

DOI: <https://doi.org/10.37634/efp.2024.1.4>
УДК 568.7

Микола Миколайович МЕРКУЛОВ

д.е.н., професор, Ізмаїльський державний гуманітарний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3095-189X>
e-mail: merkulov.mykola@gmail.com

Тетяна Костянтинівна МЕТІЛЬ

к.е.н., доцент, зав. кафедри, Ізмаїльський державний гуманітарний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4553-4343>
e-mail: tatanametil@gmail.com

Людмила Володимирівна ШИРЯЄВА

д.е.н., професор, Одеський національний морський університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4706-2167>
e-mail: l.shyriaeva@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

У статті подано аналіз основних моделей оперативного управління запасами високотехнологічного підприємства. Підкреслено, що управління запасами полягає у встановленні обсягів замовлення на їх заповнюваність та розподіл за ланцюгами постачально-виробничо-збутової системи, яка керується на основі комплексного логістичного підходу в межах стратегічного управління. Облік особливостей кожної підсистеми – постачальницької, виробничої, збутової, як і оптимальне управління ресурсами, засновано на мінімізації витрат та веде до якісного задоволення попиту.

Ключові слова: модель, запас, попит, система, витрати, збут, підхід, промисловість

ВСТУП

Економіка й промисловість, які демонструють тенденцію до зростання навіть у військовий час, потребуватимуть вдосконалення логістики й покращення інфраструктури передусім у сфері логістичного забезпечення потреб українських військових. Відповідно до законодавчої бази: логістичне забезпечення – комплекс заходів із планування логістичного забезпечення; визначення потреб в озброєнні, бойовій (військовій та спеціальній) техніці, спеціальних та транспортних засобах (далі – озброєння, військова та спеціальна техніка), матеріально-технічних засобах та послугах; ... [9, с. 7]. Здійснення таких заходів базується на науково обґрунтованих рішеннях в ефективному управлінні високотехнологічним (ВТ) виробництвом у межах логістичного менеджменту інтегрованих ланцюгів постачання. Так, Д. Бауерсокс і Д. Клосс наполягають: «Нехтування логістикою в еволюції маркетингу можна пояснити трьома важливими факторами. Передусім до того як комп'ютерні та кількісні методи стали широко доступними, не було жодних підстав вважати, що логістичні функції можна інтегрувати або що міжфункціональна інтеграція покращить загальну продуктивність. ... Другим важливим фактором, що сприяв зміні загального ставлення керівництва, стала нестабільність економічної ситуації. ... Третім стримувальним фактором для широкого впровадження інтегральної логістики стали труднощі з кількісним оцінюванням повернення основних інвестицій, яких можна було досягти. ... Цей основний фактор у поєднанні з природним опором змінам означав, що не всі початкові зусилля стосовно впровадження логістичних принципів були успішними» [13, с. 13-14].

Логістичний менеджмент на ВТ промисловому підприємстві визначає першочергове виконання управ-

ління такими процесами:

- отримання замовлення на виробництво ВТ готової продукції;
- закупівля у (переважно іноземних) постачальників необхідної сировини і сучасних високоякісних матеріалів для виготовлення готової ВТ продукції;
- збереження ресурсів на проміжному складі та їх транспортування для запуску у виробництво;
- логістичне супроводження безпосередньо виробництва продукції;
- збереження і доставка товарної продукції до початку етапу збуту;
- обслуговування реалізації товарної продукції споживачами;
- забезпечення післяпродажного сервісу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Вагомий внесок у дослідження проблем ефективного управління логістичним забезпеченням промислового виробництва зробили такі науковці, як А. Буяк [1], М. Гоменюк [2], В. Захарченко [3; 7], В. Колодійчук і Р. Попівняк [4], С. Крикавський [5], Л. Кустріч [6], Р. Назаренко [8], І. Федькович [10], Н. Чухрай [11], Д. Яшкин [12], D. Bowersox та D. Closs [13]. Так, М. Гуменюк вважає, що основними передумовами формування системи логістичного обслуговування можна вважати: підвищення ринкової конкуренції, зростання рівня інтеграції бізнес-одиниць, зміна відносин між виробником і споживачем, які виступають його партнерами [2, с. 186]. В. Колодійчук і Р. Попівняк пропонують періодизацію військового та економічного етапів розвитку логістики [4, с. 29]. І. Федькович серед принципів логістичного управління виокремлює такі: системність і комплексність, які полягають в управлінні всіма поточковими процесами у взаємодії та узгодженні окремих етапів бізнес-процесів з метою оптимізації всієї

логістичної системи [10, с. 113]. В. Захарченко розглядає логістичне забезпечення ВТ виробництва у межах створення організаційно-технологічних систем [3, с. 16]. Л. Кустріч стверджує, що актуальність та ефективність інноваційного логістичного підходу відображається у підвищенні ролі єдиної організуючої основи відносно всіх видів господарської діяльності [6, с. 12].

А. Буяк сучасну логістику уявляє собі як складник інноваційного процесу [1], а Д. Яшкін визначає водночас логістичний ризик як економічну категорію для відображення невизначеності та випадковості результатів діяльності в управлінні матеріальними потоками підприємства у сферах постачання, підтримки виробництва та фізичного розподілу [12, с. 83]. Проте винищій стан ефективного управління логістичним забезпеченням ВТ промислового виробництва потребує подальшого вивчення.

МЕТА статті – визначення ефективного підходу до управління запасами на високотехнологічному промисловому підприємстві в межах розроблення науково обґрунтованої стратегії управління запасами за допомоги аналізу наявних моделей.

РЕЗУЛЬТАТИ

Під логістико-орієнтованим управлінням ВТ промисловим підприємством розуміється управління рухом матеріальних та інформаційних потоків у просторі та часі – від їх першочергового джерела до кінцевого споживача – в цілях вирішення ВТ підприємством постав-

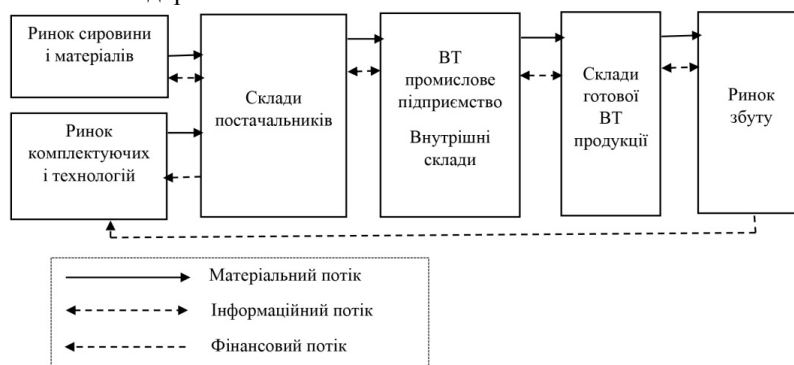


Рис. 1. Схема логістико-орієнтованого високотехнологічного промислового підприємства (організаційно-технологічна система) (розроблено авторами)

Традиційний підхід пропонує розділ операцій за функціональною ознакою, пов'язаною з рухом продукції у сферах постачання, виробництва, збуту та транспорту. Логістична концепція протиставляє цьому підходу методику управління, відповідно до якої усі операції плануються, реалізуються та контролюються у рамках єдиної логістичної організаційно-управлінської системи.

1. Перша логістична підсистема – логістика постачання – являє собою рух сировини, допоміжних матеріалів, обладнання та запасних частин з відповідних ринків через мережу проміжних складів постачальників до складів підприємства. У цій підсистемі здійснюється: планування потреб у ресурсах, вибір джерел постачання, контроль за якістю ресурсів, також визначаються умови постачання. Головна задача цього етапу – підтримка виробництва шляхом своєчасної закупівлі з найменшими загальними витратами.

2. На другому етапі відбувається переміщення сировини, матеріалів, запасних частин та обладнання зі складів

лених задач. Такий підхід до управління ВТ підприємством націлено на забезпечення стійкості його функціонування на ринках виробників, постачальників та споживачів. Принципова різниця цього підходу від традиційного управління рухом матеріальних ресурсів складається у потокоорієнтованому поданні постачальницько-виробничо-збутового процесу здійснюваний на ВТ підприємстві. Об'єктом управління є потік – безліч об'єктів як єдине ціле. Потік є сукупністю однорідних об'єктів, об'єднаних єдиним просторово-часовим процесом, та відміряється в абсолютних одиницях за певний період часу. Потоки умовно розділяють на матеріальні, інформаційні, фінансові тощо. Основна стратегія управління потоками в логістиці сходиться до забезпечення потоку готової продукції необхідної кількості та якості у потрібний час, у потрібному місці та відповідній ціні. Залежно від варіанта постановки логістичної задачі, вихідного стану підприємства, факторів зовнішньої середовища на підприємстві створюється логістична система, функцією якої є ефективне управління рухом потоків усіх видів.

Базова структура логістичної системи ВТ підприємства складається з декількох рівнів (постачальники сировини, обладнання, складів постачальників, готової продукції та транспортної організації) матеріальних, інформаційних і фінансових потоків (рис. 1). Усі функціональні підсистеми у сукупності утворюють єдину логістичну систему ВТ промислового підприємства.

підприємства безпосередньо на виробництво, де вони проходять усі стадії виробничого процесу через мережу проміжних виробничих складів підприємства до отримання готової продукції. Далі готова продукція розміщується на оптові склади. На цьому етапі логістичний процес, котрий отримав назву логістика виробництва, завершено.

3. Третя підсистема являє собою рух готової продукції з оптових складів кінцевому споживачу як на пряму, так і через мережу роздрібних складів. Разом з матеріальним потоком готової продукції може бути місце для руху комплектуючих та запасних частин для готової продукції. Цей етап характеризується визначенням «логістика збуту», його основна задача – допомога у створенні доходу від реалізації шляхом забезпечення передбаченого стратегією рівня обслуговування споживачів з мінімальними загальними витратами.

Є також логістичні підсистеми реалізації відходів виробництва, тари та іншої продукції, а також логіс-

тичні процеси транспортування і складського господарства, які є складниками кожної з перерахованих логістичних підсистем. Кожна така підсистема характеризується натуральними та фінансовими показниками.

На усіх етапах постачально-виробничо-збутової системи важливу роль відіграє логістика формування запасів. Задача управління запасами виникає, коли необхідно створити запас матеріальних ресурсів в цілях задоволення попиту на заданому інтервалі часу. Задля забезпечення безперервного ефективного функціонування будь-якого підприємства необхідно створити різноманітні запаси. Запаси можемо умовно поділити на наступні види: гарантійний, страховий, буферні запаси та запаси у дорозі.

Страховий та гарантійний запаси необхідні для забезпечення роботи у разі перебоїв у постачанні чи значних вагань у споживанні. Буферний запас необхідний для підтримки безперебійного процесу виробництва у разі виходу того чи іншого механізму (станку) з ладу. Особовий інтерес являють запаси у дорозі, тобто ті запаси, що вже відправлено або чекають транспортування.

У будь-якій задачі управління запасами потребується визначення кількості замовленої продукції та строки розміщення заказів, тобто модель управління запасами у кінцевому розрахунку повинна дати відповідь на питання: яку кількість продукції замовляти й коли розміщувати замовлення?

Відповідь на перше питання виражається через поняття «розмір замовлення», що визначає оптимальну кількість ресурсів, які необхідно постачати кожного разу, коли відбувається розміщення замовлення. Розмір замовлення може змінюватись з часом залежно від параметрів конкретної задачі. Відповідь на друге питання залежить від типу системи управління запасами. За періодичного контролю стану запасів через рівні проміжки часу момент прибуття нового замовлення зазвичай збігається з початком кожного проміжку часу. Якщо ж у системі наявним є безперервний контроль стану запасів, «точка замовлення» (мінімальний, критичний рівень запасів) зазвичай визначається рівнем запасу, за якого необхідно розміщувати нове замовлення.

Для розв'язку задач теорії управління запасами є потреба у побудові моделі процесу (математичній, статистичній, імітаційній), заснованій на системі співвідношень визначаючих змінних величин. Ці співвідношення дають змогу виявити та виразити протиріччя у межах операції та організації, а також замінити один показник іншим. Модель Вільсона не є єдиною чи найкращою моделлю з числа наявних сьогодні, водночас вона допомагає зрозуміти поведінку запасів і у багатьох практичних випадках дає змогу ефективно регулювати та контролювати рівень запасів. Імітаційні моделі часто є майже точним аналогом процесу управління запасами. Моделі масового обслуговування є статистичними і роблять певні припущення відносно розподілу попиту, розподілу моментів поповнення запасів та відносно їх взаємодії. У деяких моделях співвідношення між показником здаються занадто спрощеними, і тим не менш ці моделі дають корисні та важливі результати. Для того щоб модель виявилась корисною, вона повинна забезпечити можливість застосування математичного апарату (безпосередньо шляхом відповідних спрощених апроксимацій чи за допомогою моделювання на обчислю-

вальній машині) та веде до вирішення або розумних висновків. Крім того, моделі, які необхідно суттєво змінити за невеликих коливань характеру процесу, мають деяку ступінь обмеженої цінності. Ще більш важливо, щоб у моделі розглядався та чисельно оцінювався процес прийняття рішень, прийнятий у реальних умовах. Модель, в якій звичайні рішення можуть прийматися лише після математичних обчислень, абсолютно не підходить для більшості торгових та промислових підприємств. З іншого боку, неприйнятна і модель, спрощена до такої міри, що вона стає слабо пов'язаною з реальною дійсністю. Так, корисні та ефективні моделі, що укладені між цими двома граничними випадками. Наявність швидкодіючих обчислювальних машин дає змогу застосовувати все більш складні моделі, а прогрес у розумінні поведінки запасів зможе розширити коло корисних моделей у бік нижньої межі.

Залежно від характеру попиту моделі управління запасами діляться на статичні та динамічні з детермінованим попитом, а також стаціонарні та нестаціонарні з ймовірнісним попитом.

Хоча характер попиту є одним з основних факторів у побудові моделі управління запасами, є й інші фактори, що впливають на вибір типу моделі, наприклад, число видів продукції, число пунктів накопичення запасів, характер поповнення тощо.

Надзвичайно важко побудувати узагальнену модель управління запасами, яка враховувала б всі різновиди умов, що спостерігаються в реальних системах. У табл. 1 наведено декілька типових моделей керування запасами.

Розглянемо деякі описані моделі детальніше.

А. Однопродуктова статистична модель з детермінованим попитом (модель Вільсона). У такій системі замовлення робляться у фіксовані моменти часу під час зменшення розміру запасів на складі до встановленого критичного рівня – «точки замовлення» (мінімальний рівень запасів, зі зниженням до якого подається замовлення на поставку чергової партії матеріальних цінностей). Водночас інтенсивність споживання запасів є постійною величиною, що не змінюється з часом. Поставки поповнюють запас до заданого максимально бажаного рівня.

Практично таку систему управління реалізувати дуже просто, наприклад, щотижнево проводити інвентаризацію складів та доводити ті чи інші матеріальні цінності до максимального рівня. Однак така ідеалізована картина управління запасами на практиці схильна до різного роду обурень у характері споживання, які в описі не враховувалися.

Крім того, будемо припускати, що усе замовлення надходить у вигляді однієї партії і може зберігатись необмежений час на складі без застаріння. Оптимальна стратегія функціонування буде визначатися з умови мінімуму середніх річних витрат (рис. 2).

Позначимо готівковий запас у системі на момент постачання поповнення змінної s . Тоді одразу ж після поставки готівковий запас буде $Q+s$. Тож, витрати утримання запасу за цикл складатимуть:

$$h \int_0^T (Q + s - \lambda t) dt = h \left[(Q + s)T - \frac{\lambda T^2}{2} \right] = hT \left(\frac{Q}{2} + s \right). \quad (1)$$

Нехай $s=0$, і якщо вартість товару не залежить від розміру замовлення, то середні річні витрати складатимуть:

$$K = \lambda A / Q + hQ / 2. \quad (2)$$

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика моделей управління запасами на промисловому підприємстві

Модель	Алгоритм	Область застосування	Переваги	Недоліки
Однопродуктова статистична модель з детермінованим попитом	$Q^* = \sqrt{2\lambda A / h};$ $T^* = \sqrt{2A / \lambda h};$ $K^* = \sqrt{2\lambda A h};$ $Q^* = \lambda \tau - Q^*] \tau / T[.$ Середньорічні витрати = $\frac{\lambda A}{Q} + \frac{Q}{2}$	За незмінної у часі інтенсивності споживання для одного продукту, за відсутності дефіциту.	Дає змогу зрозуміти поведінку запасів, а також ефективно управляти ними.	Досить багато припущень, найпростіша модель, яка зустрічається дуже рідко
Модель оперативного управління запасами за детермінованого попиту (у разі обліку незадовільних вимог)	$Q^* = \sqrt{\frac{2\lambda[A + \pi\eta(r)]}{h}};$ $H(r^*) = Qh / \lambda\pi;$ $\eta(r) = \int_r^\infty xh(x) dx - rH(r)$ Сума середніх річних витрат = $\frac{\lambda A}{Q} + h \left[\frac{Q}{2} + r - \mu \right] + \frac{\lambda\pi}{Q} \left[\int_r^\infty xh(x) dx - rH(r) \right]$	На одному складі з оперативним обліком інформації про запаси, коли попит – величина невизначена. Крім того враховуються заявки, коли запаси на складі відсутні.	Клієнти залишаються у компанії (не зникають), попит задовольняється повністю.	Якщо супровід оперативної інформації вартує дорого, то застосовувати невідповідно. Необхідно постійно аналізувати залишки запасів на складі
Модель оперативного управління запасами за випадкового попиту (у разі втрати незадовільних вимог)	$Q^* = \sqrt{\frac{2\lambda[A + \pi\eta(r)]}{h}};$ $H(r) = Qh / (\lambda\pi + Qh);$ $\eta(r) = \int_r^\infty xh(x) dx - rH(r);$ Сума середніх річних витрат = $\lambda A / Q + h [Q / 2 + r - \mu] + (h + \pi\lambda / Q) [(\mu - r)\Phi(r - \mu) / \sigma + \sigma\phi(r - \mu) / \sigma]$	На одному складі з оперативним обліком інформації о запасах, коли попит – величина невизначена. Не враховуються заявки клієнтів, коли запаси на складі відсутні.	Дає змогу оперативно вести моніторинг запасів на складі та своєчасно розміщувати замовлення на поповнення.	Клієнти йдуть до конкурентів, попит не задовольняється повністю.
Модель управління запасами у системі з періодичними перевірками за випадкового попиту (у разі обліку незадовільних вимог)	R^* – розв’язок рівняння $H(R; T) = hT / \pi$ T^* знаходиться графічно за заданим значенням R . Сума річних витрат = $(A + J) / T + h [R - \lambda\tau - \lambda T / 2] + \pi E(R; T)$, Де $E(R; T) = 1 / T \int_R^\infty (x - R) \bar{h}(x; T) dx$	Цей тип системи застосовується частіше ніж 2-ий чи 3-ій. Замовлення на поповнення запасів подається в момент перевірки через T до величини R .	Більш економічна, ніж друга чи третя модель.	З ростом технологічного прогресу з’являється тенденція до переходу на 2-гу чи 3-тю системи
Модель управління запасами у системі з періодичними перевірками за випадкового попиту (у разі втрати незадовільних вимог)	R^* – розв’язок рівняння; $H(R; T) = hT / \pi;$ T^* знаходиться графічно за заданим значенням R . Сума річних витрат = $(J) / T + h [R - \lambda\tau - \lambda T / 2] + (h + \pi T^*) \int_R^\infty (x - R) \bar{h}(x; T) dx$	Цей тип системи застосовується частіше ніж 2-ий чи 3-ій. Замовлення на поповнення запасів подається в момент перевірки через T до величини R .	Дає змогу оперативно вести моніторинг запасів на складі та своєчасно розміщати замовлення на поповнення.	Клієнти йдуть до конкурентів, попит не задовольняється повністю.

Примітка: Q^* - оптимальний розмір замовлення (економічний розмір замовлення Вілсона); T^* - оптимальний час циклу; K^* - оптимальні витрати в одиницю часу; q^* - «точка замовлення»; t - час доставки; λ - інтенсивність попиту на одиницю часу; h - витрати на зберігання одиниці замовлення в одиницю часу; A - витрати на оформлення замовлення; $\eta(r)$ - середня кількість врахованих вимог за період; π - витрати з обліку незадоволених вимог; $H(r)$ - інтегральний розподіл обсягу попиту за час постачання; r - рівень подачі замовлень; μ - попит за час поставки; R - рівень запасів, до якого йде їх поповнення; J - вартість перевірки; σ - середньоквадратичне відхилення.

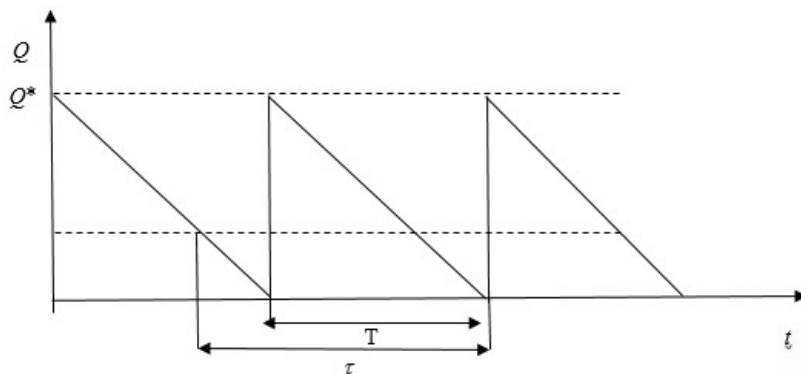


Рис. 2. Однопродуктова статистична модель з детермінованим попитом (складено авторами на основі [5; 11])

Звідки оптимальний розмір замовлення:

$$Q^* = \sqrt{2\lambda A/h}. \quad (3)$$

Оптимальний час між подачами замовлення –

$$T^* = \frac{Q^*}{\lambda}. \quad (4)$$

Попит за час постачання:

$$\mu = \lambda \tau. \quad (5)$$

Середні річні витрати:

$$K = \lambda A/Q + hQ/2. \quad (6)$$

Мінімальні середні річні витрати на замовлення та утримання запасів:

$$K^* = \sqrt{2A\lambda}. \quad (7)$$

Модель Вілсона є найпростішою моделлю управління запасами і описує ситуацію закупівлі продукції у зовнішнього постачальника. Модель застосовується переважно для того, щоб управління запасами в логістичній системі оптимізувати за максимумом [8, с. 64], та характеризується такими припущеннями:

- інтенсивність споживання є апіорно відомою і постійною величиною;
- замовлення доставляється зі складу, на якому зберігається раніше вироблений товар;
- час постачання замовлення є відомою і постійною величиною;
- кожне замовлення поставляється у вигляді однієї партії і миттєво;
- витрати на здійснення замовлення не залежать від розміру запасу;
- витрати на зберігання запасу пропорційні його розміру;

Детерміновані моделі становлять інтерес, оскільки дають змогу ознайомитися з методами аналізу, що застосовується у більш складних системах.

Б. Модель оперативного управління запасами за детермінованого попиту (у разі обліку незадоволених вимог). У попередній моделі всі вимоги задовольняються миттєво, тобто система ніколи не відчуває дефіциту запасів. Розглянемо загальний випадок, коли вимоги задовольняються, але з допущенням, що немає запасу з надходженням замовлення. У цьому разі відбувається облік вимоги, у системі є дефіцит запасів до моменту чергового постачання.

Витрати з утримання запасів за цикл:

$$h \int_0^{T_1} (Q - s - \lambda t) dt = h/2\lambda(Q - s)^2, \quad (8)$$

де $T_1 = (Q - s)/\lambda$ – час надходження вимог на $(Q-s)$ одиниць товару; $(Q-s)$ – готівковий запас після задоволення усіх вимог.

Поведінку такої системи у разі врахування незадоволених вимог показано графічно на рис. 3.

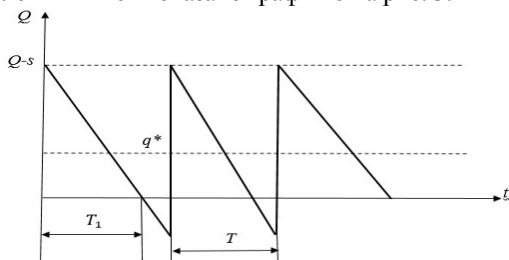


Рис. 3. Модель оперативного управління запасами за детермінованим попиту (складено авторами на основі [5; 11])

У цій моделі оптимальні значення s^* і Q^* у загальному вигляді запишуться:

$$\begin{aligned} s^* &= \left[\frac{2\lambda Ah}{K_{\text{var}}(K_{\text{var}}+h)} \right]^{1/2}; \\ Q^* &= \left[\frac{K_{\text{var}}+h}{K_{\text{var}}} \right]^{1/2} \sqrt{\frac{2\lambda A}{h}}, \end{aligned} \quad (9)$$

де K_{var} – витрати обліку.

Позначимо як $r^* > 0$ чистий запас, який визначається як різниця між готівковим запасом та обсягом врахованих вимог:

$$r^* = \mu - \tau T [Q^* - s^*], \quad (10)$$

В. Модель оперативного управління запасами за випадкового попиту (у разі врахування незадоволених вимог). На практиці попит майже ніколи не можна вказати з визначеністю, замість цього його необхідно описувати в ймовірнісних термінах. Стан системи у кожен момент часу може стати відомим, якщо тільки всі операції та угоди негайно реєструються і повідомляються. У деяких випадках застосування автоматизованих систем обліку інформації про запаси можуть вимагати капітальних вкладень на їх розроблення та впровадження. В комп'ютер надходять всі відомості про угоди, операції, реєструються дані, а потім він видає замовлення на поповнення запасів (рис. 4).

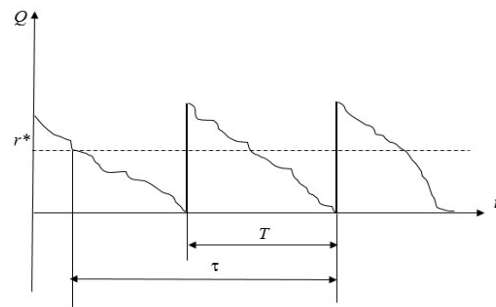


Рис. 4. Однопродуктова модель з ймовірним попиту (складено авторами на основі [5; 11])

У такій моделі щоразу зі зниженням рівня запасів до певної величини r^* подається чергове замовлення. Все завдання аналізу подібних систем зводиться до визначення оптимального розміру замовлення і моменту подачі замовлень на поповнення.

Середньорічні витрати з утримання запасів:

$$h [Q/2 + r - \mu],$$

де μ – середній обсяг попиту за час постачання:

$$\mu = \int_0^{\infty} xh(x) dx. \quad (11)$$

Безумовна щільність розподілу обсягу попиту за час постачання $h(x)$:

$$h(x) = \begin{cases} h(x) = \int_0^{\infty} f(x; \tau)g(\tau) d\tau; \\ f(x; \tau). \end{cases} \quad (12)$$

У разі, якщо час постачання постійний і дорівнює τ , $h(x)$ визначається за формулою (12), а якщо час постачання випадковий і має щільність ймовірності $g(\tau)$, $h(x)$ визначається за інтегральним рівнянням формули (12).

Середня кількість врахованих вимог за рік дорівнює утворенню від множення середньої кількості врахованих вимог за цикл на середнє число циклів за рік, тобто

$$\lambda Q \times \eta(X, r).$$

Якщо попит за час постачання дорівнює X , то число

врахованих вимог за $(X - r) < 0$ дорівнюватиме 0, а за $(X - r) > 0$ дорівнює $(X - r)$.

Тоді середньорічні витрати на врахування вимог:

$$\frac{\pi\lambda}{Q} = \left[\int_r^\infty xh(x) - rH(r) \right]. \quad (13)$$

Так, загальна кількість середньорічних витрат:

$$\lambda A / Q + h[Q/2 + r - \mu] + \frac{\lambda\pi}{Q} \left[\int_r^\infty xh(x)dx - rH(r) \right]. \quad (14)$$

Визначимо Q^* і r^* , які мінімізують цю функцію:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2\lambda[A + \pi\eta(r^*)]}{h}}; H(r^*) = Qh/\lambda n. \quad (15)$$

Г. Модель оперативного управління запасами за випадкового попиту (у разі втрати незадоволених вимог). У цьому разі модель системи управління запасами буде мало відрізнятися від попередньої. У процесі функціонування системи можуть виникати незадоволені заявки, втрати яких впливають на фінансовий результат. У загальному вигляді середні річні витрати:

$$K = \lambda A / Q + h[Q / 2 + r - \mu] + (h + \pi\lambda/Q)[\mu - r]\Phi(r - \mu) / \sigma + \sigma\phi(r - \mu) / \sigma]. \quad (16)$$

Значення, що мінімізують цю функцію, Q^* і r^* визначатимуться зі співвідношень:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2\lambda[A + \pi\eta(r^*)]}{h}},$$

де $\eta(r) = \int_r^\infty xh(x) dx - rH(r)$; $H(r) = Qh/(\lambda n + Qh)$. (17)

Д. Модель управління запасами у системі з періодичними перевірками за випадкового попиту (у разі врахування незадоволених вимог). У системах з періодичними перевірками моменти перевірки можуть варіюватися. Іноді можна реєструвати повідомлення про операції в міру їх виконання або ж потрібно безпосередньо перевірити рівень готівкових запасів та порівняти з тим, що було зареєстровано.

У подібних системах часто застосовується стратегія

Список використаних джерел

1. Буяк А. Сучасна логістика та методи управління ланцюгами поставок. *Економічний вісник НГУ*. 2013. № 1 (41). С. 133-144.
2. Гоменюк М.О. Розвиток системи логістичного обслуговування на засадах клієнтоорієнтованості. *Економіка та держава*. 2020. № 4. С. 182-186.
3. Захарченко В.І., Єрмак С.О., Онешко С.В. Теорія створення і функціонування організаційно-технологічних систем у високотехнологічному виробництві: монографія. Одеса, 2022. 324 с.
4. Колодійчук В.А., Попівняк Р.Б. Еволюція управління логістичною діяльністю. *Підприємництво та інновації*. 2017. №3. С. 25-30.
5. Крикавський С. Логістичне обслуговування: підручник. Львів, 2006. 292 с.
6. Кустріч Л.О. Логістичні інновації як основа управління підприємством. *Економіка та держава*. 2020. № 2. С. 10-14.
7. Логістичне забезпечення безпекоорієнтованого розвитку інноваційно-активних суб'єктів господарювання: колективна монографія / за ред. М.М. Меркулова; відп. ред. В.І. Захарченко. Одеса, 2021. 152 с.
8. Назаренко Р.В. Про практичне використання моделі економічного розміру замовлення. *Економіка України*, 2013. №7 (612). С. 59-65.
9. Порядок логістичного забезпечення сил оборони під час виконання завдань з оборони держави, захисту її суверенітету, територіальної цілісності та недоторканності. Затверджено постановою КМ України від 27.12.2018 р. №1208. *Урядовий кур'єр*. 2019. № 21. С. 7.
10. Федькович І.В. Удосконалення логістичної діяльності на підприємстві. *Економіка та держава*. 2018. № 1. С. 111-113.
11. Чухрай Н. Логістичне обслуговування. Львів, 2006. 292 с.
12. Яшкін Д.С. Сутність та зміст логістичних ризиків промислових підприємств. *Науковий вісник ХДУ*, 2016. Вип. 17. Ч. 4. С. 81-84.
13. Bowersox D.J., Closs D.J. *Logistical management: the integrated supply chain process*. New York, 1996. 730 p.

References

1. Buiak A. Modern logistics and supply chain management methods. *Economic Bulletin of NSU*. 2013. No. 1 (41). pp. 133-144. (in Ukrainian).
2. Homeniuk M.O. Development of the logistics service system based on customer orientation. *Economy and the state*. 2020. No. 4. pp. 182-186. (in Ukrainian).
3. Zakharchenko V.I., Yermak S.O., Oneshko S.V. The theory of creation and functioning of organizational and technological systems in

функціонування, згідно з якою замовлення на поповнення запасів подається в момент перевірки тільки тоді, якщо попит за попередній період функціонування відмінний від нуля. Тут розмір замовлення змінюється від перевірки до перевірки до деякого рівня R . Сума річних витрат становитиме:

$$K = (A + J)/T + h [R - \lambda\tau - \lambda T / 2] + \pi E(R; T), \quad (18)$$

де

$$E(R; T) = 1/T \int_R^\infty (x - R)\bar{h}(x; T)dx$$

(кількість врахованих вимог за рік у середньому).

ВИСНОВКИ

Отже, управління запасами полягає у встановленні моментів та обсягів замовлення на їх заповнення і розподіл за ланками постачальницької підсистеми. Рішення, що приймаються для виконання поставлених завдань, називаються стратегією управління запасами. У нашому випадку оптимальною буде та стратегія, яка мінімізує витрати.

Деякі перелічені моделі управління запасами призначено для практичного застосування, інші через значні припущення застосувати не мають. Але й ті й інші становлять інтерес, оскільки дають змогу зрозуміти сутність і виявити основні властивості системи управління запасами.

Однак управління запасами загалом є складником постачальницько-виробничої збутової системи, ефективне управління якої неможливе без комплексного системного логістичного підходу. Облік особливостей кожної підсистеми (постачальницької, виробничої, збутової), а також грамотне управління їх ресурсами, потоками (фінансовими, матеріальними, інформаційними), засноване на мінімізації витрат, веде в кінцевому підсумку до головної мети ВТ промислового підприємства – якісному задоволенню попиту на готову продукцію з максимальним економічним ефектом.

high-tech production: monograph. Odesa, 2022. 324 p. (in Ukrainian).

4. Kolodiichuk V.A., Popivniak R.B. Evolution of logistics management. *Entrepreneurship and innovation*. 2017. No. 3. pp. 25-30. (in Ukrainian).

5. Krykavskiy Ye. Logistics service: textbook. Lviv: Lviv Polytechnic, 2006. 292 p. (in Ukrainian).

6. Kustrich L.O. Logistics innovations as the basis of enterprise management. *Economy and the state*, 2020. No. 2. pp. 10-14. (in Ukrainian).

7. Logistic support of security-oriented development of innovative and active business entities: collective monograph / ed. M.M. Merkulov; V.I. Zakharchenko. Odesa, 2021. 152 p. (in Ukrainian).

8. Nazarenko R.V. About the practical use of the economic order size model. *Economy of Ukraine*, 2013. No. 7 (612). pp. 59-65. (in Ukrainian).

9. The procedure for logistical support of the defense forces during the execution of tasks for the defense of the state, protection of its sovereignty, territorial integrity and inviolability. Approved by the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated December 27, 2018. No. 1208. *Government courier*. 2019. No. 21. P. 7. (in Ukrainian).

10. Fedkovych I.V. Improvement of logistics activities at the enterprise. *Economy and the state*. 2018. No. 1. pp. 111-113. (in Ukrainian).

11. Chukhrai N. Logistics service. Lviv, 2006. 292 p. (in Ukrainian).

12. Yashkin D.S. The essence and content of logistics risks of industrial enterprises. *Scientific Bulletin of KhSU*, 2016. Vol. 17. Part 4. pp. 81-84. (in Ukrainian).

13. Bowersox D.J., Closs D.J. Logistical management: the integrated supply chain process. New York, 1996. 730 p.

Mykola MERKULOV

Doctor of Economics, Professor, Izmail State University of Humanities

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3095-189X>

e-mail: merkulov.mykola@gmail.com

Tetiana METIL

PhD in Economics, Associate Professor, Head of the Department, Izmail State University of Humanities

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4553-4343>

e-mail: tatanametil@gmail.com

Liudmyla SHYRIAIEVA

Doctor of Economics, Professor, Odesa National Maritime University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4706-2167>

e-mail: l.shyriaieva@gmail.com

MODELING OF EFFECTIVE MANAGEMENT OF LOGISTICS SUPPLY OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Introduction. The economy and industry, which show a tendency to grow even in wartime, will require improved logistics and improved infrastructure. The implementation of such measures is based on scientifically based solutions in the effective management of high-tech (HT) production within the logistics management of integrated supply chains.

The purpose of the paper is to determine an effective approach to inventory management at a high-tech industrial enterprise within the framework of developing a scientifically based inventory management strategy using the analysis of existing models.

Results. The paper presents an analysis of the main models of operational inventory management of a high-tech enterprise: a single-product statistical model with deterministic demand, a model in the case of accounting for unsatisfied requirements, a model of inventory management based on random demand, a model in the case of loss of unsatisfied requirements, a model of a production system with periodic checks in case of random demand. It is emphasized that inventory management consists in establishing the moments and volumes of the order for their occupancy and distribution along the chains of the supply subsystem within the framework of strategic management. There is an orientation towards cost minimization. The whole inventory management process is imagined as a component of the supply-production-marketing system, which is managed on the basis of a complex logistics approach. Accounting for the features of each subsystem - supply, production, sales, as well as optimal management of resources, is based on cost minimization and leads to high-quality satisfaction of demand for ready-made innovative products with sufficient economic effect.

Conclusion. Inventory management consists in establishing the moments and volumes of the order for their filling and distribution among the links of the supply subsystem. The listed inventory management models are intended for practical use, others are of interest because they allow you to understand the essence and identify the main properties of the inventory management system. Accounting for the specifics of each subsystem (supply, production, sales), as well as competent management of their resources, flows (financial, material, information), based on cost minimization, ultimately leads to the main goal of the IT of an industrial enterprise - high-quality satisfaction of demand for finished products with maximum economic effect.

Keywords: model, inventory, demand, system, costs, sales, approach, industry