоди часу, то важливо знати термін реалізації всієї партії швидкопсувної продукції.

Нехай в торговельний заклад прибуває партія швидкопсувної продукції обсягом *g* тон вантажу, попит на продукцію постійний з інтенсивністю *л* (т/добу). Продукція щодобово псується із інтенсивністю *д* (т/добу). Необхідно визначити термін реалізації всієї партії продукції та величину природних втрат.

Для вирішення задачі була розглянута динаміка зміни складського запасу та добових втрат швидкопсувної продукції (таблиця 1).

Таблиця 1.

Динаміка зміни складського запасу та добових втрат продукції

Доба	Обсяг продукції на початок дня	Залишок на кінець дня	Добові втрати
1	g	$g - л$	$(g-л)\cdot д$
2	$(g-л)\cdot(1-д)$	$(g-л)\cdot(1-д) - л$	$((g-л)\cdot(1-д) - л)\cdot д$
3	$(g-л)\cdot(1-д)^2 - л(1-д)$	$(g-л)\cdot(1-д)^2 - л\cdot(1-д) - л$	$((g-л)\cdot(1-д)^2 - л\cdot(1-д) - л)\cdot д$
4	$(g-л)\cdot(1-д)^3 - л\cdot(1-д)^2 - л\cdot(1-д)$	$(g-л)\cdot(1-д)^3 - л\cdot(1-д)^2 - л\cdot(1-д) - л$	$((g-л)\cdot(1-д)^3 - л(1-д)^2 - л(1-д) - л)д$
⋮	⋮	⋮	⋮
t	$g\cdot(1-\delta)^{t-1}-\lambda\cdot\sum_{i=1}^{t-1}(1-\delta)^i$	$g\cdot(1-\delta)^{t-1}-\lambda\cdot\sum_{i=0}^{t-1}(1-\delta)^i$	$\delta\cdot\left(g\cdot(1-\delta)^{t-1}-\lambda\cdot\sum_{i=0}^{t-1}(1-\delta)^i\right)$

Нехай вся партія продукції буде реалізована за t_p діб. З урахуванням того, що інтенсивність псування продукції на на кілька порядків менша реалізації, то найбільш ймовірним є закінчення запасів продукції під час продажу. Тоді події закінчення реалізації продукції відповідає рівняння:

$$g\cdot(1-\delta)^{t_p-1}-\lambda\cdot\sum_{i=0}^{t_p-1}(1-\delta)^i=0 \qquad (9)$$

З урахуванням того, що другий член рівняння виражає суму членів геометричної прогресії, одержано:

$$g\cdot(1-\delta)^{t_p-1}-\lambda\cdot\frac{1-(1-\delta)^{t_p}}{\delta}=0 \qquad (10)$$

Після тривіальних перетворень рівняння (10) приймає вигляд:

$$(1-\delta)^{t_p-1}\times(\delta\cdot g+\lambda\cdot(1-\delta))=\lambda \qquad (11)$$

Логарифмуванням рівняння (11) та рішенням відносно t_p отримано залежність терміну реалізації партії товару:

$$t_p=\frac{ln\left(\dfrac{\lambda}{\delta\cdot g+\lambda\cdot(1-\delta)}\right)}{ln(1-\delta)}+1 \qquad (12)$$

Для визначення обсягу природних втрат за весь період реалізації продукції необхідно знайти суму щодобових втрат:

$$g_{вt} = \delta \cdot \left(g \cdot \sum_{i=0}^{t_\backslash -1} (1-\delta)^i - \lambda \cdot \sum_{j=1}^{t} \sum_{i=0}^{j-1} (1-\delta)^i \right) \tag{13}$$

З урахуванням того, що перша складова виразу в дужках є сума членів геометричної прогресії, а друга - сума сум членів t (t = 1, 2, 3, ... t_p) геометричних прогресій, одержано:

$$g_{вt} = \delta \cdot \left(g \cdot \frac{1-(1-\delta)^t}{\delta} - \lambda \cdot \sum_{j=1}^{t} \frac{1-(1-\delta)^j}{\delta} \right) \tag{14}$$

$$g_{вt} = g \cdot \left(1-(1-\delta)^t\right) - \lambda \left(t - \frac{(1-\delta)-(1-\delta)^{t+1}}{\delta} \right) \tag{15}$$

На основі виразу (15) можливо розрахувати природні втрати продукції за період t, зокрема, за період реалізації товару очікувані втрати будуть:

$$g_{вt} = g \cdot \left(1-(1-\delta)^{t_p}\right) - \lambda \left(t - \frac{(1-\delta)-(1-\delta)^{t_p+1}}{\delta} \right) \tag{16}$$

Запропоновані розрахункові формули (12) та (16) дозволяють оцінювати заходи щодо обґрунтування обсягу партії оптової закупки швидкопсувних продуктів та цінової політики закладу торгівлі.

Висновок. Запропоновані моделі дозволяють науково обґрунтувати оптимальний розмір партії поставки швидкопсувних продуктів.

Подальший напрямок дослідження. Визначення емпіричних коефіцієнтів запропонованих моделей у відповідності до номенклатури швидкопсувних продуктів. Виконання досліджень на моделі з метою пошуку заходів щодо підвищення ефективності логістичного забезпечення міжнародної торгівлі швидкопсувними продуктами.

Література

1. Транспортная логистика : учебник для транспортных вузов / под ред. Л. Б. Миротина. — М. : Экзамен, 2002. — 512 с.

2. Модели и методы теории логистики / под ред. В. С. Лукинского. — СПб. : Питер, 2008. - 448 с.

3. Ланге О. Оптимальные решения. — М. : Прогрес, 1967. —285 с.