

УДК 004.942:338.27

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ

Селівьорстова Т.В., Андрейченко А.В.
Національна металургійна академія України

Описана низка математичних моделей постачання, які базуються на формулі Вільсона, і дозволяють отримати оцінки: оптимального розміру замовлення; інтервалу часу між замовленнями за умови дотримання оптимальної партії поставки; річних витрат по складу за рік у тому числі при врахуванні дефіциту. Наведені результати обчислень параметрів логістичних моделей постачання з використанням програмного засобу «Logistic_delivery_models». Показані обчислені параметри системи керування запасами з фіксованим розміром замовлення та фіксованим інтервалом часу між замовленнями. Розробка може бути корисною при вивченні моделей і методів логістики постачання.

Ключові слова: формула Вільсона, оптимальний розмір замовлення, інтервал часу між замовленнями, річних витрат по складу, дефіцит.

Постановка задачі. Як відомо, проектування логістичних систем управління запасами переслідує мету безперервного забезпечення виробництва або торгівлі. В рамках даної мети вирішуються наступні завдання: облік поточного рівня запасу на складах; визначення розміру гарантійного (страхового) запасу; розрахунок розміру замовлення; визначення інтервалу часу між замовленнями [1; 2]. В зв'язку з тим, що вимоги сучасного виробництва або торгівлі накладають високі стандарти на якість та точність управління запасами, набув поширення напрямок розробки спеціалізованого програмного забезпечення управління запасами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теорія управління запасами є молодю галуззю дослідження операцій. Проте, спроби налагодити якщо не наукове, то хоча б розумне управління запасами робилися з давніх часів. Науковий напрямок побудови математичних моделей та методів для оцінювання розміру оптимального розміру замовлення був започаткований у першій третині XX століття групою вчених Ф. Харрісом, К. Стефанік-Алмейером, К. Андлером та Р. Вілсоном, з іменами яких і пов'язані базові формули управління запасами [3]. В теперішній час, науковий напрямок управління запасами займається вдосконаленням відповідних математичних моделей та методів для сучасних ринкових умов. Паралельно з цим потужно розвивається напрямок, пов'язаний з розробкою сучасного програмного забезпечення в галузі логістики.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. На даний момент, на Українському ринку спеціалізованого програмного забезпечення присутні ряд програмних розробок логістичного спрямування:

- «Логістика» в 1С: Підприємство Управління Торгівлею [4];
- 4Logist [5];
- TMS [6];
- TMS Logist.UA [7].

Проте, слід зазначити, що дані розробки спрямовані здебільшого на задоволення потреб перевізників. Що дає можливість зробити висновок про недостатність вітчизняного спеціалізованого програмного забезпечення, призначеного для автоматизації процесу управління запасами.

Ціллю статті є програмна реалізація та логістичних моделей управління запасами, що базуються на формулі Вільсона, та дозволяють отримати оцінки: оптимального розміру замовлення; інтервалу часу між замовленнями за умови дотримання оптимальної партії поставки; загальнорічні витрати по складу за рік при відсутності та наявності дефіциту товарів на складі.

Логістичні моделі управління запасами.

Метод встановлення оптимальної партії замовлення матеріалів, частин посідає в теорії логістики особливе місце як класичний приклад вирішення конфлікту цілей, що виражається у формі конфлікту взаємопов'язаних груп витрат (залежності типу "trade/off"), знаходженням оптимального значення загальних витрат – мінімального рівня витрат. Економічна величина замовлення (EOQ – Economic Order Quantity) за формулою Вільсона [8–10] розраховується за таких умов:

- величина попиту є постійна і відома;
- час поставки (цикл поставки) є постійним і відомим;
- витрати поставки, насамперед ціна закупівлі, не залежать від величини партії;
- існує повне задоволення попиту;
- витрати утримання запасів прямо пропорційні до їх величини;
- не існує запасів у дорозі;
- витрати складання замовлення не залежать від величини замовлення;
- необмежений горизонт планування;
- не допускається можливість вичерпання запасів;
- необмеження доступності капіталу.

Подані умови застосування методу EOQ показують, що до уваги беруться лише дві складові логістичних витрат:

- витрати утримання запасів;
- витрати складання замовлення.

Викладені умови застосування методу EOQ створюють таку ідею розрахунку: оптимальна величина замовлення забезпечує досягнення мінімальної суми витрат утримання запасів і витрат складання замовлення за певний період. Витрати складання замовлення залежать від вартості складання одного замовлення та кількості замовлень за період. У розрахунок за рік витрати складання замовлення визначаються за формулою:

$$B_{зам} = \Pi_{зам} \cdot n_{зам} = \Pi_{зам} \cdot \frac{P_p}{Q}, \quad (1)$$

де $\Pi_{зам}$, $n_{зам}$ – відповідно витрати складання одного замовлення та кількість замовлень за рік. Кількість замовлень за рік визначається діленням річної потреби в матеріалах P_p на величину однієї партії замовлення Q . Тобто витрати складання замовлень є обернено пропорційні (в гіперболічній залежності) до величини партії замовлення, а це означає, що регулювальним чинником рівня таких витрат є величина одного замовлення (партія закупівлі) Q .

Витрати утримання запасів матеріалів можна визначити у відсотках від їх вартості. За викладених умов застосування моделі EOQ середньорічний рівень запасів матеріалів збігається з половиною величини одного замовлення, оскільки стабільний і відомий попит не вимагає утримання страхових запасів, запасів у дорозі, а запас поповнюється однаковими партіями з однаковим циклом поставки. Графічно це відображено на рисунку 1.

Зі зміною величини партії (Q_1 і Q_2) прямо пропорційно змінюється середній запас, а, отже, і витрати утримання запасів.

$$B_{уз} = \frac{Q}{2} C \frac{r}{100}, \quad (2)$$

де C – вартість одиниці матеріалу; r – витрати на утримання запасу у відсотках від вартості

матеріалу. Знаходження оптимуму здійснюється дослідженням функції суми обох витрат, а саме

$$B = B_{зам} + B_{уз} = \Pi_{зам} \cdot \frac{P_p}{Q} + \frac{Q}{2} C \frac{r}{100} \rightarrow \min. \quad (3)$$

Для визначення оптимального – найменшого значення функції (3) прирівнюємо першу похідну по Q до нуля:

$$\frac{dB}{dQ} = \frac{\Pi_{зам} P_p}{Q^2} + \frac{C}{2} \frac{r}{100} = 0. \quad (4)$$

Вираз (4) дає можливість визначити Q_{opt} – оптимальну величину замовлення:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2\Pi_{зам} P_p}{C \frac{r}{100}}}. \quad (5)$$

На рисунку 2 наведена графічна інтерпретація визначення оптимальної величини замовлення (3).

Рисунок 2 унаочнює принаймні два шляхи впливу на загальні витрати, не виходячи за межі принципу мінімальних витрат. Перший із них – це обмеження витрат складання одного замовлення, внаслідок чого крива витрат складання замовлень зсунеться вліво вниз, а отже, трансформується і крива загальних витрат. Другий шлях – редукція питомих витрат утримання запасів, що графічно ідентифікується зменшенням кута нахилу кривої витрат утримання запасів.

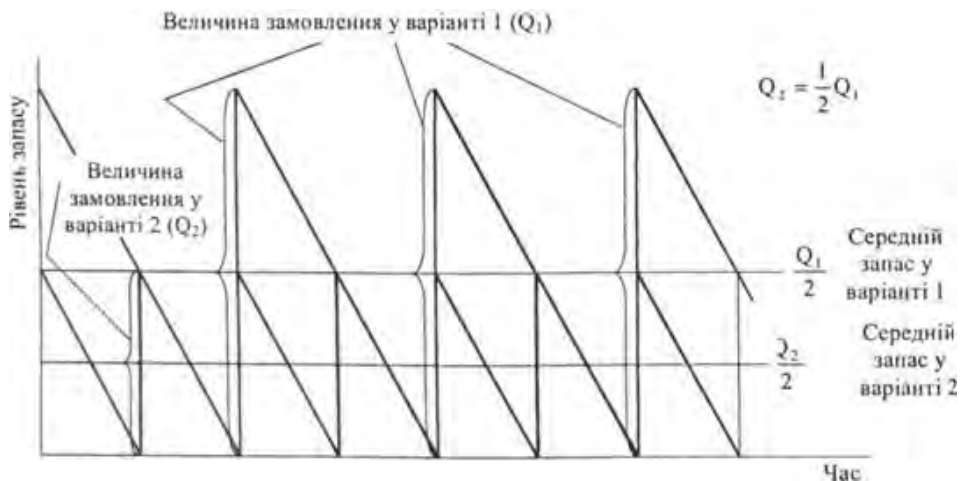


Рис. 1. Графічна інтерпретація середнього запасу в моделі EOQ (модель пилки) для двох варіантів 1 і 2

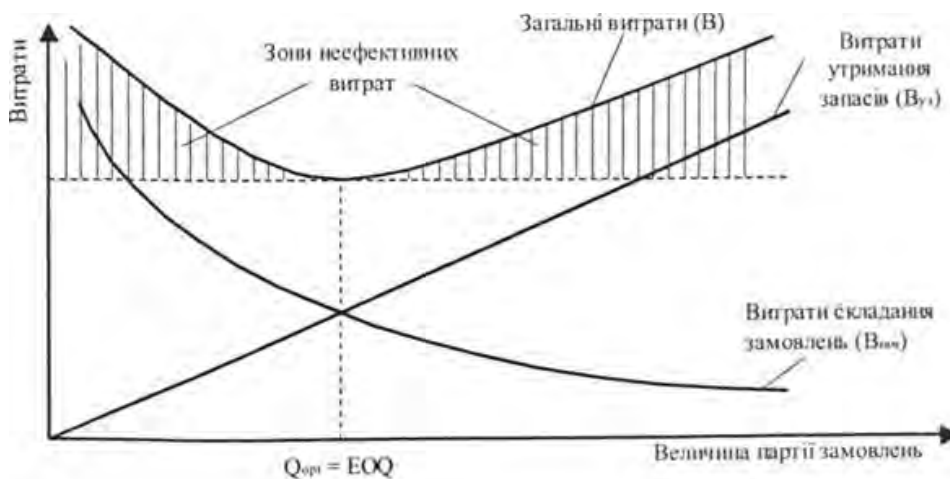


Рис. 2. Графічна інтерпретація EOQ

Обчислення оптимального розміру замовлення надає можливість визначити оптимальний середній рівень запасу:

$$\overline{Q}_{opt} = \frac{Q_{opt}}{2}, \quad (6)$$

та оптимальну періодичність поповнення запасів (рік):

$$T_{opt} = \frac{\overline{Q}_{opt}}{n_{зам}}. \quad (7)$$

На базі наведених вище розрахунків проводяться обчислення загально річних витрат на утримання та обслуговуванню складу при врахуванні наявності або відсутності дефіциту [9].

Програмна реалізація логістичних моделей управління запасами. Розробка програмного засобу «Logistic_delivery_models» виконувалась з використанням середовища Borland C++ Builder. «Logistic_delivery_models» містить зручний віконний інтерфейс, працює на операційній системі Windows.

На рисунках 3, 4 наведені структурні вхідних та вихідних параметрів програмного засобу (ПЗ) «Logistic_delivery_models».

Логістичні моделі постачання	Основна модель Вільсона Вартість виконання одного замовлення, гр. од./шт. Витрати на утримання одиниці запасу, гр. од./шт. Потреба в товарно-матеріальних цінностях за певний період часу (рік), шт.
	Розрахунок параметрів системи керування запасами Кількість робочих днів у році, дні Час поставки, дні Можлива затримка поставки, дні Фактичний рівень запасів на момент перевірки, шт.
	Додаткові параметри Знижка, % Розмір замовлення при якому діє знижка, шт. Вартість зберігання однієї одиниці, гр. од.
	Модель планування дефіциту Річна вартість відсутності запасів, гр. од./шт.

Рис. 3. Вхідні параметри ПЗ «Logistic_delivery_models»

Логістичні моделі постачання	Оптимальний розмір замовлення Оптимальний середній рівень запасу, шт. Оптимальна періодичність поповнення запасів, рік Оптимальна періодичність поповнення запасів, дні
	Інтервал часу між замовленнями за умови дотримання оптимальної партії поставки Інтервал часу між замовленнями, дні Точка замовлення, шт.
	Загальнорічні витрати по складу за рік Витрати по складу, гр. од./рік. Загальні витрати, гр. од./рік.
	Загальнорічні витрати по складу за рік Модель планування дефіциту Витрати по складу, гр. од./рік. Загальні витрати, гр. од./рік.

Рис. 4. Вихідні параметри ПЗ «Logistic_delivery_models»

У ПЗ «Logistic_delivery_models» реалізований розрахунок параметрів системи керування запасами з фіксованим розміром замовлення (таблиця 1) та фіксованим інтервалом часу між замовленнями (таблиця 2).

Таблиця 1

Порядок розрахунку параметрів системи керування запасами з фіксованим розміром замовлення

№	Показник	Порядок розрахунку	Значення
1	Потреба, шт.	-	400
2	Оптимальний розмір замовлення, шт.	По формулі	70.71
3	Час поставки, дні	-	3
4	Можлива затримка поставки, дні	-	1
5	Очікуване денне споживання, шт. /день	[1] : [число робочих днів]	1.33
6	Строк витрати замовлення, дні	[2] : [5]	53.17
7	Очікуване споживання за час поставки, шт.	[3] x [5]	3.99
8	Максимальне споживання за час поставки, шт.	([3] + [4]) x [5]	5.32
9	Гарантійний запас, шт.	[8] - [7]	1.33
10	Граничний рівень запасу, шт.	[9] + [7]	5.32
11	Максимальний бажаний запас, шт.	[9] + [2]	72.04
12	Строк витрати запасу до граничного рівня, дні, шт.	(([11] - [10]) : [5])	50.17

Таблиця 2

Порядок розрахунку параметрів системи керування запасами з фіксованим інтервалом часу між замовленнями

№	Показник	Порядок розрахунку	Значення
1	Потреба, шт.	-	400
2	Інтервал часу між замовленнями, дні	-	53.03
3	Час поставки, дні	-	3
4	Можлива затримка поставки, дні	-	1
5	Очікуване денне споживання, шт. /день	[1] : [число робочих днів]	1.33
6	Очікуване споживання за час поставки, шт.	[3] x [5]	3.99
7	Максимальне споживання за час поставки, шт.	([3] + [4]) x [5]	5.32
8	Гарантійний запас, шт.	[7] - [6]	1.33
9	Максимальний бажаний запас, шт.	[8] + [2] x [5]	71.86
10	Розмір замовлення, шт.	По формулі	-66.68
11	Максимальний бажаний запас, шт.	[9] + [2]	72.04
12	Строк витрати запасу до граничного рівня, дні, шт.	(([11] - [10]) : [5])	50.17

Розмір замовлення розраховується по формулі:

$$q_z = Z_{max} - Z_{факт} + Z_{номр}$$

де q_z – розмір замовлення, шт.; Z_{max} – максимальний бажаний запас, шт.; $Z_{факт}$ – фактичний рівень запасів на момент перевірки, шт.; $Z_{номр}$ – очікуване споживання за час поставки, шт.

(Обчислення наведені у статті виконані для наступних значень параметрів. Вартість виконання одного замовлення = 50 гр. од./шт. Витрати на утримання одиниці запасу = 8 гр. од./шт.

Потреба в товарно-матеріальних цінностях за певний період часу (рік) = 400 шт. Кількість робочих днів у році = 300 днів. Час поставки = 3 дні. Можлива затримка поставки 1 день. Фактичний рівень запасів на момент перевірки = 72 шт. Знижка = 10 %, при розмірі замовлення не менше 50, шт. Вартість зберігання однієї одиниці = 4 гр. од. Річна вартість відсутності запасів 5 гр. од./шт.)

Висновки і перспективи подальшого розвитку. Проведений аналіз існуючих на ринку України програмних засобів логістики. Було встановлено, що на вітчизняному ринку відсутні програмні засоби, що реалізують логістику постачання.

Визначені низка математичних моделей постачання, які базуються на формулі Вільсона,

і дозволяють отримати оцінки: оптимального розміру замовлення; інтервалу часу між замовленнями за умови дотримання оптимальної партії поставки; загальнорічних витрат по складу за рік у тому числі при врахуванні дефіциту.

Розроблений програмний засіб «Logistic_delivery_models», реалізує моделі визначення оптимального розміру замовлення; інтервалу часу між замовленнями за умови дотримання оптимальної партії поставки; загальнорічних витрат по складу за рік у тому числі при врахуванні дефіциту для визначення параметрів системи керування запасами з фіксованим розміром замовлення та фіксованим інтервалом часу між замовленнями. Розробка може бути корисною при вивченні моделей і методів логістики постачання.

Список літератури:

1. Якимішин Л.Я. Логістика ланцюгів поставок товарів повсякденного попиту: Монографія / Л.Я. Якимішин. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2017. – 220 с.
2. Гаджинский А.М. Практикум по логистике / А.М. Гаджинский. – 8-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2012. – 312 с.
3. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами / Ю.И. Рыжиков. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.
4. Модуль «Логистика» в 1С: Предприятие Управление Торговлей 3.1 [Електронний ресурс] // FinSoft.com/
5. Программа для логистики и транспорта 4Logist [Електронний ресурс] // 4Logist.com.
6. TMS система управления транспортом и составления маршрута – программа управления транспортом от АВМ Cloud [Електронний ресурс] // АВМCloud.com.
7. TMS Logist.UA | Система управления транспортом [Електронний ресурс] // SystemGroup.com.ua.
8. Семёнова И.В., Стерлигова А.Н. Оптимальный размер заказа, или загадочная формула Вильсона // Логистик & система. – № 2. – С. 64–69. – № 3. – С. 62–71. – 2005. – М.: ООО «Акцион-Пресс», 2005. – 41 с.
9. Стерлигова А.Н. О сугубой практичности формулы Вильсона // Логистик & Система. – 2005. – № 4. – С. 42–52. – № 5. – С. 56–61. – М.: ООО «Акцион-Пресс», 2005. – 35 с.
10. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами. – М.: «Альпина Бизнес Букс», 2005.

Селиверстова Т.В., Андрейченко А.В.

Национальная металлургическая академия Украины

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Аннотация

Описано ряд математических моделей поставок, основанных на формуле Вильсона, которые позволяют получить оценки: оптимального размера заказа; интервала времени между заказами при условии соблюдения оптимальной партии поставок; годовых расходов по складу в том числе при учете дефицита. Приведены результаты вычислений параметров логистических моделей поставок с использованием программного средства «Logistic_delivery_models». Показаны рассчитаны параметры системы управления запасами с фиксированным размером заказа и фиксированным интервалом времени между заказами. Разработка может быть полезной при изучении моделей и методов логистики снабжения.

Ключевые слова: формула Вильсона, оптимальный размер заказа, интервал времени между заказами, годовых расходов по складу, дефицит.

Selivyorstova T.V., Andreychenko A.V.

National Metallurgical Academy of Ukraine

SOFTWARE IMPLEMENTATION AND RESEARCH OF INVENTORY MANAGEMENT LOGISTICS MODELS

Summary

The described a number of mathematical models of deliveries, based on the Wilson formula, which allow to obtain estimates: the optimal order size; the interval between orders, subject to the optimal delivery schedule; annual costs of the warehouse, including when taking into account the deficit. The results of calculations of logistics supply models using the "Logistic_delivery_models" software are given. The calculated parameters of the inventory management system with a fixed order size and a fixed time interval between orders are shown. Development can be useful in studying models and methods of supply logistics.

Keywords: Wilson formula, optimal order size, time interval between orders, annual expenses for the warehouse, deficit.