

В статті розроблена багатоступеня математична модель управління багатономенклатурним запасом в умовах стохастичного попиту з урахуванням багатьох обмежень. Результатом застосування представленої моделі є отримання оперативного та оптимального за розміром плану поповнення запасів, що дозволяє підвищити ефективність процесу прийняття управлінського рішення

Ключові слова: математична модель, управління багатономенклатурним запасом, багатономенклатурний запас, стохастичний попит

В статье разработана многоэтапная математическая модель управления многономенклатурным запасом в условиях стохастического спроса с учетом многих ограничений. Результатом применения представленной модели является получение оперативного и оптимального по размерам плана пополнения запасов, что позволяет повысить эффективность процесса принятия управленческого решения

Ключевые слова: математическая модель, управление запасами, многономенклатурный запас, стохастический спрос, оптимизация

The paper developed a multistage mathematical model management multinomenclature stock under stochastic demand with many constraints. The result application of the presented model is to obtain rapid and optimal size plan for resupply, thus enhancing the efficiency decision management solutions

Key words: mathematical model, inventory control, multinomenclature stock, stochastic demand, optimization

БАГАТОСТАПЕНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ СТОХАСТИЧНОГО ПОПИТУ

Л. І. Нефьодов

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри*

Д. О. Маркозов

Аспірант*

*Кафедра автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

вул. Петровського, 25, м. Харків, Україна, 61002

Контактний тел.: (057) 710-79-43

1. Вступ

Однією із основних умов ефективної роботи торговельного підприємства є оптимізація управління багатономенклатурним запасом (УБЗ). Підприємство повинно постійно створювати запаси з метою безперервного задоволення попиту. Однак відомо, що зберігання надлишків запасів призводить до збільшення витрат підприємства. У зв'язку із цим, постає проблема розробки та впровадження в роботу торговельної організації математичних моделей УБЗ, які підвищать оперативність і ефективність пошуку управлінського рішення з раціонального за розміром замовлення на товарні запаси.

2. Аналіз публікацій

Актуальність проблеми управління багатономенклатурним запасом у практичній діяльності сприяла появі цілої низки наукових досліджень [1–5]. Однак складність і велика кількість економічних критеріїв визначення ефективності УБЗ, наявність протирічних даних і у той же час недостатня повнота інформації про фактори визначення розміру, попиту та збуту запасів, а також постійні зміни у соціально-економічній сфері призводять до того, що існуючі моделі не дозволяють оперативно і з необхідною точністю приймати ефективні управлінські рішення з УБЗ.

Частково названі проблеми можна вирішувати на основі експертних оцінок, інтегрованого ABC/XYZ-аналізу роботи торговельного підприємства [6], або по частоті продажів у результаті частотного аналізу [7]. Названі моделі допомагають сформулювати багатомономенклатурний товарний запас, оптимальний за розміром, асортиментом та ціною; виділити із загальної сукупності запасу відносно невелику групу товарів, які повинні неодноразово закуповуватися, так як вони приносять основний прибуток. У той же час, для динамічного розвитку торговельної організації необхідна розробка та впровадження нових моделей УБЗ, за допомогою яких можна підвищити прибуток підприємства через оптимізацію розміру запасу з урахуванням вартості розміщення і часу виконання заявок в умовах стохастичного попиту.

Таким чином, актуальність даного дослідження обумовлена тим, що без розробки та використання стохастичної моделі багатоетапного УБЗ, яка дозволяє оптимізувати вартість, розмір та час надходження нової партії товарних запасів, неможлива ефективна робота торговельної організації.

3. Мета і постановка задачі

Метою даного дослідження є підвищення ефективності роботи торговельної організації за рахунок розробки математичної моделі управління багатомономенклатурним запасом в умовах стохастичного попиту. Результатом використання представленої моделі є отримання оперативного та оптимального за розміром і часом плану товарних закупок, який дозволяє мінімізувати витрати, а отже підвищити прибуток підприємства.

Для досягнення даної мети були вирішені наступні задачі: проаналізована сутність проблеми УБЗ; проаналізована структура витрат по УБЗ; визначені оптимальні моменти часу та розміри поповнення багатомономенклатурного запасу; розроблена багатоетапна стохастична математична модель УБЗ.

4. Модель управління багатомономенклатурним запасом із стохастичним попитом

При УБЗ виникає два основних завдання, які взаємно виключають одне одного. По-перше, підприємству необхідно мінімізувати витрати через скорочення розміру запасів. По-друге, слід враховувати той факт, що чим більше розмір замовленої партії товару, тим він дешевше. Отже, ефективне УБЗ значною мірою залежить від можливості раціонального об'єднання двох названих завдань. Це дозволяє створити оперативний план закупок товару, в якому з урахуванням різних факторів невизначеності на основі нечітких даних буде дана відповідь на питання: скільки товару необхідно замовити і коли це необхідно зробити з максимальним прибутком для підприємства.

При використанні багатоетапних багатомономенклатурних моделей рішення про розміщення чергового замовлення приймається на кожному етапі УБЗ. На відміну від одноетапних, у багатоетапних мо-

делях умови поставки товарів і характер попиту можна вважати, як припущення, постійними.

Для побудови багатоетапної моделі УБЗ весь період часу - τ , на якому відбувається пошук рішення, розіб'ємо на K рівних періодів (етапів) і представимо так $\tau = (t_k)K$:

$$\tau_0 \leq t_k \leq \bar{\tau}, \quad t_k = \tau_0 + \frac{k}{K} \tau, \quad (1)$$

де τ_0 - початок періоду τ , $\bar{\tau}$ - закінчення періоду τ .

Далі введемо наступні позначення: $k=1, K$ - етапи управління запасами (етапи прийняття рішень); i - вид товару; j - номер постачальника; x_{kij} - кількість закупленого товару i -го типу у j -го постачальника в k -й період часу.

В умовах ринкових відносин один і той же товар пропонується значною кількістю постачальників. Будемо вважати, що число постачальників, які пропонують N видів товарів, дорівнює M і представимо цю інформацію у вигляді матриці $G=(g_{ij})_{N \times M}$

$$g_{ij} \in \{0;1\}, \quad (2)$$

$g_{ij}=1$ якщо i -й товар пропонується j -м постачальником, 0 у протилежному випадку.

Структура витрат, пов'язаних з УБЗ, складається із: витрат на придбання і доставку товарів; витрат на розміщення, розвантаження та зберігання БЗ; втрати від дефіциту запасів. Усі названі витрати повинні визначатися як функції передбаченого обсягу замовлення та інтервалу часу між ними.

Введемо наступні позначення: $h_{ki}x_{ki}$ - вартість зберігання x одиниць товару i -го типу в k -й період часу; p_{ki} - штраф від дефіциту i -х ресурсів в k -й період часу. За умови, що однакові товари можуть бути придбані за різними цінами у різних постачальників, вводимо c_{kij} , яка описує вартість закупівлі одиниці i -го товару у j -го постачальника в k -й період часу. Крім того, необхідно ввести x_{kij} оптимальних об'ємів закупівлі i -го товару у j -го постачальника в k -й період часу.

Тоді багатоетапну математичну модель підтримки прийняття рішення з управління багатомономенклатурним запасом в умовах стохастичного попиту можна представити так.

Мінімізувати загальні витрати:

$$\min \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M z_{kij}(x_{kij}) \quad (3)$$

де $z_{kij}(x_{kij})$ - загальні витрати, які включають у себе ціну за товар, його доставку, зберігання та втрати із-за дефіциту.

Кожний елемент x_{kij} , $k=1, K$ може приймати цілочисленне значення. В результаті отримуємо задачу цілочисленного програмування [7]. Деталізуємо модель (3) більш конкретно:

$$\min \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^N [h_{ki}x_{ki} + p_{ki} \int_{x_{ki}}^{\infty} (S_{ki} - x_{ki}) f_{ki}(S_{ki}) dS_{ki} + \sum_{j=1}^M (c_{kij}x_{kij} + D_{kij}x_{kij})]. \quad (4)$$

де $(c_{kij}x_{kij} + D_{kij}x_{kij})$ - вартість замовлення i -го товару у j -го постачальника в k -й період часу, за ціною c_{kij} об'ємом x_{kij} ; D_{kij} - вартість розміщення товару;

$P_{ki} \int_{x_{ki}}^{\infty} (S_{ki} - x_{ki}) f_{ki}(S_{ki}) dS_{ki}$ - очікувана сума штрафу за дефіцит; S_{kij} - попит на і-й товар у j-го постачальника в k-й період часу.

В якості обмежень можуть бути використанні наступні:

– витрати на зберігання не повинні перевищувати $h^{зад}$:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^N h_{ki} x_{ki} \leq h^{зад}; \tag{5}$$

– об'єм зберігаємого товару V_{ki} не повинен перевищувати заданого об'єму складу $V_k^{зад}$ в k-й період:

$$\sum_{i=1}^N V_{ki} x_{ki} \leq V_k^{зад}; \quad k = \overline{1, K}; \quad i = \overline{1, N}; \tag{6}$$

– вартість і-го товару не повинна перевищувати задану $c_{kij}^{зад}$:

$$\sum_{j=1}^M c_{kij} x_{kij} \leq c_{ki}^{зад}; \quad k = \overline{1, K}; \quad i = \overline{1, N}; \tag{7}$$

– термін зберігання і-го товару не повинен перевищувати заданий $t_i^{зад}$:

$$t_{kij}(x_{kij}) \leq t_i^{зад}; \quad k = \overline{1, K}; \quad i = \overline{1, N}; \tag{8}$$

– витрати на доставку, погрузку-розгрузку і-го товару не повинні перевищувати задані $D_{ki}^{зад}$ в k-ий період:

$$\sum_{j=1}^M D_{kij} x_{kij} \leq D_{ki}^{зад}; \quad k = \overline{1, K}; \quad i = \overline{1, N}. \tag{9}$$

Так як дана багатоетапна модель є складною для розв'язку, необхідно провести її декомпозицію на часткові моделі меншої складності та розмірності:

Модель покупки, погрузки, доставки та розгрузки багатономенклатурного товару:

$$\min \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (c_{kij} x_{kij} + D_{kij} x_{kij}), \tag{10}$$

де перша сума це витрати на покупку, а друга витрати на доставку, погрузку та розгрузку.

До цієї моделі відносяться наступні обмеження: (7), (9).

Модель зберігання багатономенклатурного товару та штрафу за його дефіцит:

$$\min \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^N [h_{ki} x_{ki} + P_{ki} \int_{x_{ki}}^{\infty} (S_{ki} - x_{ki}) f_{ki}(S_{ki}) dS_{ki}], \tag{11}$$

де перша сума це витрати на зберігання, а друга штраф за дефіцит.

До цієї моделі відносяться наступні обмеження: (5), (6), (8).

Зменшення кількості варіантів, що розглядаються при вирішенні задачі (4) – (11) можливо, коли час виконання замовлення менше ніж час, що витрачається для реалізації отриманого товару. В іншому випадку замовлення розміщується кожного разу, як тільки рівень запасу зменшується до певного критичного рівня,

який приблизно можна розрахувати як різницю між оптимальним запасом і розміром середньої реалізації товарів за «ефективний» термін продажів.

Наведені моделі відносяться до задач цілочисельного математичного програмування [8]. Для їх вирішення в залежності від розмірності використовуються наступні методи: для задач малої розмірності метод «гілок та меж», для задач великої розмірності методи стохастичного пошуку екстремуму.

5. Висновки та перспективи подальших досліджень

Представлена в статті багатономенклатурна математична модель управління запасами в умовах стохастичного попиту на відміну від існуючих дозволяє оптимізувати витрати на придбання, розміщення, розвантаження, зберігання товарів, а також втрати від дефіциту, збільшуючи тим самим прибуток торговельного підприємства. Урахування вартості розміщення замовлення та терміну виконання поставок товарів різними постачальниками у постановці завдання оптимізації УБЗ дозволяє скоротити число етапів і збільшити оперативність та ефективність процесу прийняття управлінського рішення. Це дозволяє також більш адекватно врахувати попит споживачів та їх вимоги, а також прибуток торговельних організацій.

Перспективний напрям подальшого розвитку цієї моделі є розробка інформаційного забезпечення і її реалізація.

Література

1. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами [Текст] / Рыжиков Ю.И. – СПб: Питер, 2001. – 384 с.
2. Таха Х. Введение в исследование операций [Текст] / Таха Х.; пер. с англ. – 7-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.
3. Раскин Л.Г. Решение многономенклатурной задачи управления запасами по вероятностному критерию [Текст] / Л.Г. Раскин, П.Е. Пустовойтов // Системный анализ, управление, информационные технологии. – Х.: НТУ «ХПИ». – 2002. – №13. – Т.1. – С.49–53.
4. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами [Текст] / Шрайбфедер Дж.; пер. с англ. – 3-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. – 304с.
5. Найт Р. Риск, неопределенность и прибыль [Текст] / Найт Р. – М.: Дело, 2003. – 360 с.
6. Маркозов Д.О. Застосування моделі інтегрованого ABC/XYZ-аналізу для оптимізації багатономенклатурного запасу в умовах вірогідного попиту [Текст] / Д.О. Маркозов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – Вып. 2/6 (26). – С. 40–43.
7. Бендат Дж. Прикладной анализ случайных данных [Текст] / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
8. Пономаренко В. С. Цілочисельне програмування в економіці [Текст] / Пономаренко В. С., Голубничий Д Ю., Третьяк В. Ф.. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2005. – 204 с.