

## РОЗДІЛ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

УДК 519.71:330.142

ЧУПЛКОТ.А., к.т.н., доцент  
ЧУПЛКО С.І., ст. викладач

Університет митної справи та фінансів, м. Дніпропетровськ

### МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБОРОТНОГО КАПІТАЛУ ТОРГОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

**Вступ.** Оцінка ефективності управління фінансовими ресурсами підприємства відбувається за двома напрямками. З одного боку, результати виробничо-фінансової діяльності підприємства оцінюються на основі даних фінансової звітності: бухгалтерський баланс, звіт про прибутки та збитки, про пересування грошових коштів і т.ін. На основі цих документів розраховуються фінансові показники, динаміка зміни і значення яких дозволяють оцінити ефективність управління підприємством. Але така оцінка не має рекомендацій щодо поліпшення результатів діяльності підприємства. Інший підхід в управлінні діяльністю підприємства полягає в розробці та аналізі економіко-математичних моделей з метою дослідження різних можливостей використання потенціалу і ресурсів підприємства, в тому числі фінансових. В цій роботі пропонується такий підхід використовувати для оптимального управління оборотним капіталом торгового підприємства.

Багато авторів на сьогодні розглядають статичні задачі, демонструючи при цьому абсолютно різні підходи і методи. Часто застосовуються методи економетричного або факторного аналізу. Деякі сучасні роботи присвячені розвитку динамічних моделей, що можуть бути застосовані в різних напрямках діяльності підприємства. Зокрема, застосовуючи економетричні методи, розглядають зміну показників в часі. В основному такі методи аналізу пов'язані з задачами ефективності, фінансових результатів і обсягів виробництва на підприємствах або в регіоні. Є моделі оптимізації, пов'язані з формуванням матеріальних ресурсів підприємства при мінімізації витрат або капіталовкладень, які базуються на диференціальних рівняннях, а також моделі типу міжгалузевого балансу В.Леонт'єва, що відображають максимізацію прибутку в умовах обмежених фінансових потоків.

Моделюванню та оптимізації капіталу підприємства присвячено роботу [1]. Управління фінансовою діяльністю підприємства оптової торгівлі розглянуто в [2].

Ця робота є продовженням публікацій авторів [3], [4], присвячених питанням, пов'язаним з діяльністю малого підприємства і оптимізацією та управлінням оборотного капіталу.

**Постановка задачі.** Кожне підприємство має свої особливості і, відповідно, стратегію розвитку та управління. Оборотний капітал є основним фактором утворення прибутку. Ефективне управління підприємством має спиратися на науково обґрунтовані розрахунки і висновки, що залежать від багатьох зовнішніх та внутрішніх факторів. Для успішної роботи торгового підприємства необхідні інструменти для всебічного моніторингу і прогнозування основних параметрів стану та діяльності. При цьому потрібно мати можливість аналізу зміни параметрів в залежності від управлінських рішень. Для наукового обґрунтування застосовуються методи економіко-математичного моделювання. Економічні залежності, що виникають при формалізації задачі управління оборотним капіталом підприємства, можуть бути виражені у формі математичних рівнянь і нерівностей з певними обмеженнями.

Актуальною є розробка математичних моделей, які враховують якомога більше складових, що впливають на оборотний капітал підприємства, в тому числі зміни в часі.

Моделі мають бути реалізовані методами чисельного та імітаційного моделювання, що буде науковою підставою для обрання стратегії розвитку підприємства для збільшення оборотного капіталу.

Метою роботи є побудова динамічної економіко-математичної моделі оптимізації доходу підприємства в умовах обмеженого оборотного капіталу з урахуванням параметрів торгівельної діяльності підприємства, що змінюються у часі, та реалізація задачі числовими методами імітаційного моделювання. При моделюванні враховані обсяги оптових закупівель, ціна та інтенсивність роздрібних продажів за обмежень на оборотний капітал, інтенсивність попиту, обсяги товарів, діапазон зміни ціни.

**Результати роботи.** Розглянемо ситуацію, коли торгове підприємство закуповує оптом деякий набір товарів, який реалізується протягом заданого періоду часу. В умовах обмеженого оборотного капіталу необхідно максимізувати маржинальний дохід, отриманий від реалізації цих товарів в роздрібній мережі. Математична оптимізаційна модель цієї задачі може бути записана таким чином:

$$\sum_{i=1}^n x_i \int_0^T (c_i(t) * v_i(t, c_i(t))) dt - \sum_{i=1}^n c_i^{(0)} * x_i * p_i^{\min} \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$\int_0^T (v_i(t, c_i(t))) dt \leq x_i * p_i^{\min}; \quad (2)$$

$$0 \leq x_i \leq K_i; K_i = \frac{V_i}{p_i^{\min}}; x_i \in Z^t; i = 1, 2, \dots, n; \quad (3)$$

$$v_i(t, c_i(t)) \leq d_i(t, c_i(t)); i = 1, 2, \dots, n; \quad \forall t \in [0, T]; \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n c_i^{(0)} * x_i * p_i^{\min} \leq S; \quad (5)$$

$$c_i^{\min} \leq c_i(t) \leq c_i^{\max}. \quad (6)$$

В наведеній оптимізаційній задачі використовуються позначення:

$c_i(t)$  – роздрібна ціна  $i$ -го товару, що продається у момент  $t$ ;

$v_i(t, c_i(t))$  – інтенсивність продажу  $i$ -го товару в момент  $t$  при роздрібній ціні продажу  $c_i(t)$ ;

$c_i^{(0)}$  – оптова ціна продажу одиниці  $i$ -го товару на момент оптових закупок;

інтервал  $[0, T]$  – це час, протягом якого повинен бути реалізований в роздробі весь закуплений оптом товар;

$p_i^{\min}$  – мінімально можлива партія оптових закупівель  $i$ -го товару ( $i = 1, 2, \dots, n$ );

$x_i$  – шукана величина, що задає кількість мінімально можливих партій закупівель  $i$ -го товару;

$V_i$  – загальний обсяг  $i$ -го товару, який в момент оптових закупівель є на складі;

$K_i$  – число мінімально можливих партій  $i$ -го товару, яке є на складі у момент оптових закупівель;

$d_i(t, c_i(t))$  – інтенсивність попиту на  $i$ -ий товар у момент часу  $t$  при ціні на товар  $c_i^{(1)}(t)$ ;

$S$  – обсяг оборотного капіталу підприємства, який може бути використаний для здійснення оптових закупівель;

$c_i^{\min}, c_i^{\max}$  – відповідно нижня і верхня межі ціни реалізації  $i$ -го товару в роздрібній мережі.

У задачі (1)-(6) необхідно визначити обсяги оптових закупівель  $x_i (i=1,2,\dots,n)$ , ціну роздрібних продажів  $c_i(t)$  і інтенсивність продажів  $v_i(t, c_i(t))$ , які б максимізували функціонал (1), що задає маржинальний дохід від реалізованого в роздрібній мережі товару, при обмеженнях на оборотний капітал, інтенсивність попиту по кожному товару, обсягу товарів кожного виду на складі в момент здійснення оптових закупівель та обмеження на діапазон цін при продажу товарів у роздрібній мережі. У загальному випадку задача (1)-(6) є нелінійною задачею оптимального управління, розв'язок якої визначається вибором вектора закупівель  $x = (x_1, \dots, x_n)$  та вибором вектор-функцій часу  $c(t) = (c_1(t), \dots, c_n(t))$  та  $v(t, c_i(t)) = (v_1(t, c_1(t)), \dots, v_n(t, c_n(t)))$ , які відповідно задають роздрібні ціни на товари і інтенсивність реалізації товарів з урахуванням обмеження на попит.

Для аналітичного розв'язку задача (1)-(6) має бути спрощена. Можна використовувати методи, пов'язані з імітаційним моделюванням або припущеннями про стаціонарність деяких вхідних параметрів задачі. Наприклад, можна припустити, що якщо інтервал часу  $(0, T)$  не занадто тривалий, а інтенсивність попиту на товари лінійно змінюється в залежності від ціни, то задача (1)-(6) може бути розглянута як задача цілочислової оптимізації, в якій інтенсивність продажу товару і ціна товару не залежать від часу і є незмінними на всьому інтервалі  $(0, T)$ . Час можна враховувати покроковим розв'язком, де початковими є параметри, отримані на попередній ітерації.

Далі будемо вважати, що інтенсивність попиту на  $i$ -й товар буде залежати тільки від його ціни і буде змінюватися за наступним лінійним законом:

$$d_i(c_i(t)) = d_i(c_i^{\min}(t)) - k_i(c_i(t) - c_i^{\min}), \quad (7)$$

де  $d_i(c_i(t))$  – інтенсивність попиту на  $i$ -й товар на інтервалі часу  $(0, T)$  при ціні  $c_i \in [c_i^{\min}, c_i^{\max}]$ ;

$d_i(c_i^{\min})$  – інтенсивність попиту на  $i$ -й товар при мінімальній роздрібній ціні  $c_i^{\min}$ ;

$k_i$  – коефіцієнт, що відображає падіння попиту на  $i$ -й товар при переході від мінімальної ціни до ціни в момент часу  $t$   $c_i(t)$ .

З формули (7) видно, що попит на  $i$ -й товар лінійно падає при збільшенні роздрібною ціни.

Далі для кожного обсягу закупівель  $i$ -го товару може бути розрахована оптимальна ціна продажу, яка максимізує дохід від реалізації  $i$ -го товару в обсязі  $x_i * p_i^{\min}$  в роздрібній мережі.

$$\sum_{i=1}^n x_i \int_0^T (c_i(t) * d_i(c_i(t))) dt - \sum_{i=1}^n c_i^{(0)} * x_i * p_i^{\min} \rightarrow \max; \quad (8)$$

$$\int_0^T (d_i(c_i(t)))dt = x_i * p_i^{\min}, \quad x_i = 1, 2, \dots, K_i \quad i=1, 2, 3, \dots, n. \quad (9)$$

З урахуванням співвідношення (7) задачу (8)-(9) можна переписати в наступному вигляді:

$$T(d(c_i^{\min}) - k_i(c_i - c_i^{\min}))c_i - \sum_{i=1}^n c_i^{(0)} x_i p_i^{\min} \rightarrow \max; \quad (10)$$

$$T(d(c_i^{\min}) - k_i(c_i - c_i^{\min})) = x_i p_i^{\min}; \quad (11)$$

$$x_i = 1, 2, \dots, K_i, \quad i=1, 2, 3, \dots, n. \quad (12)$$

З урахуванням обмеження (12) ціна  $c_i$  при будь-якому обсязі закупівель визначається за формулою:

$$c_i = c_i^{\min} + \frac{-x_i p_i^{\min} + T d(c_i^{\min})}{T k_i}, \quad i=1, 2, 3, \dots, n, \quad 0 \leq x_i \leq K_i. \quad (13)$$

В [4] описано метод гілок і меж для розв'язання задачі (1)-(6) в умовах, коли інтенсивність попиту на товари залежить тільки від ціни.

Розглянемо приклад, у якому порівнюємо розв'язки, отримані за допомогою процедури «Поиск решения» в Excel і методом гілок і меж (на першому етапі).

Торгівельна фірма використовує для закупівель оборотний капітал у розмірі 5000 у.о. Вихідні дані наведено в табл.1. Отримуючи дохід від продажу, його вкладають у закупівлю на наступному етапі (місяці) до отримання максимального прибутку.

Таблиця 1 – Вихідні дані та результат розрахунку для оптимального доходу

Вид продукції	1	2	3	4	5
Обсяг товарів на складі, шт	100	150	80	70	60
Мінімальна партія, шт.	10	5	20	10	15
Інтенсивність продажів за день, шт.	4	5	2	3	2
Обсяг продажів за місяць, шт.	120	150	60	90	60
Ціна оптова, у.о.	10	15	20	25	30
Ціна роздрібна, у.о.	12	18	25	28	36
Показник доходності	1,2	1,2	1,25	1,12	1,2
Кількість партій	2	24	3	0	4
Всього товарів	20	120	60	0	60

На першому етапі дохід від реалізації складе 6060 у.о. Прибуток, відповідно, – 1060 у.о., і оборотний капітал складе 5060 у.о.

За методом гілок і меж верхню границю цільової функції 5450 у.о. отримаємо при закупівлі, орієнтуючись на товари з найбільшим показником доходності: третього, другого, першого, п'ятого видів.

При визначенні нижньої оцінки враховуємо цілочислений розв'язок. Нижня оцінка: 4750 у.о. при закупівлі першого, другого, третього і четвертого товарів з мінімальними оптовими цінами у максимально можливому обсязі, виходячи з розміру оборотного капіталу. Далі, перебираючи різні набори товарів, наближаємося до значення доступного оборотного капіталу і отримуємо оптимальний набір товарів, що формує дохід від реалізації і, відповідно, прибуток. Очевидно, оптимальний розв'язок буде отримано при значеннях, указаних у табл.1.

За допомогою метода гілок і меж проблематично отримати розв'язок з урахуванням часу. Процедура «Поиск решения» дає наступні результати: за чотири ітерації (місяці) отримуємо максимальний дохід від реалізації 8000 у.о. Максимальний прибуток – 1520 у.о. Оборотний капітал збільшується на максимальну величину і складає 6520 у.о. У цьому випадку реалізується максимальна кількість товарів і партій, що обумовлена попитом (у табл.1 – обсягом продажу за місяць). Збільшення прибутку стає неможливим при наведених вихідних даних: цінах роздрібних та оптових, обсягу та інтенсивності продажів, запасів відповідних товарів. Для збільшення прибутку потрібно вводити новий асортимент, збільшувати різницю між оптовими та роздрібними цінами і т.ін.

Найчастіше ціна реалізації товару в роздрібній мережі призначається менеджментом компанії, виходячи з власного досвіду та оцінки макроекономічних параметрів в регіоні, таких як попит на товари, рівень зайнятості населення, динаміка зміни середньої або мінімальної зарплати, рівень інфляції і т.д. В цьому випадку може бути розглянута модифікація задачі (1)-(6).

**Висновки.** Розроблена математична модель дозволяє оцінювати у динаміці тенденції розвитку економічної ситуації на підприємстві в залежності від зміни основних параметрів, що впливають на неї. Модель дозволяє визначити маржинальний дохід підприємства, у різних тенденціях, при значеннях всіх врахованих у моделі показників, які впливають на його економічний стан, за початкових умов, що також є змінними. Запропоновані модель і метод розв'язування проблеми дають змогу кількісно оцінити та обґрунтувати вибір стратегії і, зокрема, параметрів, що впливають на оборотний капітал та маржинальний дохід підприємства.

Побудована модель у подальшому буде розвинена з урахуванням чинників, що впливають на оборотний капітал торгового підприємства і не враховані у цій моделі: ризик, управлінські витрати, кредити, інвестиції тощо.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Нгуен К.Н. Моделирование и оптимизация управления структурой капитала фирмы / К.Н.Нгуен // Економіка: проблеми теорії та практики. – Дн-вськ: Наука і освіта. – 2000. – № 29. – С.62-73.
2. Мирская С.Ю. Динамическая модель управления предприятием оптовой торговли / С.Ю.Мирская, В.И.Сидельников, А.К. бликян // Научная мысль Кавказа. – Северо-Кавказский научный центр высшей школы. – 2006. – № 13. – С.85-88.
3. Чупілко Т.А. Економетричне моделювання розвитку малого підприємництва в Дніпропетровському регіоні / Т.А.Чупілко, С.І.Чупілко // Вісник Дніпропетровської державної фінансової академії. – 2010. – №2(24)'10. – С.200-205.
4. Чупілко Т.А. Динамічна модель управління оборотним капіталом торгового підприємства / Т.А.Чупілко, С.І.Чупілко // Вісник Дніпропетровської державної фінансової академії. – 2015. – №1(33). – С.135-147.

Надійшла до редколегії 28.03.2016.