

Для успішної діяльності підприємств регіону і функціонування виробництва на належному рівні потрібно також розвивати і вдосконалювати кон'юнктурні дослідження, пов'язані з ресурсним забезпеченням виробництва і розвитком кооперування.

У нових умовах значно зростає роль фінансової діяльності. Для нормального функціонування кожне підприємство повинно переорієнтувати свою роботу відповідно до вимог нової системи кредитно-грошового обігу, політики цін, податків, відрахування прибутків та інших факторів. Вирішення цих завдань можливе завдяки використанню економіко-математичних методів.

1. *Економіко-математические модели* / Под ред. академика Н. Федоренко. – М.: Мысль, 1969. 2. *Математические методы и планирование отраслей и предприятий* / Под ред. И. Попова. – М.: Экономика, 1970. 3. Гранберг А.Г. *Математические модели социалистической экономики*. – М.: Экономика, 1978. 4. Крикавський Є.Б. *Економічний потенціал логістичних систем*. – Львів, 1997. 5. Крикавський Є.Б. *Діагностика підприємств*. – Львів: Вид-во Держ. ун-ту “Львівська політехніка”. 6. Крушевський А.В. *Справочник по економіко-математическим моделям и методам*. – К.: Техника, 1982.

УДК 339

Є.В. Крикавський, О.С. Костюк, О.В. Пастухова
Національний університет “Львівська політехніка”

ЛОГІСТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ

©, Крикавський Є.В., Костюк О.С., Пастухова О.В., 2003

Досліджено умови та обґрунтовано принципи використання моделей управління запасами. Викладено результати порівняльної оцінки застосування цих моделей.

The conditions are investigated and the principles of use of models of storekeeping are proved. The results of a comparative estimation of application of these models are stated.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Ринкова орієнтація економіки України супроводжується істотним зростанням цінової конкуренції та конкуренції в сфері обслуговування споживача. Вимоги цінової конкуренції актуалізують ідентифікацію центрів витрат з метою формування механізмів їх редукції. До таких центрів витрат сучасна економічна реальність відносить логістичні витрати, які в умовах посилення індивідуалізації вимог споживача щодо асортименту, сервісу тощо та наростання процесів глобалізації виробництва і дистрибуції товарів мають природну тенденцію до зростання. Тому так важливо ідентифікувати чинники, які б компенсували ці зростаючі витрати відповідною економією в інших ланках процесів виробництва, дистрибуції і споживання товарів.

Особливе місце в структурі логістичних витрат поряд із витратами транспортування, адміністрування, інформаційного забезпечення займають витрати запасів, головним і визначальним чинником формування яких є рівень запасів сировини, матеріалів, півфабрикатів, готових виробів. З іншого боку, не менш важливим аспектом рівня запасів є їх достатність з огляду на задоволення вимог споживача щодо терміну і надійності виконання замовлення, наявності в певному місці і в певний час при акцептованій ціні замовлення. Названі два аспекти надають особливої актуальності проблемі управління запасами українських товаровиробників та дистрибуторів, зважаючи на переважну відсутність практики логістичного аудиту, обліку, дослідження та оптимізації запасів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, в яких започатковано розв’язання цієї проблеми. Життєва необхідність покращання співвідношення “витрати – рівень обслуговування” для багатьох провідних фірм в другій половині ХХ століття стала поштовхом до створення різноманітних систем управління запасами, оскільки саме вони стали центрами надмірних витрат коштів і часу. Немає потреби стверджувати, чи усвідомлювали фахівці пілотних проектів ефективного управління запасами себе як піонерів в логістичній практиці. Важливо інше: завдяки удосконаленню логістичних процесів організації отримували стійкі конкурентні переваги щодо витрат та якості обслуговування клієнта. До таких оригінальних рішень в сфері управління запасами сучасна логістична наука відносить такі традиційні [1, 2, 4]:

- MRP, MRP II (Materials Requirements Planning – з англ. планування матеріальних потреб);
- DRP, DRP II (Distribution Resources Planning – з англ. планування засобів дистрибуції);
- EOQ (Economic Order Quantity – з англ. економічна величина замовлення);
- JiT (Just in Time – з англ. “точно, своєчасно”);

та більш сучасні рішення з поповнення запасів:

- метод QR (швидкого реагування, англ. Quick Response);
- метод ECR (ефективного обслуговування клієнта, англ. Efficient Consumer Response).

Якщо системи MRP “штовхають” виробництво, то системи DRP його “тягнуть”, виходячи із прогнозованого незалежного попиту на готові вироби в масштабах всієї дистрибуційної мережі. Системи DRP є надто вразливі до коливань попиту, формуючи певні характеристики просторово-часової доступності товарів клієнтам, тому їм має бути притаманна здатність реагувати на ці зміни шляхом формування достатніх страхових запасів.

Ефективним варіантом розв’язання проблеми запасів є поєднання систем MRP і DRP, завдяки яким можна мінімізувати запаси в постачанні і в дистрибуції.

Отже, системи MRP, DRP зорієнтовані на зниження сукупних витрат, передусім витрат запасів (із врахуванням витрат вичерпання запасів) шляхом їх мінімізації. Основними інструментами цього є моделі постійної величини замовлення, постійного циклу поставки, їх модифікації, що ідентифікують істотні залежності “trade off” та оптимізують їх спільний результат. При цьому важливим аспектом оптимізаційних рішень є концепція економічної величини замовлення EOQ – початкового рішення за “ідеальних” умов попиту та масштабу.

У стосунках до MRP і DRP система JIT є революційною у багатьох аспектах, оскільки ґрунтується на твердженні, що запаси – це передусім витрати, а тому вони повинні бути доступні тоді, коли на них існує попит – ані раніше, ані пізніше, а “точно, своєчасно”.

Дихотомічними ознаками співставлення традиційних систем запасів і систем JIT є малі партії, короткий цикл, повна відсутність мотивації запасів, елімінація істотних залежностей “trade off” завдяки партнерській інтеграції. Зауважимо, що елімінування запасів, наприклад, у виробника, ніяк не означає перенесення їх тягаря на постачальника; що малі цикли і малі партії поставок ніяк не означають багатократного зростання транспортних витрат, виробничих витрат. Тому виникає запитання: завдяки яким синергічним ефектам це стало таким привабливим?

Максимальна синхронність постачання, виробництва і збуту товарів та їхньої координації з попитом, що виникає на них у реальному масштабі часу, – це суть логістичної концепції діяльності підприємства.

Революційна для тодішніх часів концепція JIT, що ґрунтувалася на чотирьох важливих “підвалинах”: низькі запаси, короткий цикл, малі партії, висока якість завдяки синхронізації матеріальних та інформаційних потоків в сфері постачання і виробництва логічно ініціювала подальший розвиток, охоплюючи сферу дистрибуції, клієнта та повний ланцюг поставок. Це стало можливим завдяки розвитку інформаційних технологій в напрямках:

- електронного обміну інформації (EDI);
- штрихового кодування (AI);
- використання електронних пунктів продажу (electronic point of sale – EPOS).

У теорії логістики такий розвиток отримав назву логістики поповнення запасів (англ.: replenishment logistics), базовими стратегіями якої вважають:

- стратегію швидкого реагування (QR);
- стратегію ефективного обслуговування споживача (ECR).

Спільним для обох стратегій є їх орієнтація на термін поставки і досягнення глобальної залежності “trade up” – знизити витрати та підвищити рівень обслуговування клієнта.

Існуючі дефініції QR ще раз наголошують на основних правилах логістики: відповідний товар у відповідному місці і у відповідний час за відповідну ціну, визначаючи QR як філософію діяльності з метою максимізації прибутку на цілому ланцюгу поставок, максимізація його ефективності шляхом обмеження витрат запасів.

Іншим варіантом стратегії поповнення запасів з орієнтацією на час поставки є стратегія ефективного обслуговування клієнта (ECR), що знайшла широке застосування у сфері реалізації споживчих товарів завдяки інтегрованому управлінню переміщенням продуктів від виробника (постачальника) аж до кінцевого місця споживання. Показовим є приклад американської фірми Procter & Gamble в інтеграції із найбільшим американським роздрібником Wal-Mart: виробник отримує інформацію про інтенсивність попиту, продажу безпосередньо від кас продажу, що дозволяє мінімізувати витрати загалом у системі та підвищити рівень обслуговування клієнта щодо доступності, асортименту, якості тощо.

У світовій практиці поряд існують і успішно конкурують різноманітні підходи до проблеми запасів, ефективно функціонують як названі, так і гібридні системи управління запасами. Водночас у багатьох випадках відчувається брак теоретичного осмислення щодо

врахування впливу тих чи інших чинників на управління запасами, передусім у динамічному плані.

Цілі статті. Традиційні моделі та методи управління запасами певною мірою абстраговані від багатьох реальних чинників, що дало можливість спростити процедуру управління запасами. Водночас реальна дійсність така, що кожна ситуація вимагає безумовного врахування тих чи інших чинників, оскільки нехтування ними може істотно порушити принципи оптимізації. У результаті на боці кінцевого споживача може відбутися некорисна для нього зміна рівноваги витрат і рівня обслуговування. До таких важливих чинників слід віднести:

- логістичні характеристики товару: економічні та фізико-хімічні властивості, логістична придатність тощо;
- класифікаційні характеристики товару: результати ABC- та XYZ-класифікацій;
- характеристики попиту на товар: залежний чи незалежний попит, прогнозований чи непрогнозований, стабільна чи змінна інтенсивність попиту (режим використання (споживання) запасу, інтенсивність продажу тощо);
- концепції управління матеріальним потоком у ланцюзі поставок: push (що штовхають) чи pull (що тягнуть);
- масштаб управління запасами: локально, глобально (системно), тобто одним об'єктом чи мережею складських об'єктів, всіма запасами в повному ланцюзі поставок тощо.

Дослідження умов та окресленню механізмів врахування названих чинників в управлінні запасами – мета публікації.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Теоретичні засади управління запасами в логістичних системах, базові моделі управління запасами за своєю сутністю є лише механізмами субоптимізації. Водночас їх використання в реальних умовах вимагає безумовного врахування істотних змін, очікуваних чи неочікуваних, з тим, щоб виявити існуючі залежності “trade off” в різних площинах і включити в механізми оптимізації. Такими важливими змінними параметрами, окрім величини замовлення і циклу замовлення, необхідно вважати інтенсивність (стабільність, змінність) і відносну вартість попиту, що є предметом досліджень структурного аналізу запасів (ABC– та XYZ–аналізу).

Із врахуванням результатів структурного аналізу матриця можливих варіантів систем управління запасами доповнюється ще двома параметрами: питомою вартістю та прогнозованістю використання. Схематично це можна подати так (рис. 1):

Модифікація систем управління запасами стосовно ABC-класифікації запасів означає диференціацію існуючих моделей в двох координатах матриці “замовлення-цикл” стосовно кожного з класів запасів. Так, для запасів класу А доцільним є використання поля I або II залежно від характеристики XYZ-класифікації. Для запасів класу С більш придатні поля III і IV і теж залежно від XYZ-класифікації.

З іншого боку, традиційні системи управління запасами, що ґрунтуються на використанні оптимальних партій поставки, циклу поставки, страхового запасу, не вичерпали свій оптимізаційний потенціал. Для цього достатньо “лібералізувати” умови оптимізації шляхом

введення в розрахунки додаткових чинників, що порушують стабільність початкових умов. Це означає, що в математичний апарат необхідно вводити нелінійні залежності базових параметрів оптимізації, серед яких еластичність перевізних ставок відносно відстані та кількості перевезення вантажу, еластичність цін закупівлі, врахування витрат запасів “в дорозі”, можливість логістичного аутсорсінгу, обмеження транспортних і складських потужностей тощо. Очевидно, що це призведе до ускладнення моделювання, експериментування та формального оптимізування, однак наблизить отриманий результат до реальних умов функціонування систем поставок товарів. Ґрунтуючись на цьому, викладемо інтерпретацію умов, рішень та очікуваних результатів систем управління запасами, ускладнюючи постановку задач.

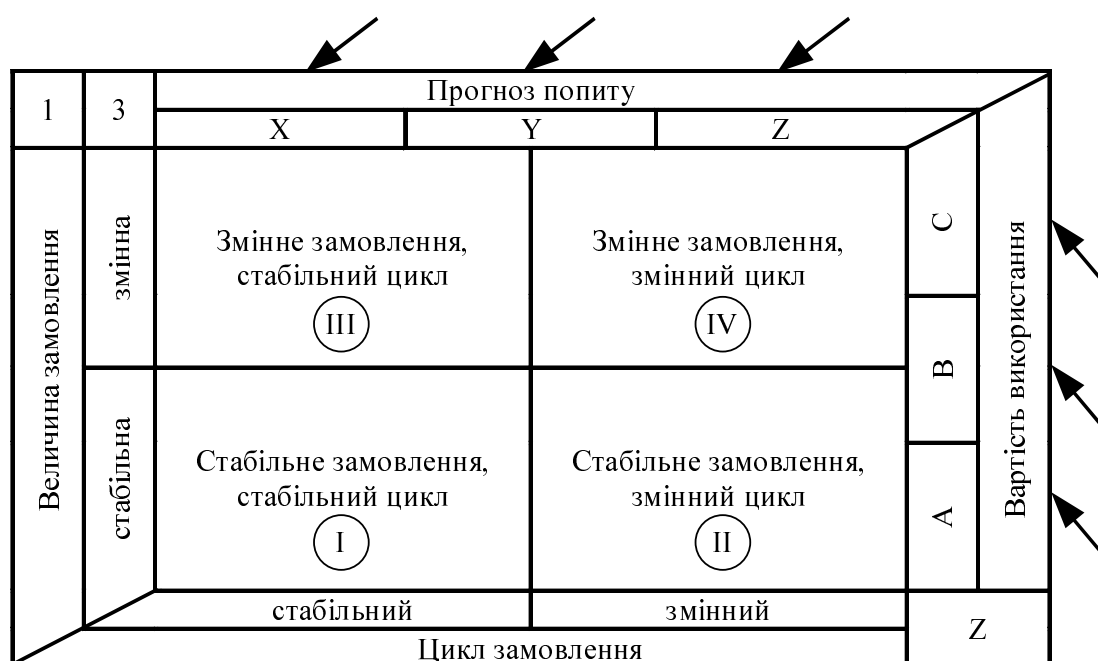


Рис. 1. Матрична модифікація систем управління запасами

Система управління запасами на основі моделі EОQ:

- Умови: стабільний попит, рівномірна інтенсивність споживання запасів, відсутність цінової еластичності в закупівлі і транспортуванні, відсутність запасів в дорозі тощо.
- Рішення: запаси доцільно поповнювати дискретно однаковими партіями оптимального рівня протягом планового періоду, формуючи замовлення за L днів до повного вичерпання запасів в момент чергової поставки.
- Позитивні наслідки:
- відсутність страхового запасу;
 - мінімум суми витрат замовлення і витрат утримання запасів ;
 - однаковий протягом планового періоду рівень максимального запасу, що дорівнює величині партії поставки;
 - однаковий цикл (період між замовленнями) поставки.

Модель рівня запасу (англ. Reorder Level Policy)

Сутність моделі рівня запасу полягає в поповненні запасу однаковими партіями поставки, формуючи замовлення в момент досягнення мінімального рівня запасу, попередньо розрахованого і витриманого.

У попередніх моделях управління запасами завдяки стабільному попиту, надійності і точності інших параметрів поповнення запасів за основу прийнято відсутність страхових запасів, оскільки не допускається будь-яка ймовірність вичерпання запасів. Тому і витрати запасів містилися лише три складові (в моделі EOQ – дві складові): витрати утримання запасів на складі, витрати замовлення, витрати утримання запасів в дорозі. В реальних умовах, коли існують:

- коливання попиту, зміна інтенсивності продажу;
- зміна часу виконання замовлення в результаті відхилення від розрахункових термінів опрацювання замовлення, термінів транспортування тощо;
- ймовірність втрат і пошкодження запасів на складі та в “дорозі”, виникає необхідність утримання страхових запасів, величина яких має бути достатньою, щоб не допустити вичерпання запасів. Якщо ж страхових запасів недостатньо, то виникають витрати вичерпання запасів з причини:
 - запізнення виконання замовлення клієнта, який, ймовірно, понесе додаткові витрати замовлення, транспортування, збитки, штрафи тощо;
 - втрати продажу, що означатиме недоотримання певного прибутку від цієї трансакції;
 - втрати клієнта, що означатиме недоотримання прибутку від клієнта, який змінив свого постачальника, протягом певного майбутнього періоду. Водночас це може означати і витрати для залучення нового клієнта.

Якщо ж страхові запаси надмірні, то їх зайва частина переходить до рангу “мертвих” запасів, що не виконують ніяких корисних функцій, а отже, витрати цих запасів – пряме марнотратство, отже, і збитки. Співвідношення питомих витрат утримання страхових запасів і питомих витрат вичерпання запасів становить фундамент обґрунтування доцільного рівня страхових запасів. Очевидно, що і перші, і другі є за своєю природою нелінійними величинами і залежать від багатьох чинників. Тому на практиці використовують наближені розрахункові методи, один з яких використаний при розрахунку мінімального рівня запасу в моделі рівня запасу.

Умови:	нестабільний попит, коливання періоду реалізації замовлення, ймовірні пошкодження, цінова еластичність в закупівлі і транспортуванні.
Рішення:	поповнення запасів доцільно здійснювати дискретно однаковими партіями оптимального рівня, формуючи замовлення за L днів. Коли відбувається чергова поставка, запас на складі досягне рівня страхового запасу. У випадку відхилення інтенсивності попиту від розрахункового за період реалізації замовлення L може бути використана менша або більша частина запасу, в результаті чого в момент чергової поставки наявний запас може бути більшим або меншим від розрахованого рівня страхового запасу або ж взагалі страховий запас буде вичерпаний раніше за чергову поставку. В

останньому випадку відсутність протягом певного періоду запасу при наявності попиту на нього означатиме появу реальних витрат вичерпання запасів.

Позитивні наслідки: при постійній величині партії поставки є можливість оптимізувати транспортування.

Негативні наслідки:

- необхідність постійного моніторингу рівня запасів;
- недовикористання чи дефіцит складської потужності (в момент поставки).

Модель циклу замовлення (англ. Reorder Cycle Policy)

Сутність моделі циклу замовлення полягає в регулярному через однакові проміжки часу (R) поповненні запасів до стабільного максимального рівня. В умовах коливання попиту залишок запасів на складі в кінці кожного циклу поставки буде змінюватися залежно від інтенсивності попиту протягом цього циклу, тому величина замовлення теж буде змінним параметром і визначатиметься різницею між максимальним (розрахунковим) запасом і залишком запасів на момент формування замовлення.

Умови: нестабільний попит, коливання часу реалізації замовлення, ймовірні пошкодження в запасі, цінова еластичність в закупівлі і транспортуванні.

Рішення: поповнення запасів здійснюється дискретно через однакові проміжки часу такими партіями поставки, щоб створеного запасу було достатньо для задоволення передбаченого (розрахункового) попиту протягом наступного циклу і ймовірного зростання попиту та / чи задоволення попиту в умовах запізнення поставки. Тобто, чергова партія поставки визначається як різниця між максимальним (розрахунковим) запасом та наявним запасом в момент подання замовлення. Якщо ж в момент чергової поставки рівень запасу дорівнює нулю, то це означає, що реальний попит у протягом періоду $(L + R)$ та реальна тривалість реалізації замовлення L відхилилися від розрахункових в прийнятих допустимих межах при розрахунку страхового запасу. Якщо ж в окремих циклах поставки спостерігався дефіцит запасів, то виникають витрати вичерпання запасів, які необхідно врахувати при розрахунку загальних витрат.

Позитивні наслідки:

- мінімальні витрати моніторингу рівня запасів (один раз в момент складання замовлення);
- можливість побудови різних циклів для різних товарів та їх інтегрування, консолідуючих поставок (1 раз на день, на тиждень, на місяць тощо);
- в окремих випадках ефективне використання власних транспортних засобів.

- Негативні наслідки:
- коливання величини замовлення не дозволяє стабілізувати транспортні процеси, а отже, і оптимізувати щодо кількості вантажу, перевізних ставок тощо;
 - необхідно утримувати більші страхові резерви (запаси).

Оптимізація системи управління запасами із врахуванням зовнішніх залежностей “trade off”

У попередніх моделях критерієм оптимізації системи управління запасами були витрати запасів (із врахуванням частково чи всіх чотирьох складових), регулюючим чинником яких був рівень запасів, що створювався певними партіями та певним циклом поставки. Водночас значна частина трансакцій підприємств може досягти ефекту масштабу, передусім за рахунок цінової еластичності, рівномірної чи дискретної. Це стосується:

- цінових знижок при закупівлі;
- цінових знижок при транспортуванні.

Інша частина трансакцій може знаходитися під впливом внутрішніх та зовнішніх обставин. До таких належать:

- фінансовий стан підприємства, що вимагає обмеження розміщення ресурсів у запасах;
- фінансово-економічна ситуація в країні, передусім очікувана інфляція.

Викладені аспекти мають коректуючий вплив на інструментальні параметри моделей управління запасами, насамперед на величину замовлень.

Моделі поповнення запасів

Узагальнюючи викладене порівняно із концепціями постійного поповнення запасів (стратегії QR і ECR), необхідно застерегти дослідників щодо безумовного врахування чинників, які матимуть вирішальний вплив на успіх цих стратегій, оскільки це далеко не завжди можна реалізувати повною мірою. Мова йде про такі чинники:

- наявність відповідного інструментарію в процесі управління запасами (наприклад, системи pull);
- доступність в реальному часі актуальної інформації з місць продажу;
- диференціація запасів в моделях ABC, XYZ тощо;
- доступність технологій cross-docking для перевантаження, комплектації тощо;
- логістичне інноваційне мислення та управління.

Очевидно, що реалізація названих чинників має як об'єктивні (природні), так і фінансові обмеження. Тому не перестають бути актуальними традиційні моделі управління запасами, які акцентують увагу не так на процесі, як на істотних центрах витрат, якими є витрати запасів, з метою їх оптимізації.

Викладена аргументація логістики постійного поповнення запасів не означає її абсолютну перевагу порівняно із традиційними системами управління запасами. Отже виникають такі запитання:

- чи акцептований клієнтом такий високий рівень обслуговування (рис. 2, а);
- чи достатні масштаби діяльності організації, щоб компенсувати додаткові постійні витрати інтеграції та синхронізації матеріальних і інформаційних потоків (рис. 2, б);

• чи компенсує досягнутий ефект інтеграції в логістичному ланцюгу поставок втрати в інших сферах діяльності у результаті обмеження свободи дій, вибору, чинників впливу тощо, обмеження ключових компетенцій, втрати контролю за використанням інформації тощо (рис. 4, в).

Викладені “знаки питання” графічно ідентифікуються такими залежностями:

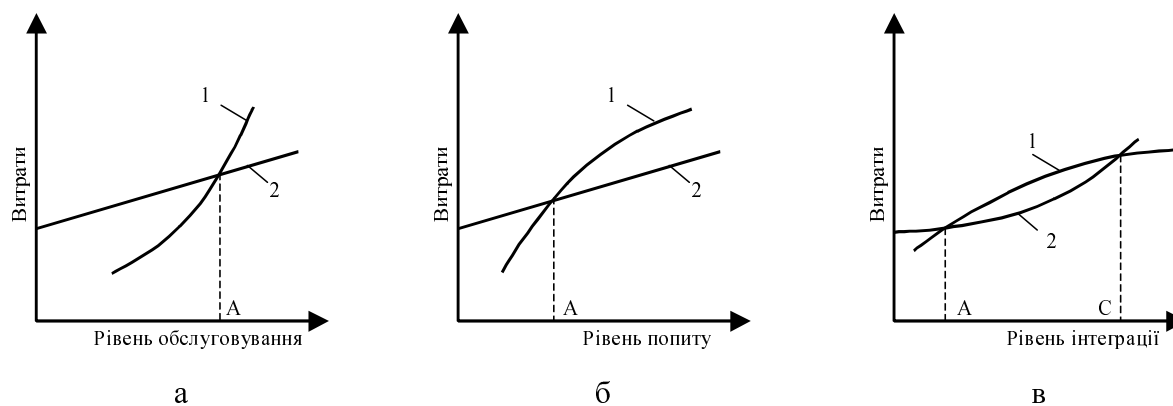


Рис. 2. Залежність логістичних витрат від системи управління запасами:
1 – традиційна система; 2 – система поповнення запасів

Співставлення залежностей (кривих 1 і 2) означає, що існує певний рівень обслуговування споживача, який перевищують більш ефективна система швидкого реагування чи система ефективного обслуговування споживача. Це стосується і рівня попиту на товар, масштабу простору та концентрації продажу, вищими від яких є ефективні системи поповнення запасів. Щодо оптимального рівня інтеграції учасників логістичного каналу, то графічно подано дві критеріальні точки, якими обмежуються верхні і нижні рівні інтеграції процесів, сфер діяльності, поза якими оптимальними є традиційні системи управління запасами, оскільки витрати системи поповнення запасів від точки С (варіант (в) на рис. 2) починають інтенсивно зростати за рахунок втрат від обмеження свободи в інших площинах діяльності.

Висновки. 1. Ефективне управління запасами може створити організації вагомі конкурентні переваги.

2. За певних умов стратегія утримання запасів може конкурувати із стратегією “нульового” запасу та сучасними стратегіями поповнення запасів.

3. Реалізація тієї чи іншої моделі управління запасами вимагає істотних інформаційно-управлінських витрат для повноти врахування чинників впливу в реальному часі.

1. Coyle J., Bardi E., Langley C. *Zarządzanie logistyczne*. – Warszawa: PWE, 2002. – 734 s.
2. *Kompedium wiedzy o logistyce / Pod redakcją Elżbiety Golemskiej*. – Warszawa, Poznań: Wydaw. Naukowe PWN, 1999. – 315 s.
3. Крикавський Є. *Логістика: Навч. посібник*. – Львів: Вид-во Держ. ун-ту “Львівська політехніка”, 1999. – 264 с.
4. Christopher M. *Logistyka i zarządzanie łańcuchem podaży*. – Kraków: Wydaw. PSB, 1998. – 273с.
5. Witkowski J. *Just in Time – mity s rzeczywistość*. // *Gospodarka Materialowa i Logistyka*. – 1998. – N 9. – S. 182.