

ТЕМА 3. УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Мета: вивчити завдання логістики запасів на підприємстві; опанувати методики управління запасами на підприємстві; вміти визначати оптимальний розмір та термін замовлення продукції.

Основні поняття: матеріальний запас, *ABC* - аналіз, *XYZ* - аналіз, детерміновані моделі управління запасами, оптимальний розмір замовлення, модель багатомноменклатурних поставок з обмеженими ресурсами.

План

1. Класифікація запасів.
2. Сутність *ABC* - аналізу, алгоритм його проведення.
3. Сутність *XYZ* - аналізу, алгоритм його проведення.
4. Спільне застосування *ABC* - і *XYZ* - аналізу та прийняття рішень, що стосуються вибору моделі замовлення матеріальних ресурсів.
5. Детерміновані моделі управління запасами на підприємстві.
6. Багатопродуктові замовлення.
7. Модель багатомноменклатурних поставок з обмеженими ресурсами.
8. Недетерміновані моделі управління запасами на підприємстві.

Питання №1. Матеріальні запаси – це сировина, комплектуючі матеріали і готова продукція, які очікують виробничого або особистого споживання. Створення запасів завжди пов'язано з витратами.

Основні види витрат, які пов'язані зі створенням і утриманням запасів, наступні:

- заморожені фінансові кошти;
- витрати на утримання спеціально обладнаних приміщень;
- оплата праці спеціального персоналу;
- постійний ризик псування, розкрадання.

Наявність запасів – це витрати. Однак відсутність запасів – це теж витрати, тільки виражені у формі різноманітних втрат.

До основних видів втрат, які пов'язані з відсутністю запасів, відносять:

- втрати від простою виробництва;
- втрати від відсутності товару на складі в момент пред'явлення попиту;
- втрати від закупівлі дрібних партій товарів за більш високими цінами та ін.

Незважаючи на те, що утримання запасів пов'язано з певними витратами, підприємці змушені їх створювати, оскільки відсутність запасів може привести до ще більшої втрати прибутку.

Основні мотиви, якими керуються підприємці, створюючи матеріальні запаси, такі:

- імовірність порушення встановленого графіка поставок;
- можливість коливання попиту;
- сезонні коливання виробництва деяких видів товарів;
- знижки при покупці великої партії товарів;

- спекуляція;
- витрати, пов'язані з оформленням замовлення;
- зведення до мінімуму простоїв виробництва через відсутність запасних частин.

Критеріями класифікації запасів можуть бути параметри руху матеріальних потоків – простір (або місце знаходження) і час, а також функції запасу.

1. Класифікація за місцем знаходження.

Всі запаси, наявні в економіці, визначені як *сукупні*. Вони включають сировину, матеріали (основні й допоміжні), напівфабрикати, деталі, готові вироби, а також запасні частини для ремонту засобів виробництва.

Сукупні запаси виробництва розподіляють на два види: *виробничі й товарні запаси*.

Виробничі запаси – це запаси, що знаходяться на підприємствах всіх галузей сфери матеріального виробництва і призначені для виробничого споживання.

Товарні запаси знаходяться в організаціях-виробниках на складах готової продукції, а також у каналах сфери обігу.

Запаси в каналах сфери обігу розподіляються на *запаси в дорозі* (які перебувають на момент обліку в процесі транспортування від постачальників до споживачів) і *запаси на підприємствах торгівлі*.

Оскільки кожна окрема організація в логістичному ланцюгу є, з одного боку, організацією-постачальником, а з іншого боку – організацією-споживачем, то виробничі й товарні запаси завжди присутні на підприємстві.

2. Класифікація за функцією, що виконується.

Виробничі й товарні запаси мають свої специфічні функції.

Виробничі запаси призначені для виробничого споживання. Вони забезпечують безперервність виробничого процесу.

Товарні запаси необхідні для безперервного забезпечення споживачів матеріальними ресурсами.

Виробничі й товарні запаси розподіляють на групи:

Поточні запаси забезпечують безперервність постачання виробничого процесу між двома поставками, а також організацій торгівлі та споживачів. Поточні запаси складають основну частину виробничих і товарних запасів.

Підготовчі запаси (буферні запаси) виділяються з виробничих запасів при необхідності додаткової їхньої підготовки перед використанням у виробництві (наприклад, сушка лісу).

Гарантійні запаси (страхові запаси) призначені для безперервного забезпечення споживача у випадку непередбачених обставин: відхилення в періодичності та величині партій поставок від запланованих; зміни інтенсивності споживання, затримки поставок. На відміну від поточних запасів розмір гарантійних запасів – величина постійна. При нормальних умовах роботи ці запаси недоторканні.

Сезонні запаси утворюються при сезонному характері виробництва продуктів, їх споживання або транспортування. Сезонні запаси повинні

забезпечити нормальну роботу організації під час сезонної перерви у виробництві, споживанні або в транспортуванні продукції.

Перехідні запаси – це залишки матеріальних ресурсів на кінець звітного періоду. Вони призначені для забезпечення безперервності виробництва й споживання у звітному та наступному за звітним періоді до чергової поставки.

3. Класифікація за часом.

Дозволяє виділити різні кількісні рівні запасів:

Максимальний бажаний запас визначає рівень запасу, економічно доцільний в даній системі управління запасами. Максимальний бажаний запас часто використовується як орієнтир для розрахунку обсягу замовлення.

Граничний рівень запасу використовується для визначення моменту часу видачі замовлення. Представляє собою рівень запасу, при досягненні якого здійснюється чергове замовлення.

Поточний запас відповідає рівню запасу в будь-який момент обліку. Він може збігатися з максимальним бажаним рівнем, граничним рівнем або гарантійним запасом.

Гарантійний запас (страховий запас) призначений для безперервного постачання споживача у випадку непередбачених обставин.

Питання №2. Одним з універсальних і поширених методів аналізу запасів (асортименту) є *ABC* - аналіз.

Метод *ABC* – спосіб формування і контролю за станом запасів, що полягає у розділенні номенклатури *N* реалізованих товарно-матеріальних цінностей на три підмножини *A*, *B* і *C* на підставі деякого формального алгоритму.

ABC - аналіз ґрунтується на так званому принципі Парето, що виходить з того, що за 20% наслідків відповідає 80% причин. Засновником ідеї є доктор Джозеф Джуран, що виявив універсальний принцип, який він назвав «vital few and trivial many» (найважливішого – мало, звичайного – багато). Правило 80/20 означає, що в будь-якому процесі невелике число причин (20%) є життєво важливим, а 80% не робить істотного впливу на результат.

Принцип Парето можна застосувати практично у будь-якій сфері бізнесу:

– 80% матеріальних благ припадають на 20% населення (відповідно інші 80% людей задовольняються 1/5 частиною матеріальних багатств, наявних у людства);

– за 20% робочого часу здійснюється 80% роботи;

– 20% клієнтів приносять компанії 80% доходу;

– 80% товарних запасів поставляються 20% постачальників;

– 20% товарних запасів займають 80% складу;

– 20% дефектів викликають 80% проблем;

– 80% обсягу продажів забезпечують 20% продавців і т.д.

Важливо, що дане правило є емпіричним – конкретна пропорція може виявитися іншою: не 80/20, а, наприклад, 90/10. Правило Парето вказує саме

на значне відхилення від пропорції 50/50 в різних системах, а не на конкретну величину відхилення. Але пропорція 80/20 все ж є універсальним терміном.

Порядок проведення *ABC* - аналізу.

Крок 1. Вибирають об'єкт аналізу (що будемо аналізувати?) і параметр аналізу (за якою ознакою будемо аналізувати?). Зазвичай об'єктами *ABC* - аналізу є товарні групи, товарні категорії, товарні позиції. Кожен з цих об'єктів має різні параметри опису і виміру: обсяг продажів (у грошовому або кількісному вираженні), дохід (у грошовому вираженні), товарний запас, оборотність, витрати на зберігання і т.д.

Крок 2. Складають рейтинговий список об'єктів за спаданням значення параметра.

Крок 3. Виділяють групи *A*, *B* або *C*. Для цього необхідно:

- розрахувати частку параметра від загальної суми параметрів;
- розрахувати частку параметра від загальної суми параметрів з накопичувальним підсумком;
- присвоїти значення груп вибраних об'єктів.

Частка з накопичувальним підсумком розраховується шляхом додавання параметра до суми попередніх параметрів.

Група *A* – ті об'єкти, сума часток параметра з накопичувальним підсумком яких складає перші 50% від загальної суми параметрів. Ці об'єкти вимагають ретельного планування, постійного (навіть щоденного) обліку і контролю. Для об'єктів групи *A* необхідно оптимізувати розмір партій, що замовляються, страховий запас і момент подання замовлення.

Група *B* – ті об'єкти, сума часток параметра з накопичувальним підсумком яких становить від 50% до 80% від загальної суми параметрів. Ці об'єкти вимагають звичайного періодичного контролю, відстеження своєчасності подання замовлення.

Група *C* – об'єкти, що залишилися, сума часток з накопичувальним підсумком яких становить від 80% до 100% від загальної суми параметрів. Ці товари характеризуються спрощеними методами планування, обліку і контролю.

При численних плюсах *ABC* - аналізу існують обмеження в його застосуванні:

1. *ABC* - аналіз не дозволяє оцінювати сезонні коливання продажів.
2. *ABC* - аналіз за товарними позиціями не працює там, де відбувається щомісячне оновлення асортименту, наприклад в бутіках модного одягу або в бутіках подарунків. У такому випадку необхідно вести аналіз за торговими марками, брендами і за структурою на рівні не менше категорії (наприклад, «Подарунки для дітей», «Подарунки для друга» тощо).
3. *ABC* - аналіз може давати неправильні результати, якщо даних для аналізу мало – статистика менше трьох місяців не дозволяє дати об'єктивну оцінку внеску товарів у результат компанії.
4. *ABC* - аналіз буде неправильним там, де облік товарів ведеться з постійними змінами у товарній номенклатурі.

5. *ABC* - аналіз буде непотрібним, якщо товарна номенклатура складається з надто малого числа позицій – менше 10. У такому випадку оцінювати внесок кожного товару можна і без застосування зазначених математичних методів.

Питання №3. *XYZ* - аналіз – статистичний метод, що дозволяє аналізувати і прогнозувати стабільність продажів окремих видів товарів і коливання рівня споживання тих чи інших ресурсів.

Етапи проведення *XYZ* - аналізу:

Крок 1. Обирають об'єкти аналізу (група, категорія, позиція) і параметр, за яким будуть порівнювати об'єкти (наприклад, продажі за місяць). За основу аналізу береться період продажів не менше трьох місяців.

Крок 2. Визначають кількість періодів, за якими буде проводитися аналіз (тиждень, декада, місяць, квартал, півріччя, рік). Чим триваліший період, тим вірніше буде статистика попиту. Для аналізу треба брати не менше трьох періодів, за якими ведеться звітність.

Крок 3. Для кожного об'єкта аналізу визначають коефіцієнт варіації – середньоквадратичне відхилення.

Коефіцієнт варіації означає величину відхилення продажів від середньостатистичних, тобто показує, стабільний попит на товар чи ні. Формула для розрахунку коефіцієнта варіації v :

$$v = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}}{\bar{x}} \times 100\%, \quad (2.1)$$

де x_i – значення параметра для оцінюваного об'єкту за період i ;

\bar{x} – середнє значення параметра для оцінюваного об'єкту аналізу;

n – кількість періодів.

Крок 4. Складають рейтинговий список об'єктів аналізу за зростанням значення коефіцієнта варіації. Визначають, які об'єкти відносяться до групи X , Y і Z .

Категорія X – товари характеризуються стабільністю продажів і, як наслідок, – високими можливостями прогнозу продажів. Коефіцієнт варіації не перевищує 10%. Коливання попиту незначні, попит на товари сталий, отже, можна по цих товарах робити оптимальні запаси та використовувати математичні методи прогнозу попиту та оптимального запасу.

Категорія Y – товари, що мають коливання в попиті, і як наслідок, середній прогноз продажів. Коефіцієнт варіації складає 10–25%. Відхилення від середньої величини продажів існує, але воно коливається в розумних межах (у межах 25%).

Категорія Z – товари з нерегулярним (випадковим) споживанням, будь-які тенденції відсутні, точність прогнозу продажів низька. Коефіцієнт варіації перевищує 25% і може бути більше 100%. Це може бути група товарів, що доставляються на замовлення клієнтів.

Іноді можна робити допуск коефіцієнта варіації по групі *X* – 0-15%, групі *Y* – 15-40%, групі *Z* – від 40%.

Обмеження *XYZ* - аналізу:

1. Результати *XYZ* - аналізу є достовірними, якщо аналізується достатньо тривалий період часу.

2. *XYZ* - аналіз є неможливий, якщо в асортименті багато нових товарів або постачання йдуть з перебоями.

3. Якщо асортимент оновлюється часто, то потрібно використовувати інформацію про життєвий цикл товару і дивитися тенденцію розвитку всіх нових позицій.

Питання №4. Поєднання *ABC* - і *XYZ* - аналізу дозволяє повною мірою розглянути асортимент і зрозуміти, як можна управляти тими чи іншими групами і категоріями товарів. Використання одночасно *ABC* - і *XYZ* - аналізу дозволяє:

– підвищити ефективність управління товарними запасами і закупівлями товару;

– розробити оптимальну закупівельну політику стосовно кожного виду товару;

– виявити товари - «зірки» та товари-аутсайтери і визначити шляхи розвитку асортименту.

Крок 1: провести *ABC* - аналіз за прибутком або обсягом продажів.

Крок 2: провести *XYZ* - аналіз.

Крок 3: поєднати отримані результати.

Крок 4: побудувати поєднану матрицю.

В результаті даного суміщення (таблиця 2.2) отримуємо 9 груп об'єктів аналізу за двома критеріями – ступінь впливу на кінцевий результат (*ABC*) і стабільність (прогнозованість) цього результату (*XYZ*).

Таблиця 2.2

ABC - і *XYZ* – аналіз товарного асортименту

<i>AХ</i> Невисокий страховий запас, можлива наявність резервного постачальника, теоретично можна працювати за системою ЛТ	<i>AУ</i> Запас з невеликим надлишком, резервний постачальник, ретельний контроль залишків	<i>AZ</i> Мати резервних постачальників, постійний контроль
<i>BХ</i> Невисокий запас, поставки ЛТ, резервний постачальник	<i>BУ</i> Запас з невеликим надлишком, резервний постачальник, контроль залишків	<i>BZ</i> Часткова робота під замовлення, контроль залишків, важливо - резервні постачальники
<i>CХ</i> Фіксовані замовлення, система ЛТ, партії із збільшеним інтервалом замовлення	<i>CУ</i> Поставка фіксованими, але трохи більш частими партіями, трохи більше страховий запас	<i>CZ</i> За новими товарами - спостерігати, старі товари - виводити. Поставка під замовлення

AX – високий оборот і стабільність попиту. Можна прогнозувати продажі цієї групи. Важливо мати запас на складі, але він не обов'язково повинен бути надмірним. Страховий запас за деякими товаром може бути невисокий, але можна до мінімального запасу додати 10% на коливання попиту. Теоретично можна використовувати систему ЛТ (точно в термін).

BX – середній оборот і стабільність попиту. Можна прогнозувати обсяги продажів і небажано, щоб товар був відсутній у продажу. Запас товару може бути ненадмірним, але до мінімального страхового запасу можна додати 10-15%, оскільки важливо забезпечити попит покупців. По даній групі товарів можна використовувати систему ЛТ (точно в термін), щоб не створювати надлишковий запас. У даному випадку товар групи *B* важливий для обороту, але збій в його поставках не є таким критичним, як у попередньому випадку.

AU і *BV* – важливі для обороту магазину, але мають середню прогнозованість попиту. Якщо не забезпечити наявність цих товарів у магазині, то можна втратити значний оборот. За цими групами можливе збільшення складського запасу (від 10% до 25% – відповідно коефіцієнту варіації). По цих товарах важливо здійснювати поставки меншими, але більш частими партіями.

AZ і *BZ* – важливі для обороту, але погано прогнозовані. По цих товарах немає сенсу робити надлишковий запас, тому що запас доведеться тримати занадто великий через високі коливання попиту. По них можна передбачити резервних постачальників, які зможуть у разі необхідності постачати товар швидко. Важливий постійний контроль за залишками таких товарів.

CX – товар - баласт, який тим не менше користується стійким попитом. Його можна спробувати перевести в групу *B*, якщо він так потрібен покупцям. Робити надлишковий запас цього товару немає необхідності: достатньо перевести цей товар на систему поставки ЛТ або на систему фіксованого замовлення. Можна збільшити інтервал між поставками і зменшити до мінімуму страховий запас.

CY – товар умовно «малоцінний» і має коливання в продажах. Політика щодо цього товару подібна до попередньої групи, але можна трохи збільшити величину страхового запасу.

CZ – товари, що вносять малий внесок в оборот і мають значні коливання в продажах. Необхідно ретельно проаналізувати ці товари, перед тим як прийняти рішення про їх виведення з асортименту. Можливо, це товари нові, і тоді за ними потрібно постійно спостерігати. Якщо це товари, що давно перебувають в асортименті, то саме вони є першими кандидатами на виведення з асортименту. Такі товари закупаються, в основному, під замовлення і не повинні займати місце на складі – їх цілком можна виставляти тільки у торговельній залі.

Питання №5. Найбільш поширеною моделлю прикладної теорії логістики є модель оптимального або економічного розміру замовлення EOQ (Economic Order Quantity). Розрахунок EOQ здійснюється на основі сумарних загальних витрат, які можна представити у вигляді функції:

$$C_{\Sigma} = C_{\text{Придб}} + C_{\text{Замовл}} + C_{\text{Збер}} + C_{\text{Д}}. \quad (2.2)$$

Витрати на придбання $C_{\text{Придб}}$ визначаються вартістю одиниці продукції; в свою чергу, вартість може бути постійною або змінною при обліку оптових знижок, які залежать від обсягу замовлення.

Витрати на оформлення (виконання) замовлення $C_{\text{Замовл}}$ являють собою постійні витрати, які пов'язані з розміщенням замовлення у постачальників і його транспортуванням. Вважається, що витрати не залежать від обсягу замовлення.

Витрати на зберігання запасів $C_{\text{Збер}}$ містять витрати на утримання і вантажопереробку запасу на складі; витрати містять як відсоток на інвестований капітал, так і вартість зберігання, утримання і догляду.

Втрати від дефіциту запасу $C_{\text{Д}}$ включають, по-перше, потенційні втрати прибутку через відсутність запасу, по-друге, можливі втрати через втрату довіри покупців.

Очевидно, що облік різної кількості доданків у формулі (2.2) призводить до багатоваріантності розрахункових формул для визначення оптимального розміру замовлення ЕОQ. Розглянемо *основну модель розрахунку оптимального розміру замовлення*.

При формуванні основної моделі розрахунку ЕОQ як критерій оптимізації приймається мінімум загальних витрат, що включають витрати на виконання замовлення і витрати на зберігання запасу на складі протягом певного періоду часу (рік, квартал тощо):

$$C_{\Sigma} = C_{\text{Замовл}} + C_{\text{Збер}} = \frac{C_0 S}{q} + C_u i \frac{q}{2} \rightarrow \min, \quad (2.3)$$

де C_0 – витрати на виконання одного замовлення (гр. од.);

S – потреба у замовленні продукту протягом даного періоду (шт., т);

C_u – ціна одиниці продукції, що зберігається на складі (гр. од.);

i – частка від ціни, що припадає на витрати по зберіганню (%);

q – шукана величина замовлення (шт., т).

Витрати на виконання замовлення із збільшенням розміру замовлення зменшуються, підкоряючись гіперболічній залежності; витрати на зберігання партії поставки зростають прямо пропорційно розміру замовлення; крива загальних витрат має увігнутий характер, що говорить про наявність мінімуму, який відповідає оптимальній партії q_{opt} .

Оптимальна величина замовлення розраховується за формулою:

$$q_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2C_0 S}{C_u i}}. \quad (2.4)$$

При цьому мінімальні сумарні витрати за аналізований період складатимуть

$$C_{min} = \sqrt{2C_0 S C_u i}. \quad (2.5)$$

Формула (2.4) зустрічається в різних джерелах під такими назвами: Уїлсона (найпоширеніше) або Вільсона, Харріса, Кампа.

Формула (2.4) одержана при великій кількості припущень:

– витрати на виконання замовлення C_0 , ціна продукції C_u , що поставляється, і витрати на зберігання одиниці продукції протягом аналізованого періоду постійні;

– період між замовленнями (поставками) постійний, тобто $T = \text{const}$;

– замовлення q_{opt} виконується повністю миттєво;

– інтенсивність попиту $\lambda = \frac{q_{opt}}{T}$ – постійна;

– ємність складу не обмежена;

– розглядаються тільки поточні (регулярні) запаси, інші види запасів (страхові, підготовчі, сезонні, транзитні і т.д.) не враховуються.

Приклад. Відомо, що витрати на виконання замовлення $C_0 = 2$ ум. од., кількість реалізованого за рік товару складає $S = 100$ од., закупівельна ціна $C_u = 5$ ум. од., а витрати на зберігання дорівнюють $i = 20\%$ від закупівельної ціни. Визначити оптимальний розмір замовлення.

За формулою Уїлсона (2.4) маємо $q_{opt} = \sqrt{\frac{2C_0 S}{C_u i}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 100}{5 \cdot 0,2}} = 20$ од.

Тракування витрат C_0 , пов'язаних із замовленням, носить дискусійний характер. Так, в більшості випадків C_0 включає транспортно-заготівельні витрати: від витрат на укладання договору і пошуку постачальників до оплати послуг з доставки. Наприклад, витрати на постачання одиниці продукту, що замовляється, включають наступні елементи:

– вартість транспортування замовлення;

– витрати на розробку умов поставки;

– вартість контролю виконання замовлення;

– витрати на випуск каталогів;

– вартість форм документів.

В інших випадках, наприклад, транспортні витрати не входять у C_0 і представлені у вигляді додаткових доданків: витрат на транспортування і витрат, пов'язаних із запасами на час у дорозі.

Ще один варіант обліку транспортних витрат полягає в тому, що вони враховуються у вартості одиниці продукції, що надійшла на склад. Якщо покупець сам оплачує транспортні витрати і несе повну відповідальність за

вантаж у дорозі, то при оцінці вартості товарів, що зберігаються на складі як запаси, до їх закупівельної ціни слід додати транспортні витрати.

У той же час навіть при дотриманні усіх обмежень припущення, які прийняті при виведенні формули Уїлсона, вимагають уточнення витрат на зберігання.

У моделі (2.3) передбачається, що оплата за зберігання одиниці продукції пропорційна її ціні, а середня кількість продукції, яка перебуває на зберіганні, при постійній інтенсивності попиту на даний період часу дорівнює

$$\bar{q} = \frac{q}{2}. \quad (2.6)$$

Однак практика оренди складських приміщень, а також розрахунки витрат на зберігання на складах фірм говорять про те, що, як правило, враховується не середній розмір партії, а площа (або об'єм) складу, яка потрібна для всієї партії:

$$C_{збер} = \alpha k q, \quad (2.7)$$

де α – витрати на зберігання одиниці продукції з урахуванням займаної площі (обсягу) складу за певний період, гр. од./ м² на добу (гр. од./ м³ на добу);

k – коефіцієнт, який враховує просторові габарити одиниці продукції, м²/ шт. (м³/ шт.).

При підстановці (2.7) у формулу (2.3) отримаємо

$$C_{\Sigma} = \frac{C_0 S}{q} + \alpha k q \rightarrow \min. \quad (2.8)$$

Визначимо оптимальний розмір замовлення з використанням стандартної процедури і після необхідних перетворень знаходимо

$$q_{opt} = \sqrt{\frac{C_0 S}{\alpha k}}. \quad (2.9)$$

Величина мінімальних витрат розраховується за формулою

$$C_{min} = 2\sqrt{C_0 S \alpha k}. \quad (2.10)$$

Не менш важливою умовою, яку необхідно враховувати при розрахунку ЕОQ, є знижки. Відомо, що при покупці партії товару більшість фірм надає знижки, величина яких залежить від розміру замовлення q . Для визначення ЕОQ у випадку надання знижок можна використовувати такий підхід:

1. Для кожного рівня ціни за формулою Уїлсона (2.4) розраховують розмір замовлення:

2. Одержані розміри замовлення перевіряють на оптимальність: якщо рівень замовлення попадає в інтервал надання знижки, то він є оптимальний для даного рівня ціни. В іншому випадку як оптимальний розмір замовлення беруть нижню границю інтервалу надання знижки.

3. Для кожного рівня ціни і відповідного йому рівня замовлення розраховують загальні витрати на замовлення, зберігання запасу та закупівлю за формулою:

$$C_{\Sigma} = C_{\text{замовл}} + C_{\text{зберіг}} + C_{\text{закуп}} = \frac{C_0 S}{q} + C_u i \frac{q}{2} + C_u S \rightarrow \min.$$

Оптимальним розміром замовлення (EOQ) є той, при якому витрати на виконання замовлення, зберігання запасу на складі і закупівлю товару будуть мінімальними.

Питання №6. При виведенні формул (2.4) – (2.5) вважалося, що кожен вид продукції не залежить від інших і зберігається на складі самостійно. Однак для промислових підприємств, а також підприємств оптової та роздрібно торгівлі умови незалежності видів продукції один від одного можуть бути порушені. Основними причинами виникнення взаємозв'язку між видами продукції, що поставляється на склад, є наступні обмеження:

– максимальний розмір капіталу B , який передбачається вкласти в запаси;

– площа (об'єм) складу, де розміщуються одночасно N видів продукції;

– верхня межа загального числа замовлень за певний період та ін.

Розглянемо задачу, що враховує обмеження на максимальний розмір капіталу.

На першому етапі розв'язання задачі розраховуються оптимальні партії поставок $q_{opt i}$ по кожному i -му виду продукції за формулою (2.4).

На другому етапі порівнюються витрати, пов'язані з запасами продукції і капіталом B , виділеним на придбання продукції:

$$\sum_{i=1}^N C_{ui} q_{opt i} \leq B. \quad (2.11)$$

Якщо нерівність (2.11) виконується, то поставки здійснюються в обсягах, які розраховуються за формулою (2.4).

Відповідно витрати на виконання замовлення і зберігання при багатопродуктовій поставці визначаються за формулою:

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \sqrt{2 C_{0i} S_i C_{ui} \beta}, \quad (2.12)$$

де β – частка від ціни C_{ui} , що припадає на витрати по зберіганню.

Третій етап, коли нерівність (2.11) не виконується. Для розрахунку оптимальних значень $q_{opt i}$ застосовується метод множників Лагранжа. Функція Лагранжа записується у вигляді:

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \left(\frac{C_{0i} S_i}{q_i} + C_{ui} \beta \frac{q_i}{2} \right) + z \left(B - \sum_{i=1}^N C_{ui} q_i \right) \rightarrow \min, \quad (2.13)$$

де z – невизначений множник Лагранжа, $z \leq 0$.

Оптимальні значення $q_{opt i}$ визначаються за формулою

$$q_{opt i} = \sqrt{\frac{2C_{0i} S_i}{C_{ui} (\beta - 2z^*)}}, \quad i = 1, \dots, N, \quad (2.14)$$

де z^* – таке значення множника z , при якому виконується рівність (2.11).

Для визначення множника Лагранжа z використовуються різні методи. Перший, найбільш поширений, базується на чисельному методі розв'язання. Другий дає рішення у вигляді:

$$z^* = \frac{\left[\beta - \left(\frac{V}{B} \right)^2 \right]}{2}, \quad (2.15)$$

де $V = \sum_{i=1}^N \sqrt{2C_{0i} S_i C_{ui}}$.

Сумарні витрати, які включають витрати на придбання запасів B , витрати на виконання замовлення і зберігання запасів, будуть дорівнювати

$$C_{\Sigma}^* = B + \sum_{i=1}^N \sqrt{2C_{0i} S_i C_{ui}} \left(\frac{\beta - z}{\sqrt{\beta - 2z}} \right). \quad (2.16)$$

На підставі значень $q_{opt i}$ (2.14) здійснюються розрахунки кількості поставок N_i і періодичності поставок T_i протягом аналізованого періоду D для кожного виду продукції:

$$N_i = \frac{S_i}{q_{opt i}}, \quad (2.17)$$

$$T_i = \frac{D}{N_i}. \quad (2.18)$$

Питання №7. При наявності на складі постачальника широкої номенклатури продукції (товарів) постає питання про можливу організацію одночасної поставки споживачу n товарних груп. Аргументами на користь об'єднання різних товарних груп в одне замовлення є:

- вимога постачальника про вартість кожного замовлення не нижче деякої граничної величини;
- реалізація повного завантаження використовуваних транспортних засобів;
- обмеження кількості відправлень та їх періодичності кожному клієнту (синхронізація поставок);
- зниження витрат на організацію, комплектацію партій, що постачаються клієнту.

Розглянемо складову витрат, пов'язану з багатноменклатурною поставкою від одного партнера. Очевидно, ці витрати можна представити у вигляді двох складових: постійної C_0 (яка визначається, головним чином, вартістю транспортування) і змінної C_i , що залежить від обсягу виконуваних на складі операцій при формуванні замовлення. Тоді для кожної i -ї номенклатури витрати, які пов'язані з організацією однієї поставки, визначатимуться за формулою

$$C_i^* = C_0 + C_i, \quad (2.19)$$

а для всієї номенклатури у вигляді однієї поставки:

$$C^*(n) = C_0 + \sum_{i=1}^n C_i = \sum_{i=0}^n C_i. \quad (2.20)$$

При одночасному постачанні n позицій номенклатури періодичність T відрізнятиметься від оптимальних періодичностей незалежних поставок T_i по кожній позиції.

Запишемо основне рівняння для сумарних витрат i -ої позиції у вигляді

$$C_{\sum i} = \frac{(C_0 + C_i)S_i}{q_i} + C_{xi} \frac{q_i}{2} \rightarrow \min. \quad (2.21)$$

Розмір i -ої позиції номенклатури можна визначити за формулою

$$q_i = T_i \frac{S_i}{D}. \quad (2.22)$$

При підстановці (2.22) в формулу (2.21) отримаємо

$$C_{\sum i} = D \frac{(C_0 + C_i)}{T_i} + \frac{C_{xi} T_i S_i}{2D} \rightarrow \min. \quad (2.23)$$

За умови одночасної поставки n позицій номенклатури $T_i = T$. Рівняння для сумарних витрат можна представити у вигляді

$$C_{\Sigma} = \frac{D}{T} \sum_{i=0}^n C_i + \frac{T}{2D} \sum_{i=1}^n S_i C_{xi} \rightarrow \min. \quad (2.24)$$

Оптимальне значення періодичності багатноменклатурної поставки T_{opt}^* визначається за формулою (2.25):

$$T_{opt}^* = D \sqrt{\frac{2 \sum_{i=0}^n C_i}{\sum_{i=1}^n S_i C_{xi}}}, \quad (2.25)$$

а кількість поставок – за формулою (2.26)

$$N^* = \frac{D}{T_{opt}^*}. \quad (2.26)$$

При підстановці T_{opt}^* (2.25) у формулу (2.24) після перетворень одержимо вираз для визначення величини мінімальних сумарних витрат:

$$C^*_{\Sigma n} = \sqrt{2 \sum_{i=0}^n C_i \sum_{i=1}^n S_i C_{xi}}. \quad (2.27)$$

При розрахунку багатноменклатурних поставок особливого значення набуває урахування обмежень, пов'язаних з обсягом (площею) і вантажопідйомністю транспортних засобів, об'ємом (площею) складських приміщень, наявністю коштів для придбання всієї партії і т.д.

У загальному вигляді урахування обмежень зазначених параметрів здійснюється з використанням формули

$$T_V = \frac{G_V}{\sum_{i=1}^n \lambda_i a_i}, \quad (2.28)$$

де G_V – граничні значення фізичного або економічного показника;

$\lambda_i = \frac{S_i}{D}$ – інтенсивність споживання (витрати) i -го продукту (од./ добу);

a_i – фізичний або економічний показник i -го продукту.

Якщо період багатноменклатурної поставки $T_{opt}^* \leq T_V$, то її параметри розраховуються за формулами (2.25) – (2.27).

Якщо $T_{opt}^* > T_V$, то як розрахунковий період приймається T_V і здійснюється коректування N^* , q_i^* і $C_{\Sigma}^*(T_V)$ за формулами:

$$N^* = \frac{D}{T_V}, \quad (2.29)$$

$$q_i^* = T_V \frac{S_i}{D}, \quad (2.30)$$

$$C_{\Sigma}^*(T_V) = \frac{D}{T_V} \sum_{i=0}^n C_i + \frac{T_V}{2D} \sum_{i=1}^n S_i C_{xi}. \quad (2.31)$$

За наявності декількох критеріїв вибір варіанта здійснюється за формулою:

$$T^*_V = \min(T_V, T_r, T_h, \dots), \quad (2.32)$$

де T_V, T_r, T_h – періоди часу, розраховані за формулою (2.28) з урахуванням різних критеріїв: обсяг, вага, витрати і т.п.

Питання №8. У недетермінованих моделях управління запасами значення попиту є випадковою величиною з відомим розподілом імовірності. Розрізняють моделі з безперервним і періодичним контролем запасу.

1. Модель безперервного контролю запасів (Q - модель).

Основне правило Q – моделі: постійна перевірка стану запасів (наявних плюс замовлених). Коли стан запасів зменшується до точки повторного розміщення замовлення R, замовляється партія постійного розміру Q.

Величина Q може бути визначена за формулою Уілсона $Q = \sqrt{\frac{2C_0S}{C_u i}}$.

Граничний рівень запасу R може бути розрахований за допомогою страхового коефіцієнта, значення якого визначається «рівнем сервісу» (рівень сервісу характеризує імовірність того, що всі запити клієнтів будуть задоволені протягом часу до моменту отримання замовленої продукції):

$$R = m \cdot L + z \cdot \sqrt{L \cdot \sigma^2}, \quad (2.33)$$

де m – середній щоденний попит на продукцію (од./добу);

L – час виконання замовлення постачальником (дні);

z – страховий коефіцієнт, що залежить від «рівня сервісу» (визначається за допомогою статистичних таблиць нормального закону розподілу);

σ – середнє відхилення величини щоденного попиту (од./добу).

Контролюючи величину z , можна контролювати не тільки точку розміщення замовлення, але й рівень сервісу. Високе значення z буде

призводити в результаті до високого значення точки розміщення повторного замовлення і високого рівня сервісу (таблиця 2.6).

Таблиця 2.6

z	Рівень сервісу, %	Імовірність нестачі запасів, %
0	50,0	50,0
0,5	69,1	30,9
1,0	84,1	15,9
1,1	86,4	13,6
1,2	88,5	11,5
1,3	90,3	9,7
1,4	91,9	8,1
1,5	93,3	6,7
1,6	94,5	5,5
1,7	95,5	4,5
1,8	96,4	3,6
1,9	97,1	2,9
2,0	97,7	2,3
2,1	98,2	1,8
2,2	98,6	1,4
2,3	98,9	1,1
2,4	99,2	0,8
2,5	99,4	0,6
2,6	99,6	0,4
2,7	99,6	0,4
2,8	99,7	0,3
2,9	99,8	0,2
3,0	99,9	0,1

Розрахунок Q – системи можна здійснювати за допомогою таблиці 2.7 за формулами (2.34)-(2.36):

Таблиця 2.7

Розрахунок параметрів Q – системи

День	Витрати (попит) $q_{i,t}^{\Phi}$	Фактичний запас (у наявності на початок періоду) $Q_{i,t}^{\Phi}$	На початок періоду в замовленні (замовлений запас) $Q_{i,t}^3$	Стан запасу $Q_{i,t}^{\Phi} + Q_{i,t}^3$	Замовлення $Q_{i,t}^{H3}$	Отримане замовлення $Q_{i,t}^{надх}$
1						
2						
3						
4						
...						
n						

де $Q_{i,t}^{H3}$ – розмір замовлення на момент часу t ;
 $Q_{i,t}^{\Phi}$ – фактичний запас (в наявності на початок періоду t);
 $Q_{i,t}^3$ – величина поданого, але ще не отриманого на даний час t
замовлення (замовлений запас);
 $q_{i,t}^{\Phi}$ – фактичний денний попит;
 $Q_{i,t}^{надх}$ – отримане замовлення (надходження в момент часу t).

$$Q_{i,t}^{H3} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } (Q_{i,t}^{\Phi} + Q_{i,t}^3) - R > 0, \\ Q, \text{ якщо } (Q_{i,t}^{\Phi} + Q_{i,t}^3) - R \leq 0 \end{cases} \quad (2.34)$$

$$Q_{i,t}^{\Phi} = Q_{i,t-1}^{\Phi} - q_{i,t-1}^{\Phi} + Q_{i,t}^{ном}, \quad (2.35)$$

$$Q_{i,t}^3 = Q_{i,t-1}^3 - Q_{i,t}^{ном} + Q_{i,t-1}^{H3}. \quad (2.36)$$

2. Модель періодичного контролю запасів (P - модель).

Основне правило P моделі: стан запасів (у наявності плюс у замовленні) контролюють через фіксовані інтервали часу P . Після кожної перевірки замовляється такий розмір замовлення, щоб поповнити запас до цільового рівня (значення цільового рівня запасів T мінус поточний стан запасів).

Інтервал часу P між перевірками стану запасу можна обчислити за формулою:

$$P = \frac{Q}{D} = \frac{N \cdot Q}{S}, \quad (2.37)$$

де N – кількість робочих днів;
 Q – оптимальний розмір замовлення;
 S – потреба (за певний період);
 D – очікуване добове споживання (попит).

Цільовий рівень запасів T може бути визначений на рівні заданого сервісу за формулою:

$$T = m \cdot (L + P) + z \cdot \sqrt{(L + P) \cdot \sigma^2}. \quad (2.38)$$

Розрахунок P – системи можна здійснити за допомогою таблиці 2.7 за формулами (2.39)-(2.41):

$$Q_{i,t}^{H3} = T - Q_{i,t}^{\Phi} - Q_{i,t}^3 \quad (2.39)$$

$$Q_{i,t}^{\Phi} = Q_{i,t-1}^{\Phi} - q_{i,t-1}^{\Phi} + Q_{i,t}^{надх}, \quad (2.40)$$

$$Q_{i,t}^3 = Q_{i,t-1}^3 - Q_{i,t}^{надх} + Q_{i,t-1}^{H3}. \quad (2.41)$$