

## ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАПАСІВ ПІДПРИЄМСТВА ЗА ДОПОМОГОЮ СТАТИСТИЧНОГО МЕТОДУ

### OPTIMIZATION OF THE RESERVES OF THE ENTERPRIZE USING STATISTICAL METHOD

**Тищенко І.В.**

студент,  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

**Пістунов І.М.**

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри економічної та електронної кібернетики,  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

**Tyshchenko Illia**

Student,  
National Technical University "Dniprovsk Polytechnic"

**Pistunov Ihor**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor of the Department of Economic and Electronic Cybernetics,  
National Technical University "Dniprovsk Polytechnic"

*У статті розглянуто застосування статистичного методу оптимізації запасів для визначення оптимальної кількості товарних запасів підприємства у кількісному та грошовому вираженні. Об'єктом дослідження є приватне підприємство «Агростандарт». Описано фінансову діяльність підприємства, його переваги та недоліки, проведений фінансовий аналіз. Визначено найбільш вузьке місце фірми. На основі вихідних даних про попит на продукцію підприємства проведено кластерний аналіз і розбито групи товарів на споріднені за рівнем попиту і доходами кластеру. Було використано статистичний метод дослідження для оптимізації запасів запасних частин на складах фірми. Побудовано кумуляти і рівняння функції для кожного кластера. Розраховано оптимальний запас товарів на фірмі і отриманий економічний ефект від впровадження.*

**Ключові слова:** фінансовий аналіз, оптимізація товарних запасів, кластерний аналіз, статистичний метод, графік розподілу попиту, економічний ефект.

*В статье рассмотрено использование статистического метода оптимизации запасов для определения оптимального количества товарных запасов предприятия в количественном и денежном выражении. Объектом исследования является частное предприятие «Агростандарт». Описано финансовую деятельность предприятия, его преимущества и недостатки, проведен финансовый анализ. Определено наиболее уязвимое место фирмы. На основе исходных данных о спросе на продукцию проведен кластерный анализ и разбито группы товаров на родственные по уровню дохода и спроса кластеры. Был использован статистический метод исследования для оптимизации запасов запасных частей на складах фирмы. Построены кумуляты и уравнения функции для каждого кластера. Рассчитано оптимальный запас товаров на фирме и получено экономический эффект от внедрения.*

**Ключевые слова:** финансовый анализ, оптимизация товарных запасов, кластерный анализ, статистический метод, график распределения спроса, экономический эффект.

*The problem of stock optimization is very topical for Ukrainian enterprises, because the processes of inventory management are an important part of the enterprise management system. At present, the solution of the problems of increasing the efficiency of enterprise management is impossible without the use of modern computing methods. The introduction of mathematical models and algorithms for optimization of stocks at an enterprise allows to automate the process of obtaining the optimal solution for their storage. The article discusses the use of a statistical method for optimizing stocks to determine the optimal amount of the company's inventory in quantitative and monetary terms.*

*The object of the research is the private enterprise "Agrostandart". Subject of research – stock management at the company, target – analysis and optimization of stocks. It describes the financial activities of the enterprise, its advantages and disadvantages. The financial analysis was conducted on the basis of accounting data, namely, the company's balance sheet for the period 2013-2017, as well as a report on financial results. Identified the most vulnerable point of the company – the surplus of finished products in stock, which leads to increased costs for storage of goods. Based on the initial data on the demand for products in quantitative and monetary terms (namely, 13 groups of products sold by the enterprise) for the study period, a cluster analysis was conducted using the STATISTICA program. The result of the analysis was the receipt of the dendrogram and the group of goods was divided into 6 related income and demand clusters. The study used a statistical method to optimize the stock of spare parts in the warehouses of the company. Cumulatives were built (graphs of the distribution of demand and income) and the function equations for each cluster, and coefficients of determination were added to show the adequacy of the models obtained. Calculated the optimal stock of goods in monetary and quantitative terms for each formed cluster in the company. The economic effect of the introduction of a statistical method of optimizing reserves in the enterprise.*

**Key words:** Finance analysis, inventory optimization, cluster analysis, statistical method, schedule of demand distribution, economical effect.

Постанова проблеми. Фінансовий стан є найважливішою характеристикою діяльності підприємства. Він визначає конкурентоздатність компанії та його потенціал до подальшого розвитку і успішного ведення торговельної діяльності. Одним з методів підвищення ефективності управління бізнесом є якісне стратегічне планування діяльності організації. Для торговельного підприємства одним із двигунів успішної роботи та подальшого розвитку є зберігання запасів, а саме запасних частин, на його складах.

Проблема оптимізації запасів є дуже актуальною для підприємств України. Процеси керування запасами – важлива складова частини системи управління підприємством. На сьогоднішні вирішення задач підвищення ефективності управління підприємством неможливе без застосування сучасних обчислювальних методів. Впровадження математичних моделей та алгоритмів для оптимізації запасів на підприємстві дозволяє автоматизувати процес отримання оптимального рішення щодо їх зберігання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Різні аспекти управління матеріальними запасами розглядаються в роботах Баскина А. І., Беляєва Ю. А., Волгіна В. В., Інютін К. В., Мельника М. М., Гаджинский А. Н., Гордона М. П., та інших авторів. В роботах Дж Ріса, М. Старра, О. Уайта, Дж. Ф. Мута і Дж. Томпсона, визначаються науково-практичні підходи до управління запасами і описуються емпіричні дослідження закономірностей існування запасів.

В умовах сучасної ринкової економіки, яка характеризується орієнтацією на задоволення потреб споживача, в галузі управління запасами з'явився ряд проблем, що вимагають для свого вивчення нових підходів. До них слід віднести організацію системи управління запасами, як функціональної підсистеми загальної логістичної системи, розробку стратегії управління запасами з урахуванням глобальної логістичної стратегії, формування системи показників для кількісної оцінки стану матеріальних запасів у логістичній системі та ефек-

тивності прийнятих управлінських рішень, створення механізму взаємодії суб'єктів логістичного угоди.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Більша частина науковців, досліджуючи оптимізацію запасів товарів на підприємстві, спираються, частіше всього, на формулу Вільсона (економічний розмір замовлення), а статистичний метод дослідження є недостатньо вивченим.

**Постановка завдання.** Метою статті є вирішення проблеми оптимізації запасів, а саме фінансовий аналіз діяльності підприємства, визначення «вузького» місця і подальше застосування кластерного аналізу та статистичного методу для визначення оптимального розміру товарних запасів на складі підприємства.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для того, щоб досягнути поставленої мети, необхідно:

1. Проведення аналізу фінансового стану підприємства ПП «Агро-стандарт».

2. Проведення кластеризації запасних частин до сільгосптехніки підприємства для групування їх у споріднені кластери за попитом та доходами.

3. Побудова кумуляти і логарифмічних рівнянь лінії тренду для кожного кластеру. Розрахунок оптимального запасу товару.

4. Впровадження оптимальних рішень.

Аналіз фінансового стану підприємства – це процес дослідження фінансової ситуації на підприємстві та основних результатів його фінансової діяльності з метою виявлення резервів покращення цієї ситуації.

Мета діяльності будь-якого підприємства – отримання максимального прибутку. Для торговельної фірми важливим фактором його стабільної роботи та розвитку є оптимальний запас продукції на складі. Значна частина коштів організації сконцентрована у складських запасах, що визначає необхідність ефективного керування складом. Відсутність оптимального керівництва у цьому напрямку веде до зниження рентабельності фірми та збільшення фінансових витрат.

Як було визначено із фінансового аналізу, основною проблемою ПП «Агростандарт» є великий об'єм готової продукції на складах, що може негативно відбитися на фінансовій діяльності підприємства.

Для того, щоб покращити роботу підприємства у цьому напрямку, слід провести оптимізацію запасів запасних частин на складах фірми. Ключовим завданням такої оптимізації є визначення такого об'єму товарів, який би забезпечував неперервність продажів і мінімізацію витрат на їх зберігання.

Для вирішення цієї проблеми використаємо статистичний метод оптимізації запасів на складі торгової фірми.

Нехай:

- $\Theta$  – ринковий попит на продукт торгової фірми для фіксованого періоду (день, тиждень, місяць);

- $a$  – запас продукту на деякий період;

- $k_1$  – прибуток, що отримує фірма з продажу одиниці продукції;

- $k_2$  – утрата прибутку на одиницю продукту, зумовлена відсутністю товару, попит на який перевищив замовлену кількість;

- $F(\Theta)$  – функція апіорного спостереження розподілу попиту;

- $f(a)$  – Щільність в точці  $a$  апостеріорного розподілу попиту,  $F(a_0)$  – функція апостеріорного розподілу попиту  $\Theta$  на продукт [1].

Товар, який продається, оцінюється у штуках чи кілограмах, і замовляється у будь-якій кількості. Оптимальний запас товару на складі буде знайдено з формули

$$F(a_0) = k_1 / (k_1 + k_2). \quad (1)$$

Для обчислення оптимального запасу  $a_0$  даного продукту на певний період часу треба: знати параметри  $k_1$  і  $k_2$ ; на основі статистичних спостережень отримати апостеріорний розподіл попиту на товар; за допомогою функції цього розподілу визначити квантиль порядку  $k_2 / (k_1 + k_2)$ . Якщо, зокрема,  $k_1 = k_2$ , то оптимальний рівень запасу  $a_0$  буде відповідати рівності  $F(a_0) = 0,5$ . Іншими словами, оптимальний рівень запасу являє собою медіану в апостеріорному розподілі попиту. Якщо розподіл близький до нормального  $N(M, \delta)$ , де  $M$  – математичне сподівання,  $\delta$  – середнє квадратичне відхилення, то значення  $a_0$  (або квантиль порядку  $k_2 / (k_1 + k_2)$ ) можна визначити по таблиці нормованого нормального розподілу. Іноді розподіл не відноситься ні до одного з відомих дослідникам законів розподілу, тоді за допомогою графіка функції розподілу треба визначити квантиль порядку  $k_2 / (k_1 + k_2)$ .

Нехай масив вихідних даних – вибірка  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Кількість спостережень –  $N$ . Необхідно розділити увесь діапазон спостережень на  $p$  інтервалів. Для знаходження значення величини  $x_i$  необхідно використати формулу:

$$P_{max}(i) = x_{min} + (x_{max} - x_{min})i/p. \quad (2)$$

де  $i$  – номер інтервалу (1;  $d$ );  $x_{max}$  та  $x_{min}$  – найбільше і найменше значення у вибірці даних.

Кількість значень, які потрапили в інтервал, називають частотою ( $K_i$ ). Відносна частота – величина кількості попадання в інтервал відносно величини усієї вибірки:

$$k = K_i / N. \quad (3)$$

Для побудови гістограми необхідно по осі абсцис відкласти величини попиту на відповідний товар, розділивши значення на кількість інтервалів  $p$ , по осі ординат – значення відносно частоти для кожного діапазону. Після цього необхідно визначити квантиль розподілу і відмітити точку на графіку. Це і буде оптимальний запас товару на складі для розрахованої групи товарів.

Кластерний аналіз – це сукупність методів, які дозволяють класифікувати багатомірні спостереження, кожне з яких описується набором вихідних перемінних  $X_1, X_2, \dots, X_m$ . Метою кластерного аналізу є утворення груп схожих між собою об'єктів, які прийнято називати кластерами [2].

Для проведення кластерного аналізу і подальшого групування типів товарів на ПП «Агро-стандарт» були отримані дані про кількість продажів товарів в одиницях по групах.

Для дослідження було обрано ієрархічний метод [3]. Кластерний аналіз було проведено за допомогою програмного продукту STATISTICA 8. За результатами кластеризації у період з 2013 по 2017 роки була побудована дендограма (рис. 1), на якій показане послідовне об'єднання груп товарів у кластери за рівнем попиту, і відображено результати у табл. 1.

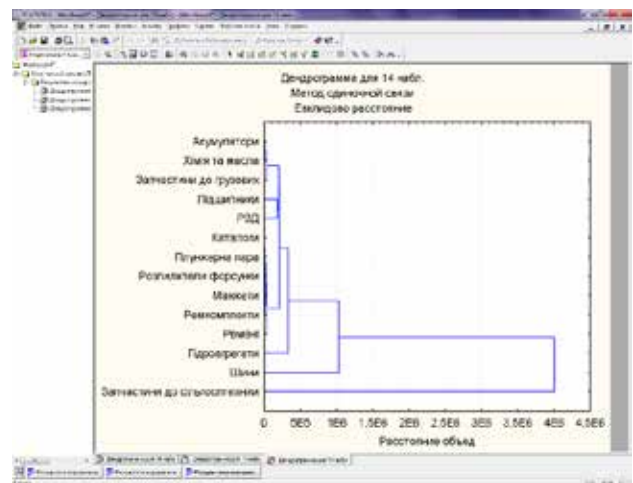


Рис. 1. Дендограма зв'язку

Після отримання результатів кластеризації будемо гістограму для моделі оптимальних запасів фірми. Для цього потрібно знайти мінімальне та максимальне значення попиту за досліджуваний період, кількість інтервалів, розрахувати крок та праві межі кожного інтервалу. Отримавши частоти попадання величини

Таблиця 1

Утворені кластери

Найменування групи	№ кластера
Акумулятори	1
Хімія та масла	1
Запч. До вантажних	1
РВТ	2
Підшипники	2
Каталоги	3
Плунжерна пара	3
Розпилювачі форсунок	3
Манжети	3
Ремкомплекти	3
Ремені	3
Гідроагрегати	4
Шини	5
Запч. До сільгосп.	6

попиту в інтервал, можна побудувати графік розподілу попиту (рис. 2).

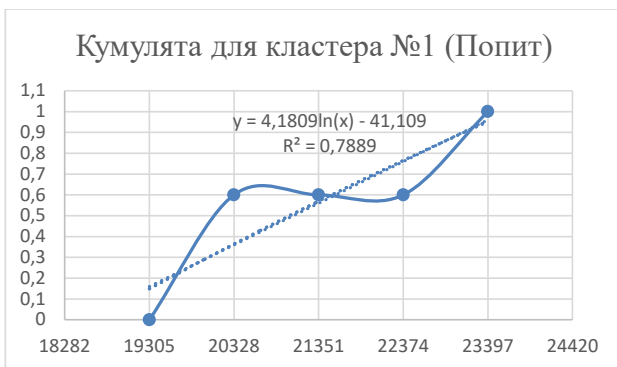


Рис. 2. Кумулята із рівнянням функції для першого кластера

Отриманий графік розподілу було описано логарифмоїдою виду:

$$y = F(a_0) = k_2 / (k_1 + k_2) = a \ln x + b, \quad (4)$$

де  $a$  та  $b$  – коефіцієнти моделі.

Також був доданий коефіцієнт детермінації, який використовується для оцінки якості моделі. В усіх моделях його значення доволі високе (від 0,789 до 0,946), що свідчить про високу якість моделей [4].

Визначимо квантиль розподілу для розрахунку оптимального рівня запасів на складах підприємства по кластерах за формулою (1)  $k_2 / (k_1 + k_2)$ , який буде дорівнювати нормі прибутковості, яка розраховується як відношення прибутку до вкладеного капіталу. Для ПП «Агро-стандарт» середня норма прибутковості у зазначений період дорівнює 17,48%, або 0.1748.

Підставивши квантиль у рівняння (4) і переписавши це рівняння відносно невідомого  $X$ , отримаємо  $X_{\text{opt}}$  – оптимальний запас товарів на складі у вигляді

$$X_{\text{opt}} = \text{EXP} \left( \frac{\frac{k_2}{k_1 + k_2} - b}{a} \right). \quad (5)$$

У табл. 2 наведено формули опису кумуляти для всіх визначених кластерів.

Таблиця 2

Кумулята для кількісного споживання товарів на складах «Агростандарт»

Кластер	Рівняння
№ 1	$y = 4,18 \ln(x) - 41,109$
№ 2	$y = 4,24 \ln(x) - 41,968$
№ 3	$y = 5,63 \ln(x) - 52,805$
№ 4	$y = 2,96 \ln(x) - 22,792$
№ 5	$y = 3,22 \ln(x) - 23,801$
№ 6	$y = 1,57 \ln(x) - 17,701$

Аналогічно було знайдено кумуляти для споживання товарів на складах «Агростандарт» у грошовому еквіваленті.

За формулою (5) було розраховано оптимізацію запасів на складі ПП «Агро-стандарт» за об'ємом та кількістю продажів у грошовому та кількісному вираженні. Отримали такі результати (табл. 3).

Таблиця 3

Оптимальний запас продукції, розбитої по кластерах

№ кластеру	Оптимальний запас товарів	
	Кількісне (од.)	Грошове (тис. грн.)
Кластер № 1	19467	1275,28
Кластер № 2	20730	655,538
Кластер № 3	12213	99,8668
Кластер № 4	2342	881,878
Кластер № 5	1712	1536,98
Кластер № 6	88067	4266,23

Економічний ефект – це кінцевий економічний результат, який отримано від впровадження певних заходів, які повинні сприяти покращенню роботи підприємства [5].

Для розрахунку економічного ефекту для ПП «Агро-стандарт» необхідно порівняти різницю між сумою запасів у 2017 році та розрахованою оптимальною величиною запасів (сума по усім кластерам). Результати показано у табл. 4.

Таблиця 4

Розрахунок економічного ефекту для ПП «Агро-стандарт»

Сума запасів неоптимальна, тис. грн.	Сума запасів оптимальна, тис. грн.	Економічний ефект, тис. грн.
14940,44	8715,77	6224,67



Найбільш великий грошовий вплив на економічний ефект склали п'ятий та шостий кластери, а саме групи товарів шини (1097,69 тис. грн.) та запчастини до сільськогосподарської техніки (3046,87 тис. грн.).

**Висновки.** Таким чином, було розраховано оптимальний запас товарів фірми у грошовому вираженні та у кількості, використовуючи

статистичний метод дослідження. Такий метод оптимізації дозволить підприємству знизити витрати на зберігання на складі надлишкової продукції і позитивно вплине на фінансовий стан в цілому. Оптимізувавши свої запаси, підприємство зможе ефективніше використовувати свої активи, і, як наслідок, розвиватись і отримувати більше прибутку.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Пістунов І.М. Визначення та управління фінансово-економічними ризиками : навч. посібн. Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2015. 180 с. URL: [http://pistunovi.inf.ua/PU3UK\\_IliCTYHOB.pdf](http://pistunovi.inf.ua/PU3UK_IliCTYHOB.pdf) (дата звернення: 05.06.2019).
2. Пістунов І.М., Антонюк О.П., Турчанінова І.Ю. Кластерний аналіз в економіці : навч. посібник. Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2008. 84 с. URL: <http://pistunovi.inf.ua/KA.pdf> (дата звернення 01.06.2019).
3. Дюран, Б. Кластерный анализ / Б. Дюран. – М.: Статистика, 2012.
4. Пістунов І.М. Економічна кібернетика : навч. посіб. Національний гірничий університет. Видання друге, виправлене й доповнене. Дніпропетровськ : НГУ, 2014. 215 с. URL: [http://pistunovi.inf.ua/E\\_K.pdf](http://pistunovi.inf.ua/E_K.pdf) (дата звернення: 10.06.2019).
5. Салига К.С. Ефективність господарської діяльності підприємства : Монографія. Запоріжжя : ЗЦНТІ, 2005. 180 с.