

УДК 339.144

Бурковський Б.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ КОМПАНІЇ

Незнання законів та інструментів аналізу в економічній теорії не звільняє від понесення збитків на практиці.

У статті розглянуто загальну проблематику управління запасами товарів на складі, проаналізовано приклад невдалого управління товарними залишками, запропоновано оптимізаційну модель та відповідно протестовано її застосування на практиці.

Одним із способів збільшити прибутковість компанії є оптимізація процесів, які формують витратний механізм. Така оптимізація дає можливість досягнути: зменшення витрат фірми; ефективнішого використання наявних оборотних активів, а також одночасного зменшення витрат і збільшення ефективності використання активів.

До економічних інструментів, які дають змогу управляти витратами компанії, належать також оптимізаційні моделі управління запасами товарів на складі. Моделі управління запасами розв'язують питання про оптимальний обсяг закупівлі партії товарів, який дасть можливість уникнути нестачі товарів та надмірних затрат на зберігання.

Питання оптимального управління товарними залишками найбільш актуальні для торгових компаній, тому розглянемо моделі цих категорій фірм.

Для торгової компанії важливо вчасно задовольнити попит покупців. Для цього фірма мусить мати певні запаси товарів на складі, які в разі звернення клієнта використовуються для продажу. Відсутність запасів у проміжку між поставками може спричинити нестачу товарів на фірмі, що в свою чергу може спровокувати відтік клієнтури до конкурентів, які натомість спроможні вчасно задовольнити попит. Однак

тримання великих запасів товарів призводить до надмірних складських витрат, а надмірні товарні залишки — це оборотні активи, які не беруть участі в діяльності компанії, «випадаючи» з обороту.

Основне завдання оптимізаційних моделей полягає в тому, аби визначити оптимальний обсяг партії, яку закуповує компанія в постачальників, і запасу, якого б вистачило до наступної поставки, та встановити оптимальний період між закупівлями. Отримані в результаті моделювання обсяг партії та час мають відповідати критерію мінімальних складських затрат на утримання товарних залишків.

Розглянемо приклад.

Оптово-роздрібна фірма реалізує один вид продукції в тоннах протягом 2002—2003 рр. Закуповуючи оптом товар, компанія розміщує його на складі, звідки споживачі роздрібними партіями можуть його придбати. Кожного дня компанія мусить виплачувати певну суму коштів з кожної тонни продукції орендодавцям складу за зберігання товарних залишків.

Таким чином, чим більша кількість товарних залишків, тим більше потрібно сплачувати орендодавцям за зберігання товару (Рис. 1).

Наведена діаграма ілюструє динаміку

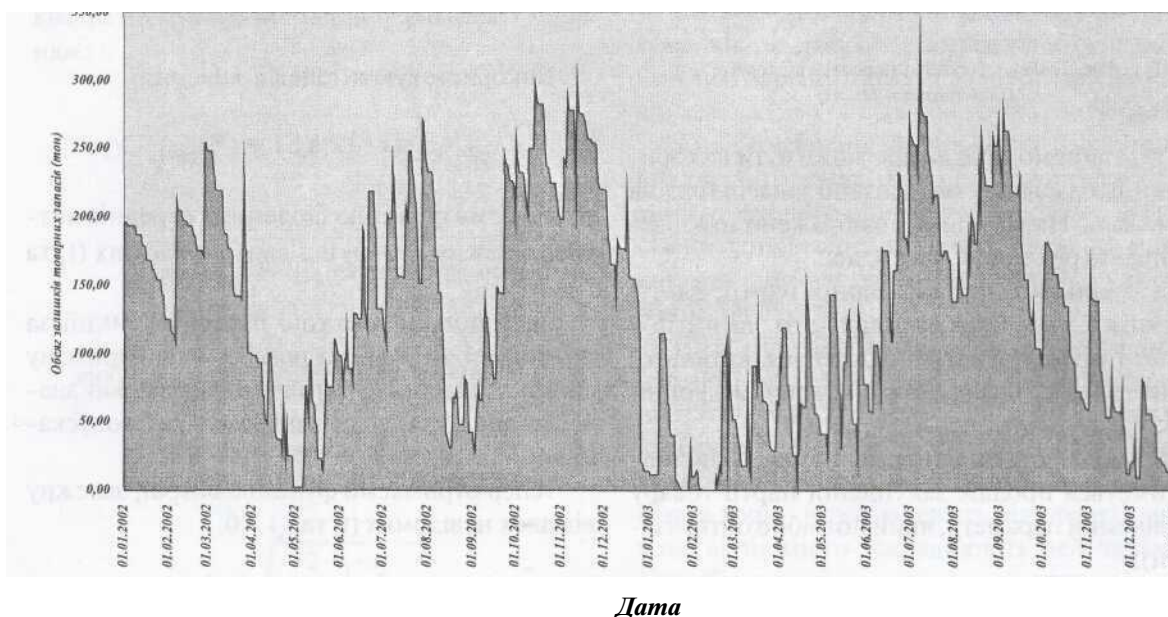


Рис. 1. Динаміка залишків товарних запасів торгівельної компанії протягом 2002—2003 рр.

складських залишків протягом 2002—2003 рр. Відповідно, витрати на утримання таких залишків складатимуть добуток плати за тону продукції за день помножену на площу фігури, утвореною ламаною лінією.

Зауважимо, що компанія не використовує оптимізаційні моделі управління товарними запасами, оскільки запаси товарів на складі непропорційно розподілені протягом року. Так у 2002 р. упродовж перших 3 місяців запаси

компанії перевищували попит на 100 т. Подібна ситуація спостерігалась і в липні. Починаючи з жовтня до середини грудня товарні залишки в компанії перевищували попит на 200 т. Зовсім інша ситуація виникла на початку 2003 р., коли протягом січня-лютого спостерігався дефіцит товарів. До червня 2003 р. компанії вдавалося доволі оптимально співвідносити власні запаси з ринковим попитом, проте вже з липня знову почалося надмірне нагромадження товарних запасів — понад 150 тонн до жовтня місяця.

Отже, варто, використовуючи теоретичні засади, оцінити ефективність управління товарними запасами на складі.

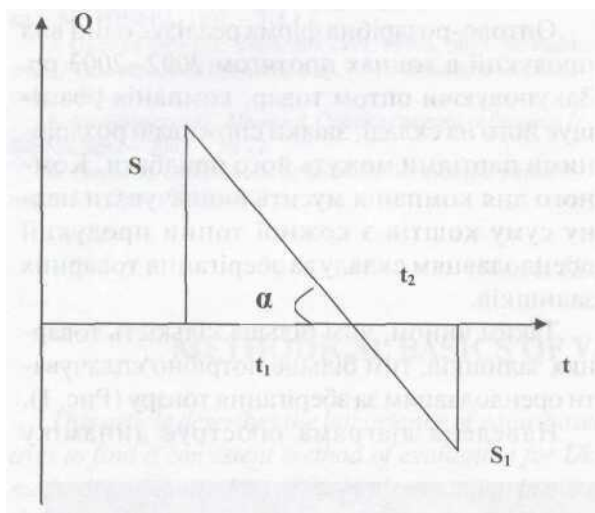


Рис. 2. Цикл закупівлі та реалізації товару (пояснення в тексті)

Розглянемо модель, що може бути використана як базова для оптимізації запасів товарів на складі. На малюнку відображено цикл закупівлі та реалізації товару, де:

S — кількість тонн товарної партії, однієї закупівлі (невідомий параметр, який потрібно оптимізувати). Тобто, це кількість тонн товару, що закуповує компанія за один раз;

t_1 — кількість днів, протягом яких здійснюватиметься продаж закупленої партії товару (невідомий параметр, який потрібно оптимізувати);

t_2 — кількість днів, протягом яких після реалізації усієї партії товару утворюється дефіцит і компанія не може задовольнити зростаючий попит покупців (невідомий параметр, який потрібно оптимізувати);

S_1 — максимальне значення незадоволеного попиту (невідомий параметр, який потрібно оптимізувати);

r — середнє значення попиту на товар за період (відомий параметр, який задається в моделі);

c_1 — норма витрат за зберігання на складі тонни товарів за один день (відомий параметр, який задається в моделі);

c_2 — норма витрат за незадоволений попит (дефіцит) (відомий параметр, який задається в моделі);

c_3 — витрати, пов'язані з отриманням нової партії товару (наприклад, транспортні витрати, експедиція, завантаження, розвантаження, страхування — відомий параметр, який задається в моделі).

Витрати на утримання товарних залишків на складі становитимуть добуток норми витрат за зберігання на складі тонни товарів за один день, помноженої на площу трикутника зі сторонами S та t_1 .

Витрати від незадоволеного попиту становитимуть добуток норми витрат за незадоволений попит помноженої на площу прямокутного трикутника зі сторонами S_1 та t_2 .

Відповідно до заданих припущень загальна функція щоденних середніх витрат матиме вигляд:

$$K = \frac{\frac{1}{2} \cdot t_1 \cdot S \cdot c_1 + \frac{1}{2} \cdot t_2 \cdot S_1 \cdot c_2 + c_3}{t_1 + t_2}$$

Використовуючи співвідношення

$$S = r \cdot t_1 \quad \text{та} \quad S_1 = r \cdot t_2,$$

отримаємо функцію щоденних середніх витрат, залежну тільки від двох невідомих (t_1 та t_2).

Знайшовши часткові похідні функції за кожною зі змінних та розв'язавши отриману систему рівнянь, отримаємо оптимальні значення для t_1 та t_2 (проміжні розрахунки опускаються).

Тепер отримаємо функцію витрат, залежну від двох невідомих (t_1 та t_2) > 0.

$$K = \frac{\frac{1}{2} \cdot r \cdot t_1^2 \cdot c_1 + \frac{1}{2} \cdot t_2^2 \cdot r \cdot c_2 + c_3}{t_1 + t_2}$$

Знайшовши часткові похідні функції за кожною зі змінних та розв'язавши отриману систему рівнянь, дістанемо оптимальні значення для t_1 та t_2 .

Часткові похідні за кожною зі змінних виглядатимуть так:

$$K'_{t_1} = \frac{\frac{1}{2} \cdot r \cdot 2 \cdot t_1 \cdot (t_1 + t_2) \cdot c_1 - (\frac{1}{2} \cdot r \cdot t_1^2 \cdot c_1 + \frac{1}{2} \cdot t_2^2 \cdot r \cdot c_2 + c_3)}{t_1 + t_2}$$

$$K'_{t_2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot r \cdot 2 \cdot t_2 \cdot (t_1 + t_2) \cdot c_2 - (\frac{1}{2} \cdot r \cdot t_1^2 \cdot c_1 + \frac{1}{2} \cdot t_2^2 \cdot r \cdot c_2 + c_3)}{t_1 + t_2}$$

Система рівнянь складається з двох квадратних многочленів від двох змінних:

$$\begin{cases} r \cdot t_1^2 \cdot c_1 + r \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot c_1 - \frac{1}{2} \cdot r \cdot t_1^2 \cdot c_1 - \frac{1}{2} \cdot t_2^2 \cdot r \cdot c_2 - c_3 = 0 \\ r \cdot t_2^2 \cdot c_2 + r \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot c_2 - \frac{1}{2} \cdot r \cdot t_1^2 \cdot c_1 - \frac{1}{2} \cdot t_2^2 \cdot r \cdot c_2 - c_3 = 0. \end{cases}$$

Виконавши дії та додавши рівняння системи, виразимо одну змінну через іншу і підставимо у будь-яке з рівнянь:

$$t_1 = \frac{2 \cdot c_3}{r \cdot (c_1 + c_2) \cdot t_2}$$

Отримаємо:

$$\frac{1}{2} \cdot r \cdot 2 \cdot t_2^4 \cdot (c_1 + c_2)^2 \cdot c_2 - t_2^2 \cdot (r \cdot c_1^2 \cdot c_3 - r \cdot c_2^2 \cdot c_3) - 2 \cdot c_1 \cdot c_3^2 = 0.$$

Замінивши $t_1 = a$, розрахуємо розв'язки квадратного рівняння, дедискримінант дорівнює:

$$D = \sqrt{c_3^2 \cdot r^2 \cdot (c_1 - c_2)^2 \cdot (c_1 + c_2)^2 \cdot c_2 + 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot r^2 \cdot (c_1 + c_2)^2 \cdot c_2 \cdot c_1 \cdot c_3^2},$$

зробимо зворотню підстановку і знайдемо t_1 .

$$t_1^2 = \frac{c_3 \cdot ((c_1 - c_2) \pm (c_1 + c_2))}{r \cdot (c_1 + c_2) \cdot c_2}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot c_1 \cdot c_3}{r \cdot (c_1 + c_2) \cdot c_2}}$$

Відповідно, знайдемо t_1 .

$$t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot c_2 \cdot c_3}{r \cdot (c_1 + c_2) \cdot c_1}}$$

Після розв'язання рівнянь отримаємо оптимальні розв'язки щодо управління часом для поставок, оптимальний обсяг закупівлі товару дорівнюватиме $q_0 = r \cdot (t_1 + t_2)$:

$$q_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot r \cdot c_3 \cdot (c_1 + c_2)}{c_1 \cdot c_2}}$$

Тепер з'ясуємо, яким чином отримані теоретичні результати застосувати на практиці, і наскільки вони ефективні. Для розрахунку необхідно встановити значення внутрішніх параметрів моделі.

Таблиця 1. Внутрішні параметри моделі

Рік	С ₁ , грн /Г*день	С ₂ , грн /Г*день	С ₃ , грн
2002	2,40	180,00	3000,00
2003	3,33	200,00	5000,00

Вартість зберігання тонни товару на складі протягом дня в 2002 р. становила 2,4 грн (без ПДВ), у 2003 р.- 3,3 грн (без ПДВ). Інколи користування складом обраховується у фіксованих платежах за період, тоді, щоб отримати значення С₃ потрібно загальну суму (за місяць, за рік) розділити на кількість тонн товару, що пройшла через склад, та кількість днів у відповідному періоді.

Витрати, пов'язані з незадоволенням попиту на товар c_2 , розраховуються дещо складніше: можливі варіації щодо методології розрахунку, які залежатимуть від економіста, що моделює ситуацію в компанії. Зазвичай сюди включають виплату штрафних санкцій за недопоставку або суму втраченого прибутку (не доходу) від реалізації однієї тонни товару. В наведеній моделі використано суму втраченого прибутку за одну тону від неукладених угод.

Витрати, пов'язані з отриманням нової партії товару, в цій моделі вважаються сталими протягом року для будь-якої партії незалежно від її обсягу. Насправді часто ці витрати (плата за транспортні послуги, експедицію, страхування тощо) чітко залежать від обсягу партії, тому економісти ускладнюють цей параметр моделі, вводячи його як змінні затрати.

Найбільше варіацій виникає при моделюванні середньоденного попиту на товар. За наявності даних протягом кількох років можна доволі точно, використовуючи аналіз часових рядів, враховувати в моделі циклічність, сезонність та трендові параметри. Часто розраховують місячні показники попиту на товар і

на їх основі будують прогнозні моделі, а денні показники розраховують як середнє значення, Оскільки в наведеному прикладі використано ретроспективний аналіз, то обсяги попиту чітко детерміновані.

Кожна компанія згідно з даними бухгалтерського обліку може розрахувати місячні показники закупівлі та продажу товару (попиту споживачів на товар).

Таблиця 2. Показники закупівлі та продажу товару протягом 2002 р.

Місяць	Реалізація, т	Витрати*		Середньоденний попит, т/день
		грн.	день	
Січень	85,18	12851,40	31	2,75
Лютий	79,08	12 102,66	28	2,82
Березень	258,03	13693,80	31	8,32
Квітень	256,30	4 370,86	30	8,54
Травень	221,19	3965,66	31	7,14
Червень	331,93	9892,26	3	11,06
Липень	275,85	14317,90	31	8,90
Серпень	370,28	7801,21	31	11,94
Вересень	273,07	9346,50		9,10
Жовтень	179,00	17972,39	31	5,77
Листопад	205,75	18 188,99		6,86
Грудень	330,63	11 005,15	31	10,67
Всього	2 866,27	135508,75	365	

* Реальні витрати, пов'язані з утриманням складських залишків.

Таблиця 3. Розрахунок змодельованих теоретичних значень для 2002 р.

Місяць	q_0 , т	t_1 , день	t_2 , день	T, оборот	Розрахункові витрати, грн.
Січень	83,43	29,97	0,40	1,02	3062,75
Лютий	84,58	29,56	0,39	0,93	2804,62
Березень	145,21	17,22	0,23	1,78	5330,73
Квітень	147,12	16,99	0,23	1,74	5226,49
Травень	134,45	18,59	0,25	1,65	4935,62
Червень	167,42	14,93	0,20	1,98	5947,79
Липень	150,14	16,65	0,22	1,84	5511,79
Серпень	173,95	14,37	0,19	2,13	6385,84
Вересень	151,85	16,46	0,22	1,80	5394,81
Жовтень	120,95	20,67	0,28	1,48	4439,99
Листопад	131,81	18,97	0,25	1,56	4682,80
Грудень	164,37	15,21	0,20	2,01	6034,26
Всього					59 757,49

Примітки. q_0 — це обсяг оптимальної партії за результатами оцінки попиту на поточний місяць; t_1 - оптимальний строк між двома поставками; t_2 - оптимальний строк, упродовж якого допускається дефіцит товару; T - періодичність закупівлі партії на місяць. Із таблиці видно, що оптимальним строком, упродовж якого допускається дефіцит товару (t_1) є один день (не більше), тобто через дефіцит товарів фірма втрачає клієнта і тому має високі витрати у вигляді нестриманого прибутку. Високі значення недоотриманого прибутку викликають в моделі низькі значення строків, допустимих для наявності дефіциту, тому обсяг оптимальної партії розраховується таким чином, щоб на складі завжди була певна кількість товарних залишків.

У табл. 3 наведено також розрахункові витрати на утримання товарних залишків.

В результаті теоретична сума суттєво нижче за реально витрачену (табл. 4).

Таблиця 4. Витрати на утримання товарних залишків у 2002 р., грн

Теоретичні витрати	Фактичні витрати	Надмірно сплачені кошти
59 757,49	135508,75	75751,26

Очевидно, що сума надмірно сплачених коштів могла би бути значно менше при вико-

ристанні моделей оптимізації товарних залишків (табл. 5).

Таблиця 5. Результуючі дані за 2003 рік

Місяць	Реалізація, r	Витрати, грн.	Середньоденний попит		Q_0, T	t_i , день	t_{i+1} , день	T , оборот	Розрахункові витрати, грн.
			день	T /день					
Січень	246,10	4072,76	31,00	7,94	156,38	19,38	0,32	1,57	7868,83
Лютий	348,30	3065,02	28,00	12,44	195,75	15,48	0,26	1,78	8896,70
Березень	401,33	6225,66	31,00	12,95	199,69	15,17	0,25	2,01	10048,52
Квітень	493,32	8466,53	30,00	16,44	225,06	13,46	0,22	2,19	10959,69
Травень	419,28	10464,08	31,00	13,53	204,11	14,85	0,24	2,05	10 270,78
Червень	307,98	17201,45	30,00	10,27	177,83	17,04	0,28	1,73	8659,48
Липень	296,85	27 777,78	31,00	9,58	171,75	17,64	0,29	1,73	8642,17
Серпень	188,43	24 206,08	31,00	6,08	136,83	22,15	0,37	1,38	6885,31
Вересень	267,30	22 570,35	30,00	8,91	165,67	18,29	0,30	1,61	8067,40
Жовтень	169,93	15499,58	31,00	5,48	129,94	23,32	0,38	1,31	6538,57
Листопад	218,08	9131,25	30,00	7,27	149,64	20,25	0,33	1,46	7286,80
Грудень	170,85	4034,61	31,00	5,51	130,29	23,26	0,38	1,31	6556,34
Всього	3527,72	152715,15	365,00						100680,59

Як бачимо, отримані результати кращі за ті, що були в 2002 р, незважаючи на те, що усі витрати (c_1, c_2, c_3) зросли. Як видно з рис. 1, компанія раціональніше управляла складськими залишками протягом першого півріччя 2003 р. (табл. 6).

Таблиця 6. Витрати на утримання складських залишків у 2003 р., грн

Теоретична сума витрат	Фактична сума витрат	Надмірно сплачені кошти
100680,59	152715,15	52 034,56

Отже, можна говорити про необхідність оптимізації товарних запасів для більш ефективного використання активів та зменшення витрат через нераціональне управління складськими залишками навіть за умови зростання показників витрат. Проте існує кілька застережень до описаної моделі, які слід мати на увазі:

1. Було використано ретроспективний аналіз, завдання якого полягало в оцінці ефек-

тивності управління товарними залишками. Це дало змогу зробити висновок про нераціональне управління товарними залишками та приблизно оцінити втрати від незастосування оптимізаційних моделей.

2. Були зроблені припущення, що давали можливість користуватися чітко детермінованими значеннями попиту та витрат на організацію поставки нової партії товару.

3. Розраховані місячні оптимальні партії є статичними оптимальними розв'язками. Для того, щоб змоделювати динаміку товарних залишків таким чином, щоб вони утворювали безперервний процес управління (як зображено на рис. 1), потрібно послуговуватися динамічною моделлю.

4. Запропонована модель може використовуватися лише як базова для прогнозування та управління товарними запасами в реальному часі. Вона потребує пом'якшення деяких припущень, а також застосування динамічних моделей, що наблизить її до реальних умов на кожному конкретному підприємстві.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Buchan J., Koenigsberg E. Scientific inventory management.- Prentis Hall, 1963.
2. Рыжиков Ю. И. Управление запасами.— М.: Наука, 1969.

3. Акоф Р. М. Сасиени, Основи дослідження операцій.— М.: Мир, 1971.

V. Burkovskyy

ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF COMPANY'S INVENTORY MANAGEMENT

In the following article there are a description of inventory management basic problems, analysis of the example of ineffective inventory management in practice and estimation of optimal solutions.