

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В УПРАВЛІННІ ЛОГІСТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ

SIMULATION MODELING IN THE MANAGEMENT OF LOGISTICS SYSTEMS

Мерінова С.В.

кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри економічної кібернетики та інформаційних систем,
Вінницький торговельно-економічний інститут
Київського національного торговельно-економічного університету

Половенко Л.П.

кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри економічної кібернетики та інформаційних систем,
Вінницький торговельно-економічний інститут
Київського національного торговельно-економічного університету

Побудовано логістичну мережу руху матеріальних ресурсів, яка включає можливі витрати на логістику. Запропоновано імітаційну модель, що базується на наскрізному моніторингу матеріального та інформаційного потоків; інтеграції закупівельної (постачальної), виробничої, розподільної (збутової), транспортної, інформаційної та фінансової логістик. Доведено, що практичне використання імітаційного моделювання системи управління запасами дає змогу вибирати оптимальні стратегії управління і підвищити ефективність логістичних процесів.

Ключові слова: матеріальні ресурси, управління запасами, імітаційне моделювання, критерії ефективності, логістична мережа, GPSS-модель.

Построена логистическая сеть движения материальных ресурсов, включающая возможные расходы на логистику. Предложена имитационная модель, основанная на сквозном мониторинге материального и информационного потоков; интеграции закупочной (снабжающей), производственной, распределительной (сбытовой), транспортной, информационной и финансовой логистик. Обосновано, что практическое использование имитационного моделирования системы управления запасами позволяет выбирать оптимальные стратегии управления и повысить эффективность логистических процессов.

Ключевые слова: материальные ресурсы, управление запасами, имитационное моделирование, критерии эффективности, логистическая сеть, GPSS-модель.

The generally accepted economic and mathematical models of accounting and models of material resources management of the enterprise have been analyzed. The analyses allow investigating separate stages of the material resources movement: ordering of the goods, size and frequency of orders, movement of goods from a warehouse, etc. Analytical review of information systems in logistics has been carried out. A logistic network of material resources movement has been constructed, which includes possible exes for logistics. The effectiveness of software implementation of the simulation model by means of the interactive simulation environment GPSS World has been substantiated. The proposed model is based on pass-through monitoring of material and information flows; integration of procurement (supply), production, distribution (sales), transport, information and financial logistics. It has been confirmed, that the practical usage of imitative modeling of the stock management system allows choosing the best management strategies and, ultimately, allows increasing the efficiency of logistics processes.

Key words: material resources, inventory management, simulation modeling, performance criteria, logistics network, GPSS-model.

Постановка проблеми. Важливу ланкою управлінської діяльності на багатьох підприємствах різноманітних галузей, як у виробництві, так і у сфері надання послуг, є управління матеріальними ресурсами. Не втрачають актуальності питання удосконалення організації процесів управління рухом

матеріальних потоків та обліку виробничих запасів підприємства. Нестабільна забезпеченість матеріальними ресурсами та неефективне їх використання, мінімізація оборотних засобів, вкладених у запаси, приводять до порушення ритмічності роботи підприємства, великих втрат запасів, «замороження» гро-

шових коштів у надлишках запасів, зниження продуктивності праці тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Застосуванню GPSS-моделей з метою оптимізації управління складними системами приурочено дослідження П. Булавського, Д. Маркова, С. Соколова [1]. Проблемам забезпечення матеріальними ресурсами підприємства присвячено роботи А. Зінченка [2], С. Крохмаль [3]. Моделювання логістичних процесів досліджують М. Пивоваров, О. Шаповалов [4], Ю. Тараненко, І. Федоренко [5]. Проблеми імітаційного моделювання системи управління запасами приділено увагу в працях І. Якимова, В. Хоменка, Г. Аляутдиной [6]. Аналіз ефективності використання ресурсів проводять О. Петрук, Н. Мізякіна [7].

У сучасних умовах є безліч математичних моделей, котрі дають змогу дослідити окремі етапи руху матеріальних ресурсів, такі як замовлення товару, розмір та періодичність замовлень, рух товару зі складу та ін. Проте питання вибору оптимальних стратегій управління, диференціації підприємств, різноманітності портфеля матеріальних ресурсів, автоматизації руху матеріальних ресурсів потребують подальшого дослідження.

Тому **метою** статті є побудова імітаційної моделі руху матеріальних виробничих ресурсів за допомогою сучасних інструментальних засобів на основі досліджених економіко-математичних моделей обліку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Впливовими чинниками інтенсифікації виробництва є стабільна забезпеченість підприємства матеріальними ресурсами та пошук резервів їх раціонального використання. Оскільки матеріальні ресурси перебувають у динаміці, до них застосовні логістичні принципи управління.

Ефективне управління матеріальними ресурсами виробничого підприємства потребує обліку, аналізу і контролю основних джерел логістичних витрат: витрат на постачання, виробництво, збут, інформаційні та фінансові операції, загальні логістичні витрати. На концептуальному рівні модель системи управління ресурсами може бути представлена у вигляді трьох типів взаємодіючих елементів (підсистем). Підсистемами першого типу є споживачі, які формують попит на товари. Підсистемою другого типу є склади, де зберігаються запаси товарів, задовольняються запити на товари з боку споживачів і формуються замовлення постачальникам для поповнення запасів товарів. Підсистемами третього типу є постачальники комплектуючих матеріалів товарів.

На рис. 1 представлено логістичну мережу, що включає постачальників, перевізників, фірму-виробника продукції, склади та споживачів; наведено основні джерела логістичних витрат.

Інтеграція закупівельної (постачальної), виробничої, розподільної (збутової), транспортної, інформаційної та фінансової логістик забез-

печує досягнення результату з мінімальними часовими та ресурсними витратами. Логістичні принципи управління та організація поточкових процесів базується на наскрізному моніторингу матеріального потоку, що забезпечує скорочення запасів на 30–50%, скорочення часу руху продукції – до 45%, зменшення транспортних витрат – до 20%.

Для формалізації такої моделі її динаміку можна описати в термінах транзактів. Окремими типами транзактів у моделі можуть бути представлені вимоги, що надходять від споживачів на підприємство; вимоги, що направляються із відділу закупки постачальникам товарів для поповнення складських запасів; крім того, кожному найменуванню товарів відповідає окремий тип транзактів. Логіка функціонування та динаміка системи управління запасами задається певним набором правил, відповідно до яких визначаються часові моменти, в які здійснюється перевірка поточного рівня запасів товарів на складі, інтервали часу між замовленнями товарів і розміри замовлень. У логістиці згадані набори правил називаються моделями управління запасами. Ці моделі дозволяють отримати відповіді на два основних запитання: коли замовляти товар і в якій кількості.

Є безліч різноманітних моделей, кожна з яких підходить для розрахунків, проте загальноприйнятими є: модель із фіксованим розміром замовлення; модель з фіксованим інтервалом часу між замовленнями; модель зі встановленою періодичністю поповнення запасів до встановленого рівня; модель «Мінімум – Максимум».

Розглянемо, як працює модель із фіксованим рівнем запасу. Склади виробничого підприємства мають бажаний запас товарів (БЗТ), що зменшується по мірі використання. Як тільки кількість товару досягне мінімального порогового рівня, постачальникам подається нове замовлення. Оптимальний розмір замовлення (ОРЗ) визначають виходячи з того, що загальна кількість товарів на складі знову має дорівнювати БЗТ, з резервним запасом (РЗ) включно. При цьому слід брати до уваги ймовірне споживання за період поставки, термін придатності, сезонність, уникнення дефіциту тощо. Максимальний бажаний запас (МаксБЗ) знайдемо таким чином:

$$\text{МаксБЗ} = \text{ОРЗ} + \text{РЗ} \quad (1)$$

Наступна модель враховує періодичність розміщення замовлень із метою регулярного поповнення запасів до фіксованого рівня БЗТ. В моделі з фіксованим інтервалом часу між замовленнями одночасно роблять замовлення та оцінюють рівень наявних запасів.

Нехай ПЗ – розмір поточного замовлення, ОС – очікуване споживання за період поставки. Тоді у зафіксовані моменти замовлень розрахунок оптимального розміру замовлення визначається за формулою [2]:

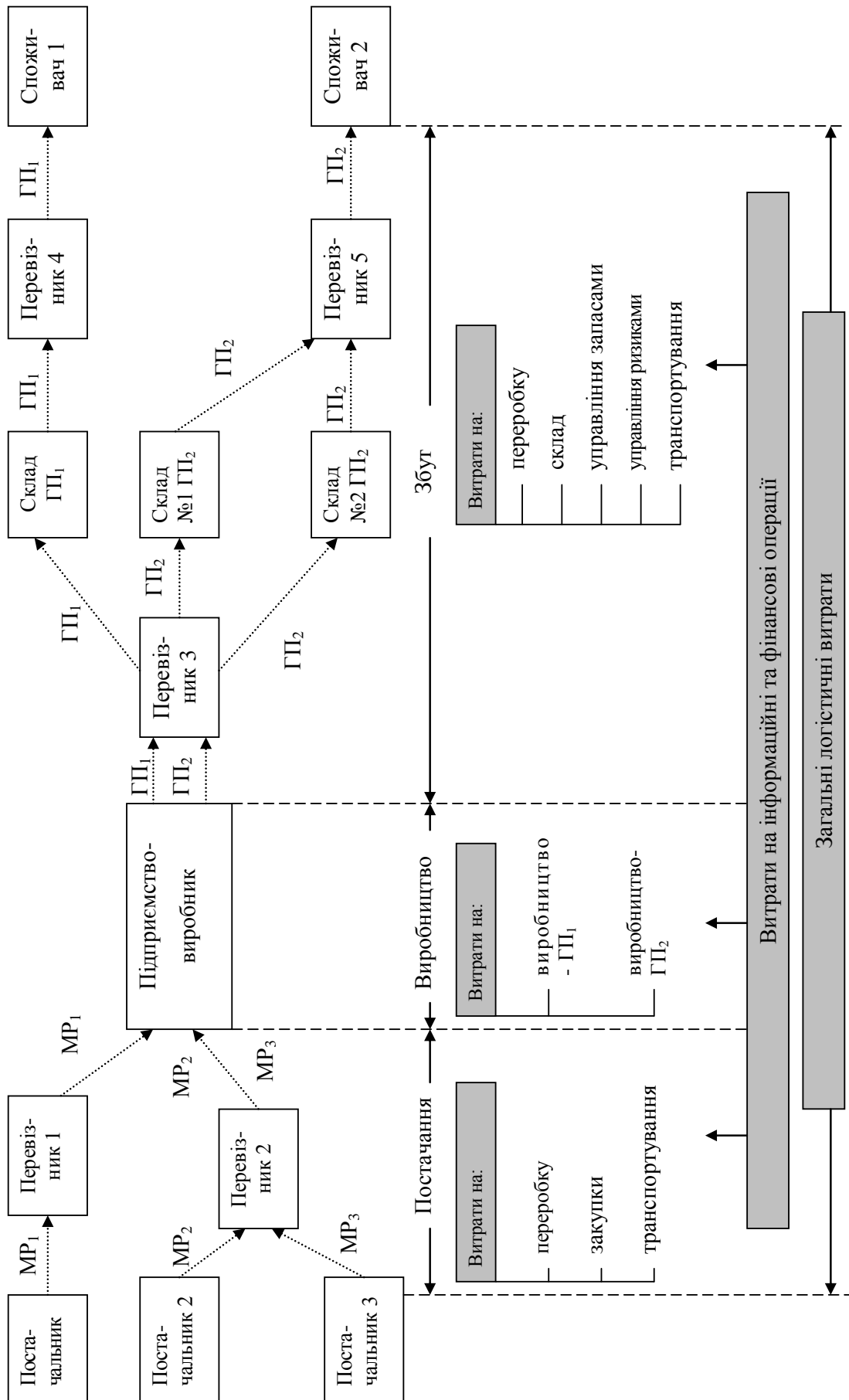


Рис. 1. Логістична мережа і формування витрат (МР – матеріальні ресурси; ГП – готова продукція)

Джерело: розроблено авторами

$$OPЗ = \text{МаксБЗ} - ПЗ + ОС \quad (2)$$

Якщо рівень запасів вичерпався раніше встановленого періоду, здійснюється позапланове замовлення. Розмір додаткового замовлення (ДРЗ) визначається у момент досягнення БЗТ порогового рівня запасу (ПР) з урахуванням очікуваного споживання до моменту поставки (ОС) за формулою:

$$ДРЗ = \text{МаксБЗ} - ПР + ОС \quad (3)$$

У контексті нашого дослідження розглянемо роботу моделі «Мінімум – Максимум», яка базується на регулярному контролі рівня запасів. Такий контроль здійснюється періодично з метою визначення поточного рівня запасів. Замовлення робиться у випадку, коли рівень запасів наближається до порогового значення або нижчий.

Розглянуті моделі можуть бути реалізовані в імітаційній моделі системи управління запасами виробничого підприємства. Вибір конкретної моделі дозволяє задати в імітаційній моделі логіку функціонування і формально описати динаміку системи, що моделюється. Але будь-яка із запропонованих моделей в результаті має на основі розрахунку обсягів резервного запасу та оптимального розміру замовлень визначати необхідну кількість товару та термін замовлення. Для визначення обсягу резервного запасу враховується мінімально допустимий пороговий рівень, при цьому вірогідність можливого дефіциту не повинна перевищувати заданий поріг. Варто співставити витрати на утримання товару на складі та витрати на подання замовлень (ВПЗ), тобто необхідно мінімізувати сукупні витрати на зберігання запасів та повторення замовлень.

Оптимальний розмір замовлення зазвичай визначають за формулою Уілсона, яка враховує також закупівельну вартість одиниці товару (ЗВ), суму річного обсягу продажів (СРП) та частку витрат зберігання в одиниці товару (ВЗ):

$$OPЗ = \sqrt{\frac{2 \cdot \text{ВПЗ} \cdot \text{СРП}}{\text{ЗВ} \cdot \text{ВЗ}}} \quad (4)$$

Варто врахувати, що усі вищевказані моделі управління запасами є однотварними, тоді як на практиці замовлення здійснюються на велику кількість різних видів продукції зі спільними транспортними витратами та витратами на зберігання. Але у разі багатотоварної моделі управління запасами визначення розміру резервного запасу та оптимального розміру замовлення відбувається аналогічно.

На функціонування модельованої системи істотно впливають різноманітні випадкові чинники, наприклад, час надходження вимог від споживачів на підприємство, розміри замовлень за окремими видами товарів і багато інших.

Операційне дослідження таких систем на засадах порційного моделювання [1] дозволяє визначати «вузькі місця» в процесі обслугову-

вання замовлень; здійснювати оцінку дефіцитів (профіцитів) ємності накопичувачів і пропускної спроможності обслуговуючих пристроїв; визначити наявність і оцінку характеристик черг заявок на входах і всередині системи. Для завдань стратегічного рівня доцільне застосування агентних моделей [4], які завдяки високому рівню абстракції є універсальними та багатфункціональними. Для формалізації врахування в моделі випадкових факторів необхідно задати відповідні імовірнісні параметри.

Для практичного використання програмну реалізацію імітаційної моделі можна отримати за допомогою системи GPSS World. GPSS-модель оптового складу [1] дозволяє досліджувати вплив на функціонування системи управління запасами різних факторів.

Оптимізація управління запасами може здійснюватися за різними критеріями ефективності. Це можуть бути, наприклад, сумарні витрати, пов'язані із запасами, які складаються з вартості зберігання, переробки; вартості виконання замовлення; транспортування; вартості збитків, спричинених відсутністю необхідних товарів на складі, закінченням терміну придатності, зривами планів з продажу тощо. Перспективним напрямом в оптимізації прийняття логістичних рішень як на етапі планування, так і на етапі реалізації логістичних процесів є використання генетичних алгоритмів. З метою зниження логістичних витрат підприємства доцільне використання моделі об'ємно-календарного планування логістичних операцій, результати реалізації яких використовуються як обмеження і параметри регулювання в моделях динаміки логістичної системи підприємства.

Модель Beer Game (побудована на управлінні ланцюжком постачань, до складу якого входять ритейлери, оптовики та підприємство) орієнтована на мінімізацію загальних логістичних витрат, пов'язаних зі зберіганням запасів, доставкою замовлення та можливим дефіцитом продукції [5].

GPSS-моделювання дає можливість: вирішити завдання вибору оптимального розміру оптового складу в залежності від числа обслуговуваних складів магазинів і різних обсягів продажів; порівняти ефективність використання різних моделей управління запасами з числа описаних вище; вирішити тестові завдання оцінки і оптимізації ризиків можливих зривів планів продажів через недостатні обсяги запасів окремих видів товарів на складі.

Аналізуючи результати, отримані в процесі застосування різних імітаційних моделей управління запасами підприємства, було здійснено оцінку стійкості моделей:

– модель із фіксованим розміром замовлення стійка до зміни розміру замовлення, спричиненої як скороченням, так і збільшенням попиту; тобто як в умовах неповної поставки так і у разі збільшення обсягів постачання;

– модель із фіксованим інтервалом часу між замовленнями стійка до зміни темпу інтервалу часу між замовленнями, спричиненого як прискоренням, так і сповільненням постачання; зберігається ефективність управління запасами в умовах затримок поставок та додаткових замовлень;

– модель управління запасами із заданою періодичністю поповнення запасів до встановленого рівня стійка як до зміни розміру замовлення, так і до зміни інтервалу часу між замовленнями;

– модель Beer Game дає змогу в управлінні ланцюжком постачання враховувати затримки, пов'язані з обслуговуванням запиту і доставкою, витрати, пов'язані зі зберіганням та дефіцитом продукції; стійка до зміни попиту на товар;

– модель порційного динамічного моделювання дає можливість досліджень з оцінкою повного спектру операційних характеристик складних систем управління; стійка до впливу як прогнозованих, так і випадкових чинників.

Запропоновані моделі можна використовувати в системах підтримки прийняття рішень в управлінні логістикою. Для комерційних під-

приємств моделювання системи управління запасами має самостійну цінність. Зокрема, імітаційна модель оптового складу може з успіхом використовуватися для прогнозування ефективності системи управління запасами в умовах сезонної зміни попиту чи зміни асортименту, коли досліджувана система працює не в стаціонарному, а в перехідному режимі. В управлінні логістичними системами промислових підприємств більший ефект може бути отриманий шляхом побудови моделі й аналізу всієї логістичної системи підприємства загалом. У цьому разі можна буде всебічно аналізувати ефекти взаємодії окремих ланок логістичного ланцюга.

Висновки. Імітаційне моделювання дає змогу розглядати логістичні процеси як цілісну систему. Сучасні інструментальні засоби дають змогу з прийнятними трудозатратами здійснювати програмну реалізацію імітаційних моделей логістичних систем. Практичне використання імітаційного моделювання системи управління запасами дає змогу вибирати оптимальні стратегії управління і підвищити ефективність логістичних процесів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Булавский П.Е., Марков Д.С., Соколов С.В. Синтез GPSS-модели обслуживающих устройств сложных систем массового обслуживания на основе порционной формализации. Автоматика на транспорте. 2016. № 3, том 2. С. 442-455.
2. Зінченко А.С. Напрями розвитку методик аналізу формування та використання матеріальних ресурсів у виробництві. Управління розвитком. 2013. № 12. С. 61-63.
3. Крохмаль С.С. Оцінка циклів матеріальних ресурсів на машинобудівному підприємстві. Бізнесінформ. 2014. № 5. С. 297–301.
4. Пивоваров М.Г., Шаповалов О.М. Агентне моделювання як інструмент оцінки ефективності функціонування логістичної системи металургійного підприємства. Вісник економічної науки України. 2014. № 2. С. 119–123.
5. Тараненко Ю. Федоренко І. Імітаційне моделювання логістичних процесів. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. 2016. № 8(185). С. 38–44.
6. Якимов І.М., Хоменко В.В., Аляутдинова Г.З. Имитационное моделирование системы управления запасами предприятия с фиксированным временем поставок. Вестник экономики, права и социологии. 2015. № 4. С. 156–161.
7. Петрук О.М., Мізякіна Н.О. Аудит фінансової звітності підприємств в аспекті аналізу ефективності використання ресурсів. Ефективна економіка. 2015. № 1. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3741> (дата звернення 4.10.2018).