

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-58-65>

УДК 65.012.34:005.57

МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ ПОТОКАМИ ЛОГІСТИЧНИХ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ

MODELS OF MANAGEMENT OF INFORMATION FLOWS LOGISTICS BUSINESS PROCESSES AT THE ENTERPRISE

Янковий Олександр Григорович

доктор економічних наук, професор,
Одеський національний економічний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2413-855X>

Горлова Олена Павлівна

кандидат економічних наук, доцент,
Одеський національний економічний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2411-3977>

Орленко Ольга Михайлівна

кандидат економічних наук, доцент,
Одеський національний економічний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8814-4476>

Yankovyi Olexandr, Gorlova Olena, Orlenko Olha
Odesa National Economic University

У статті досліджено моделі управління інформаційними потоками логістичних бізнес-процесів на підприємстві. Визначено важливу особливість інтегрованого ланцюга поставок, а саме його «наскрізна» перспектива. Продемонстровано, що у процесі проектування продукту та його планування важливу роль відіграють математико-статистичні моделі управління інформаційними потоками, що базуються на нормальному розподілі. Доведено необхідність і доцільність використання математико-статистичних моделей, заснованих на нормальному законі розподілу, в ході менеджменту інформаційних потоків логістичних бізнес-процесів, оскільки це призведе до прийняття найбільш обґрунтованих та оптимальних управлінських рішень, що сприятиме мінімізації ймовірності дефіциту запасу матеріалу/товару, а також до скорочення сумарних логістичних витрат підприємницької діяльності. Показано, що застосування вказаного математико-статистичного апарату дозволить менеджерам підприємств підвищити рівень об'єктивності логістичних бізнес-процесів та ефективності вітчизняної економіки на всіх щаблях її управління.

Ключові слова: економіко-математичне моделювання, інформаційні потоки, бізнес-процеси, логістика, закон нормального розподілу.

The article examines the models for managing information flows of logistic business processes at the enterprise. It is proved that scientifically based logistics is equally important both in the civilian sector of production and at the front in the process of providing the Armed Forces with the necessary ammunition, transport and other means of armed struggle in a timely manner. In addition, it has been demonstrated that the application of logistics methods in the course of managing information flows at enterprises allows not only to improve the level of service to end consumers, but also to minimize the total costs of production, which are extremely important in the modern business conditions of domestic companies. It is noted that an important feature of the integrated supply chain is its "end-to-end" perspective: product design → procurement of raw materials → planning → production → final delivery of the finished product to the customer and further after-sales customer service and reverse logistics depending on the nature of the business. Various aspects and dimensions of modeling are considered and its potential for improving decision-making strategies and optimizing resource use is analyzed. The theoretical foundations of economic-mathematical modeling and its key dimensions, such as forecasting, risk analysis and resource optimization, are determined. Approaches to the practical application of economic models are proposed to increase the business processes' efficiency. Contemporary challenges and prospects regarding the implementation of economic and mathematical models in the modern business environment are considered, taking into account the specifics of scientific and technical progress and the significant growth of data flows that are subject to analytical processing.

Recommendations on the optimal use of economic and mathematical modeling are offered to achieve competitive advantages and sustainable development of enterprises. It is proven the importance of the integration of economic and mathematical models in strategic management to ensure the successful achievement of the development goals of the economic entity.

Key words: economic and mathematical modeling, information flows, business processes, logistics, law of normal distribution.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку економіки України, в жорстких умовах повномасштабної агресії з боку РФ суттєво зросла роль управління інформаційними потоками логістичних бізнес-процесів на вітчизняних підприємствах. При цьому науково обґрунтована логістика однаково надважлива як у цивільному секторі виробництва, так і на фронті процесі своєчасного забезпечення ЗСУ необхідними боєприпасами, транспортними та іншими засобами збройної боротьби. Зарубіжний досвід переконливо показує, що застосування логістичних методів у ході управління інформаційними потоками на підприємствах дозволяє не тільки покращити рівень обслуговування кінцевих споживачів, але й мінімізувати загальні витрати на виробництво.

Логістика – це структура планування, яка прагне створити єдиний план для потоку продуктів та інформації через бізнес. Управління ланцюгом постачання базується на координації між процесами інших організацій у логістичному ланцюгу, тобто між постачальниками та клієнтами, та самою організацією. Отже, однією з цілей управління ланцюгом постачання може бути зменшення або усунення буферів запасів, які існують між організаціями в ланцюжку, шляхом обміну інформацією про попит і поточний рівень запасів. Місія управління логістикою полягає в плануванні та координації всіх тих заходів, які необхідні для досягнення бажаного рівня наданих послуг і якості за найменших витрат, на основі інтеграції діяльності окремих ланок загального ланцюга поставок.

Важливою особливістю інтегрованого ланцюга поставок є його «наскрізна» перспектива: проектування продукту → закупівля сировини → планування → виробництво → кінцева доставка готового продукту замовнику. Крім того, інтегрований ланцюг поширюється на післяпродажне обслуговування клієнтів та зворотну логістику залежно від характеру бізнесу.

У процесі проектування продукту та його планування важливу роль відіграють математико-статистичні моделі управління інформаційними потоками, що базуються на нормаль-

ному розподілі. Вказані моделі стосуються, перш за все, питань управління запасами в процесі забезпечення відповідності попиту і пропозиції в ланцюгу поставок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню тематики розвитку інформаційних потоків присвятили свої роботи багато науковців. Так, О. В. Скорук досліджувала специфіку ефективності економіко-математичного моделювання в контексті оптимізації бізнес-процесів сучасних підприємств та інтеграції економіко-математичних моделей в стратегічне управління для забезпечення успішного досягнення цілей розвитку суб'єкта господарювання [1].

В роботах Ю. О. Чалюк аналізується специфіка використання економіко-математичних моделей з метою оптимізації ресурсів та управління постачанням на основі аналізу ефективності врахування динамічних змін у попиті. Запропоновані автором моделі сприятимуть більш ефективному вирішенню завдань оптимізації логістичних процесів у сучасних умовах глобалізації [2].

Авторами Р. О. Мадяр, В. Р. Гадьмаші, С. М. Далекорей було здійснено аналіз ланцюгів постачання та сформовано пропозиції щодо управління ними з метою підвищення ефективності функціонування логістичних систем підприємства. На думку науковців, логістичний підхід до управління транспортно-логістичними витратами останнім часом суттєво змінився, більшою мірою стали використовуватись інноваційні підходи, які об'єднали сферу виробництва та постачання продукції та сприяли розвитку нових господарських стосунків між виробниками, постачальниками та споживачами продукції, а також підвищили ефективність спільного управління процесами постачання [3].

В. В. Християновським запропонований новий концептуальний підхід до розробки моделей оптимізації обміну інформаційними потоками у системі управління підприємством з використанням принципів формування моделей «м'якого моделювання», що дозволяє враховувати якісні закономірності, тенденції та висловлювані правдоподібні гіпотези інформаційного обміну. Це дозво-

ляє аналізувати різні тенденції індивідуальних особливостей інформаційної взаємодії і спростити та прискорити процес прийняття оптимальних рішень [4].

Т. О. Шматковська, М. І. Дзямулич в своїй статті розглядали визначення конкретних змін в системі економічних відносин, які відбуваються під впливом інтенсифікації науково-технічного прогресу і формування на цій основі цифрової економіки. Було виявлено, що інтеграція виробництва та інформаційних систем дає змогу значно підвищити загальну ефективність функціонування суб'єктів господарювання на усіх рівнях [5].

В роботі К. В. Мельникова було сформульовано принципи, на яких базується формування системи логістичного обслуговування споживачів. Визначено послідовність дій, що дають змогу сформувати систему логістичного обслуговування, та показники, які мають вплив на вибір споживачами компанії з надання логістичних послуг [6].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Сучасні наукові розробки в області менеджменту інформаційних потоків логістичних бізнес-процесів на підприємствах вирізняються недостатнім використанням математико-статистичного інструментарію й, зокрема, теорії ймовірностей, в процесі обґрунтування управлінських рішень щодо товарно-матеріальних запасів, визначення одноперіодних і мультиперіодних моделей запасу, збалансування витрат надлишку та нестачі запасу на базі нормального закону розподілу. Опанування та застосування вказаного математико-статистичного апарату дозволить менеджерам підприємств підвищити рівень об'єктивності логістичних бізнес-процесів та ефективності вітчизняної економіки на всіх щаблях її управління.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою даної роботи є доведення необхідності й можливості використання математико-статистичних моделей, заснованих на нормальному законі розподілу, в ході менеджменту інформаційних потоків логістичних бізнес-процесів, прийняття оптимальних управлінських рішень, що мінімізують ймовірність дефіциту запасу матеріалу/товару, а також сумарні логістичні витрати підприємницької діяльності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Система управління товарно-матеріальними запасами (Inventory System) – це

сукупність правил та способів регулювання, за допомогою яких можна контролювати рівні запасів та визначати, які їх рівні слід підтримувати, який запас слід поповнити, та яким має бути обсяг замовлення. Як відомо, цілі створення запасів полягають у наступному:

1. Забезпечення незалежності господарської діяльності підприємства.
2. Незалежність робочих місць всередині організації.
3. Необхідність обліку коливань попиту на продукцію.
4. Забезпечення гнучкості виробничих та збутових процесів.
5. Забезпечення захисту від коливань періоду постачання сировини/товару.
6. Використання переваг об'єктивно обґрунтованого економічного розміру замовлення у процесах закупівлі.

При цьому слід пам'ятати про витрати, пов'язані з підтриманням запасу, що складаються з витрат зберігання; витрат на освоєння нової продукції; витрат, пов'язаних з пусконаладжувальними роботами при зміні продукції; витрат при розміщенні замовлень; втратами, пов'язаними з нестачею запасу (дефіцитом).

Розглянемо основні моделі управління запасами:

1. Одноперіодні моделі запасу (разове замовлення, збалансування витрат надлишку та нестачі запасу).
2. Мультиперіодні моделі (модель з фіксованим обсягом (Q-модель), розташування чергового замовлення, коли залишок запасу знижується до заздалегідь визначеного рівня, модель з фіксованим періодом (P-модель), розташування чергового замовлення через заздалегідь визначений контрольний період).

Перелічені моделі управління запасами засновані на врахуванні попиту на певний товар, який представляє собою суму впливу дуже великої кількості незалежних чинників та підпорядковується закону нормального розподілу, що описується наступною функцією щільності ймовірностей (диференційною функцією розподілу):

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(X-\bar{X})^2}{2\sigma^2}}. \quad (1)$$

Як видно з формули (1), нормальний розподіл визначається двома параметрами: середнім значенням \bar{X} -й стандартним відхиленням σ . При всіх значеннях X дана функція приймає тільки позитивні значення, тобто

графік нормальної кривої розташований понад віссю OX.

Аналіз впливу величини параметрів \bar{X} , σ на форму графіка функції (1) показує, що зміна середнього значення не міняє форми нормальної кривої, а приводе лише до її зрушення вздовж осі OX: праворуч, якщо \bar{X} зростає, та ліворуч, коли \bar{X} убуває. Звідси випливає, що зі зростанням σ максимальна ордината нормальної кривої убуває, а сам графік стає більш пологим, тобто притискається до осі OX. При убуванні σ нормальна крива стає більш «гостровершинною» й розтягується в позитивному напрямку осі ординат.

При здійсненні стандартизації випадкової величини X (віднімання від усіх значень X середнього \bar{X} і ділення отриманої різниці на σ) вираження (1) приводиться до стандартизованого вигляду

$$P \leq \frac{C_u}{C_0 + C_u} \tag{2}$$

Функція (2) є табульованою, включена до редактора MSExcel має наступне графічне зображення (рис. 1).

Стандартизована нормальна крива (або крива Гауса) симетрична відносно осі ординат і точка $Z = 0$ є одночасно середньою величиною, модою та медіаною теоретичного розподілу (2). Вид графіка кривої Гауса показує, що при нормальному розподілі економічної ознаки, у даному випадку попиту на певний товар, ймовірність появи її значень поблизу середньої величини набагато вище, ніж ймовірність появи екстремальних (аномальних) спостережень.

Доведено, що ймовірність того, що рівень продажів буде в заданих межах визначається за нормальною кривою (рис. 2).

Важливим поняттям у логістичному управлінні є рівень обслуговування клієнтів, який

визначається як відсоток випадків, коли вимоги клієнта задовольняються повністю. При визначенні рівню обслуговування в логістиці теж використовується нормальний закон розподілу (табл. 1). X

Таблиця 1

Рівень обслуговування клієнтів

Рівень запасів	Рівень обслуговування
\bar{X}	50%
$\bar{X} + \sigma$	84,2%
$\bar{X} + 2\sigma$	97,7%
$\bar{X} + 3\sigma$	99,9%

Графічну ілюстрацію даних табл. 1 наведено на рис. 3.

Модель одноперіодного запасу (Single-Period Inventory Model) має наступний вигляд:

$$P \leq \frac{C_u}{C_0 + C_u} \tag{3}$$

де P – ймовірність того, що одиниця продукції буде продана; C_u – прибуток від продажу одиниці продукції; C_0 – втрати, якщо одиниця продукції не буде продана.

Нерівність (3), що описує модель одноперіодного запасу, свідчить про те, що слід продовжувати збільшувати обсяг запасу до тих пір, поки ймовірність продажу останнього доданого виробу не виявиться рівною або більше

$$\frac{C_u}{C_0 + C_u}$$

Модель з фіксованим обсягом замовлення Q має на меті мінімізацію сумарних витрат, які включають вартість потреби в матеріалах/товарах на певний термін часу, витрати зберігання, витрати на оформлення замовлення. Графік сумарних витрат на рис. 4 дозволяє визначити величину замовлення Q_{opt} , при якій сумарні витрати мінімальні.

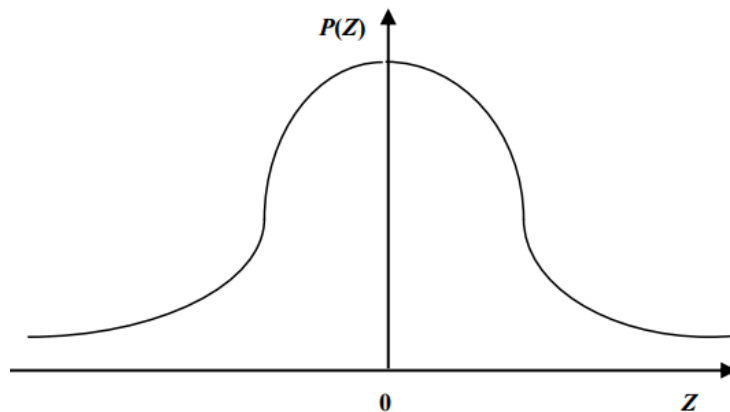


Рис. 1. Графік стандартизованої нормальної кривої Гауса

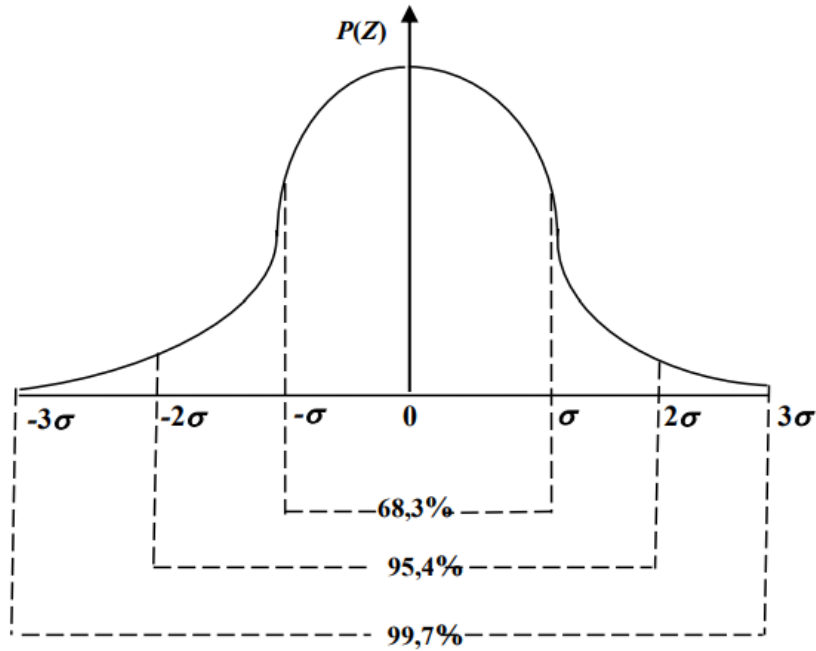


Рис. 2. Визначення ймовірності попадання рівня продажів у задані межі за допомогою графіка стандартизованої нормальної кривої

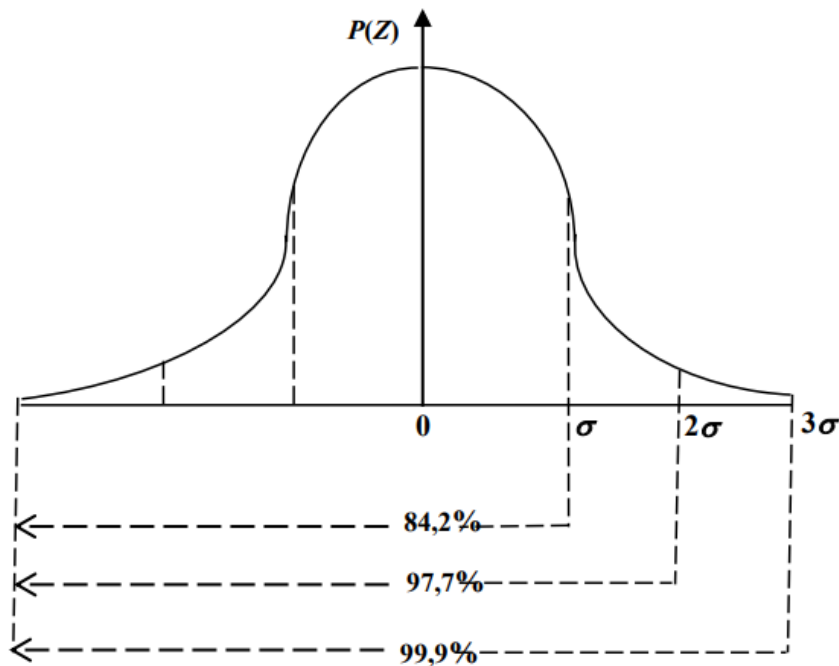


Рис. 3. Визначення ймовірності обслуговування клієнтів за допомогою графіка стандартизованої нормальної кривої

Вихідна формула визначення оптимального розміру замовлення (OptimalOrderQuantity) має наступний вигляд:

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H, \quad (4)$$

де TC – сумарні витрати на замовлення всіх матеріалів/товарів; D – попит на мате-

ріал/товари на певний період часу; DC – вартість закупки необхідних матеріалів/товарів; $\frac{D}{Q}$ – кількість замовлень; S – витрати на розміщення одного замовлення; H – середня вартість зберігання одиниці запасу. Для знаходження точки мінімальних витрат (Q_{opt}) слід

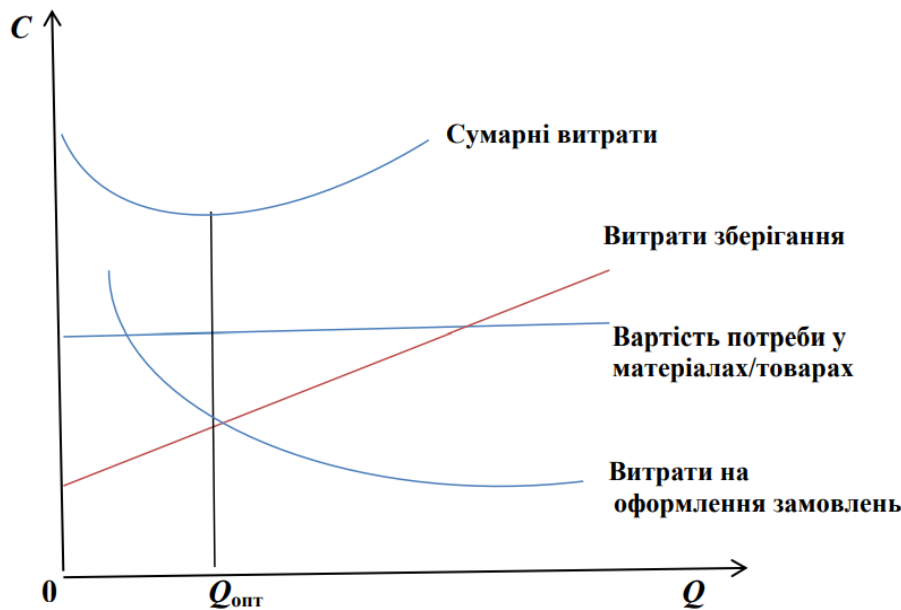


Рис. 4. Визначення оптимальної величини замовлення $Q_{\text{опт}}$ що мінімізують сумарні витрати

взяти похідну від функції сумарних витрат за змінною Q і прирівняти її до нуля. Після елементарних математичних перетворень отримаємо

$$Q_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2DS}{H}}, \quad (5)$$

тобто мінімальні витрати на задоволення існуючого попиту прямо залежать від вартості закупки необхідних матеріалів/товарів і обернено від середньої вартості зберігання одиниці запасу.

При цьому точка чергового замовлення R (reorderpoint) визначається так:

$$R = dL, \quad (6)$$

де d – середньо денна потреба у матеріалі/товарі (постійна величина); L – час виконання замовлення, у днях (постійна величина).

Модель з фіксованим періодом і резервним запасом описується наступним рівнянням:

$$q = d(T + L) + Z\sigma_{T+L} - I, \quad (7)$$

де q – розмір чергового замовлення; T – кількість днів між сусідніми моментами контролю рівня запасів; L – час виконання замовлень, у днях; Z – число стандартних відхилень для заданої вірогідності обслуговування; σ_{T+L} – стандартне відхилення потреби за «уразливий» період (між моментами контролю рівню запасу, плюс час виконання замовлення); I – наявне замовлення (зокрема вже замовлена, але не отримана кількість матеріалу/товару).

З формули (7) видно, що розмір чергового замовлення складається з трьох додан-

ків. Перший доданок характеризує середню потреба в матеріалі/товарі за весь «уразливий» період. Другий доданок – резервний запас, а третій – наявний запас матеріалу/товару (рис. 5).

Визначення стандартного відхилення σ_{T+L} низки незалежних потреб протягом контрольного періоду T днів та часу виконання замовлення L здійснюється за допомогою наступної формули:

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{\sum_{i=1}^{T+L} \sigma_d^2}, \quad (8)$$

де σ_d – стандартне відхилення за день.

Стандартне відхилення за період $T+L$ дорівнює кореню квадратному із суми дисперсій за кожен день. Оскільки кожен день незалежний, а величина дисперсії за кожен день постійна, то формула має вигляд:

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{(T+L)\sigma_d^2}. \quad (9)$$

Розглянемо приклад використання моделі з фіксованим періодом постачання і резервним запасом на виробництві. У службі логістики підприємства є така інформація. Середня денна потреба у матеріалі A становить 20 одиниць, стандартне відхилення – 4 одиниці. Контрольний період – 30 днів, час виконання замовлення – 10 днів. Керівництво підприємства вирішило створювати запас, що забезпечує 96% задоволення потреби (до величини запасу). На момент контролю рівень наявного запасу матеріалу A становив 200 одиниць. Необхідно визначити, скільки одиниць матеріалу A слід замовити.

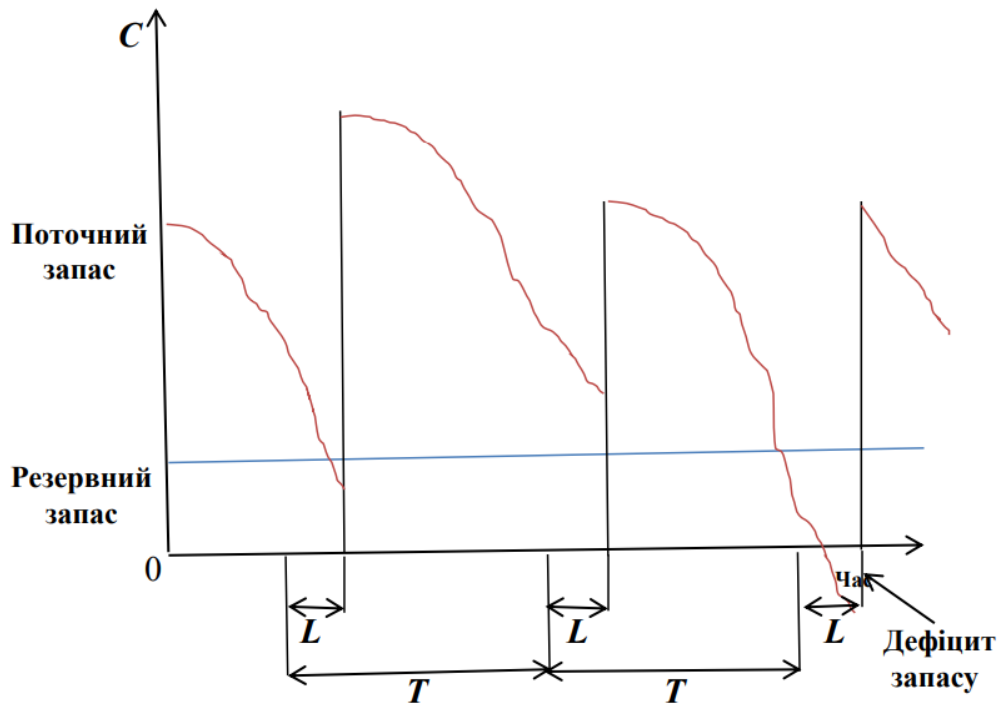


Рис. 5. Модель з фіксованим періодом і резервним запасом

З метою вирішення поставленої задачі скористуємось формулою (7). Для цього формалізуємо наявні економічні дані: $d = 20$; $\sigma_d = 4$; $T = 30$; $L = 10$; $P = 0,96$; $I = 200$. Підставляючи їх у вираз (7), отримаємо:

$$q = 20(30 + 10) + Z\sigma_{T+L} - 200,$$

тобто невідомим є лише другий доданок, розрахунок якого проводиться на базі нормального розподілу (формули (2), (9)).

Величина Z визначається за допомогою функції MS Excel =НОРМСТОБР (ВІРОЯТНОСТЬ). У даному прикладі =НОРМСТОБР(0,96) = 1,7507. Згідно (9)

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{(T + L)\sigma_d^2} = \sqrt{(30 + 10) \times 4^2} = 25,2982.$$

Підставляючи знайдені значення $Z\sigma_{T+L}$ у формулу (7), отримаємо:
 $q = 20(30 + 10) + 1,7507 \times 25,2982 - 200 = 644,3$.

Висновки із цього дослідження і дальші перспективи в цьому напрямку. Таким чином, для забезпечення 96-и відсоткової достовірності задоволення потреби підприємства в матеріалі А необхідно в даний контрольний момент розмістити замовлення розміром 644,3 одиниць, якщо вказаний матеріал є таким, що ділиться (вимірюється в тонах, метрах тощо). У протилежному випадку (інструменти, деталі тощо) слід замовити 645 його одиниць. Це забезпечить підприємству мінімальний (4-х відсотковий) ризик дефіциту матеріалу А та найменші сумарні логістичні витрати. Подальші перспективи дослідження полягають у імplementації запропонованих економіко-математичних моделей управління інформаційними потоками логістичних бізнес-процесів на конкретних підприємствах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Скорук О. В. Ефективність економіко-математичного моделювання в оптимізації бізнес-процесів. *Економіка та суспільство*. 2023. Вип. № 57. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3134/3057> (дата звернення: 15.12.2023)
2. Чалюк Ю. О. Соціальні послуги в умовах соціалізації глобальної економіки: теорія та практика : монографія. Київ : КНЕУ, 2022. 320 с.
3. Мадяр Р. О., Гадьмаші В. Р., Далекорей С. М. Управління витратами в ланцюгах постачання як інструмент досягнення конкурентних переваг бізнесу в глобальному економічному просторі. *Інвестиції: практика та досвід*. 2021. № 1. С. 66–70.
4. Християновський В. В. Побудова моделей оптимізації інформаційних потоків у системах управління (концептуальний підхід). *International scientific journal «Grail of Science»*. 2021. № 4. С. 290–296.

5. Дзямулич М. І., Шматковська Т. О. Вплив сучасних інформаційних систем і технологій на формування цифрової економіки. *Економічний форум*. 2022. № 2. С. 3–8.
6. Мельникова К. В. Теоретичні принципи логістичного обслуговування споживачів. *Економіка і суспільство*. 2017. Вип. 8. С. 309–312.
7. Logistics Management. URL: <https://www.logisticsmgmt.com> (дата звернення: 14.12.2023).
8. Ukrainian Logistics Community. URL: <http://www.logistic.community> (дата звернення: 14.12.2023).

REFERENCES:

1. Skoruk O. (2023) Efektyvnist ekonomiko-matematichnoho modeliuвання v optymizatsii biznes-protse-siv [Efficiency of economic and mathematical modeling in optimization of business processes]. *Economy and Society*, no. 57. Available at: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3134/3057> (in Ukrainian)
2. Chaliuk Y. (2022) Sotsialnuposluhy v umovakh sotsializatsii hlobalnoi ekonomiky : teoriia ta praktyka [Social services in the conditions of socialization of the global economy: theory and practice]. monohrafiya [a monograph]. Kyiv: KNEU. 320 p. (in Ukrainian)
3. Madyar R. O. & Gadmashi V. R. & Dalorei S. M. (2021) Upravlinnia vytratamy v lantsiuhakh postachannia yak instrument dosiahnennia konkurentnykh perevah biznesu v hlobalnomu ekonomichnomu prostori [Cost management in supply chains as a tool for achieving competitive advantages of business in the global economic space]. *Investments: practice and experience*, no. 1, pp. 66–70. (in Ukrainian)
4. Khristianovskyi V. V. (2021) Stroitsii modeli optymizatsii informatsii potokiv v sistemі upravlinnia (konceptualnyi podkhod) [Construction of models for optimization of information flows in management systems (conceptual approach)]. *International scientific journal «Grail of Science»*, no. 4, pp. 290–296. (in Ukrainian)
5. Dziamulych M. I. & Shmatkovska T. O. (2022) Influence of modern information systems and technologies on the formation of digital economy. *Economic Forum*, no. 2, pp. 3–8 (in Ukrainian)
6. Melnikova K.V. (2017) Teoretychni principy logisticheskoho servisu pozhyvnykh [Theoretical principles of logistic service for consumers]. *Economy and Society*, no. 8, pp. 309–312. (in Ukrainian)
7. Logistics Management. Available at: <https://www.logisticsmgmt.com> (accessed December 14, 2023).
8. Ukrainian Logistics Community. Available at : <http://www.logistic.community/> (accessed December 14, 2023)