

Міністерство машинобудування, військово-промислового
комплексу і конверсії України

Науково-виробнича корпорація
“КИЇВСЬКИЙ ІНСТИТУТ АВТОМАТИКИ”

КОНСТАНТИНОВ Сергій Микитович

УДК 519.2:621.86

***Оптимізація ситуаційних стратегій управління
ієрархічними багатоміномієнклатурними
системами запасів***

05.13.04 - автоматизовані системи управління
та системи обробки інформації

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук

Київ 1997

738,3

2

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00751914 (R)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в НВК «Київський інститут автоматики»

Науковий керівник - заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор СБІТНСВ Анатолій Іванович, головний науковий спеціаліст НВК «КІА»

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор КОЗЛИК Григорій Олександрович, заступник директора Київського інституту автоматики з наукової роботи;

кандидат технічних наук, доцент ПАЛАМАРЧУК Віталій Андрійович, доцент кафедри ресурсозабезпечення КМУЦА

Провідна установа Інститут кібернетики ім.В.М.Глушкова НАН України

Захист відбудеться «1.8.» червня 1997 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 01.90.01 НВК «Київський інститут автоматики» за адресою: 254107, Київ-107, вул.П.Каркоця, 22.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці НВК «Київський інститут автоматики».

24
Автореферат розісланий «.....» квітня 1997 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради, кандидат технічних наук

Л..П.Тронько

Загальна характеристика роботи

Актуальність теми. Задачам управління запасами присвячено велику кількість праць як теоретичного, так і прикладного характеру, в яких розглянуто проблеми, що виникають в процесі накопичення і витрачання ресурсів, викладено підходи до вирішення значного числа важливих задач управління запасами. Необхідно відзначити, що часто задачі з однаковою фізичною або економічною постановкою можуть вирішуватись різними математичними методами.

В дисертації зроблено спробу використати сучасний математичний апарат керованих систем масового обслуговування для вирішення задач оптимізації одного класу систем управління запасами, а саме ієрархічних автоматизованих багатонаменклатурних складських систем.

Відомі результати в галузі теорії управління запасами, які ґрунтуються на дослідженні стохастичних процесів, що дозволяють формалізувати функціонування складських систем, не завжди дають відповідь на постійно виникаючі запити практики.

Серед доступних читачеві літературних джерел дуже рідко зустрічаються праці, які присвячено пошуку оптимальних стратегій обслуговування користувачів складських систем, хоча, на наш погляд, ця проблема є дуже важливою і її вирішення може принести суттєвий економічний ефект.

Великі сучасні торгові і торгово-промислові корпорації володіють, як правило, сукупністю оптових, дрібнооптових і роздрібних складів, що зв'язані між собою і обладнані автоматизованим підйомно-транспортним знаряддям і комп'ютерними системами обліку і управління. В умовах ринкової економіки питання раціонального використання складського господарства, оптимального управління процесами обслуговування користувачів стають все більш актуальними.

Аналіз процесів обслуговування в складських системах показав необхідність виділення в окремий клас мультиресурсних систем з різними структурними особливостями та неповнодоступних систем. Актуальність цієї проблеми витікає з необхідності підвищення адекватності математичних моделей процесів обслуговування в складських багатонаменклатурних системах, розробки методів розрахунку і оптимізації пріоритетних дисциплін, розробки алгоритмів оптимального керування системами обслуговування на складах, що забезпечують підвищення ефективності їх експлуатації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась у відповідності до планів науково-дослідних робіт спільного науково-виробничого підприємства «С.В.М. - Київ» на 1994-1996 рр. по створенню автоматизованих систем управління і впровадженню сучасних інформаційних технологій на підприємствах України.

В. Стефанчук
Київ, Україна

Мета і задачі дослідження. Метою цієї роботи є розробка математичних моделей і алгоритмів оптимізації ситуаційних пріоритетних стратегій управління ієрархічними багатонаменклатурними системами запасів. Для досягнення поставленої мети вирішуються такі задачі:

- аналіз існуючих методів організації обслуговування користувачів на оптових і дрібнооптових складах;
- запровадження оптимальних ситуаційних пріоритетів в практику управління системами запасів;
- розрахунок оптимальних значень ємності складу нижнього рівня та страхового запасу для ієрархічних систем управління запасами;
- розробка і дослідження математичних моделей обслуговування користувачів із ситуаційними пріоритетами для різних типів складських систем (оптових - з обмеженою кількістю користувачів, дрібнооптових (магазинів) - з необмеженою кількістю користувачів; з буферним накопичувачем запитів на обслуговування і без такого накопичувача, з марковськими, напівмарковськими і ерлангівськими вхідними потоками запитів та інших);
- дослідження мультиресурсних систем обслуговування;
- розробка методів ситуаційного пріоритетного обслуговування в мультиресурсних неповнодоступних системах з блокуванням каналів.

Наукова новизна одержаних результатів. В роботі вперше одержано аналітичні вирази і конструктивні алгоритми для розрахунку оптимальної ємності складу нижнього рівня й страхового запасу ресурсів в ієрархічній системі управління запасами. Для автоматизованих складських систем без буферного накопичувача запитів одержано значення ймовірностей відмови в обслуговуванні і прийому на обслуговування, а також знайдено оригінальний метод обчислення оптимальної величини часового інтервалу допуску запитів в систему. Розроблено математичні моделі і алгоритми оптимізації ситуаційного пріоритетного управління обслуговуванням запитів в складських системах із марковськими і напівмарковськими вхідними потоками. Вперше досліджено і використано при оптимізації функціонування оптових складів математичні моделі мультиресурсних неповнодоступних систем обслуговування з блокуванням каналів. В роботі вперше показано ефективність ситуаційних пріоритетів в складських системах із скінченною чергою запитів і без черги.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені математичні моделі, методи і алгоритми дозволяють суттєво покращити економічні показники функціонування сучасних автоматизованих складських комплексів, а також підвищити ефективність обслуговування користувачів на дрібнооптових складах і в магазинах. Всі оптимізаційні задачі, які вирішуються в дисертації, мають чіткі економічні критерії і ґрунтуються на аналізі реальних процесів управління запасами. Одержані в роботі результати реалізовані на практиці при створенні комплексу автоматизованих систем управління на різних підприємствах

торгової асоціації «Аладдин». (Акти впровадження від 17.10.96 р., від 27.11.96 р., від 24.12.96 р.).

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати дисертаційного дослідження, які подано до захисту, одержані автором особисто. В друкованих працях, опублікованих у співавторстві, автору належать логічні постановки і математичні формулювання задач, методи їх вирішення.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційних досліджень доповідались на XVI звітній науково-технічній конференції КМУЦА (1996 р.), прийняті на IV Українську конференцію з автоматичного управління (1997 р.), доповідались на постійно діючих семінарах Наукової Ради з проблеми «Кібернетика» НАН України: «Організація програмного забезпечення АСУ», «Організація управління гнучкими виробничими системами», «Методи аналізу та оптимізації високонадійних систем» (1995-1997 рр.), на семінарі відділу теорії ймовірностей і математичної статистики Інституту математики НАН України (1996 р.), на семінарі кафедри прикладної статистики Київського університету імені Тараса Шевченка (1997 р.).

Публікації. Результати дисертаційних досліджень опубліковано в 12 друкованих працях, серед яких 3 препринти Наукової Ради з проблеми «Кібернетика» НАН України, 2 статті в фаховому журналі, 5 статей в фахових збірниках наукових праць, 1 реферований і анонований у фаховому журналі рукопис, 1 тези доповіді на конференції. 4 статті загальним обсягом 1, 6 авторських аркуша опубліковано без співавторів.

Структура дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків і додатків, до яких вміщено результати впровадження. Обсяг дисертації - 144 сторінки, в тому числі ілюстрації - 2 сторінки, додатки - 6 сторінок, список використаних літературних джерел (102 найменування) - 10 сторінок.

Основний зміст дисертації

У вступі обґрунтовується актуальність проблеми оптимізації ситуаційних стратегій управління складськими системами і формулюються мета, основні задачі дослідження, наукова новизна і практична значущість роботи; наводяться дані щодо реалізації і впровадження результатів роботи, її апробації та щодо публікації з виділенням частки особистого внеску автора.

В першому розділі дисертації розглядаються питання визначення структурних параметрів та інтегральних характеристик ієрархічних систем управління запасами. Він складається із чотирьох підрозділів.

Перший підрозділ присвячено вирішенню задачі визначення оптимальної ємності складу нижнього рівня в системі управління запасами підприємства.

В ієрархічних системах управління запасами завжди виникає проблема оптимального розподілу ресурсів (товарів) поміж верхніми та нижніми рівнями ієрархії. З одного боку, якість обслуговування користувачів покращиться, коли максимальну кількість товарів розміщувати в безпосередній близькості до пункту обслуговування, а з другого боку, вартість зберігання однієї одиниці товару на центральному складі суттєво (інколи - на порядок) нижча від вартості зберігання товару на складі нижнього рівня. Критерієм оптимальності вирішення цієї задачі доцільно обрати мінімум сумарних втрат підприємства в процесі обслуговування користувачів.

Процес функціонування подібної системи управління запасами проаналізовано за допомогою апарату теорії масового обслуговування. Якщо на складі нижнього рівня (в магазині) зберігається не більше ніж по m одиниць товару кожного виду, то процедура обслуговування запитів користувачів має такий вигляд. На складі нижнього рівня, кількість яких дорівнює n (за кількістю видів товару), надходять пуасонівські потоки запитів користувачів з інтенсивностями λ' . Перші m запитів обслуговуються без затримки, $(m+1)$ -й запит знаходить склад порожнім і породжує запит до центрального складу на поповнення складу нижнього рівня. Поток запитів до центрального складу по кожному виду товарів буде ерлангівським потоком m -го роду з інтенсивністю λ'/m . Впродовж того проміжку часу, за яким ці запити обслуговуються складом верхнього рівня з інтенсивністю μ , користувач (якщо він терплячий) жде свого товару, через що підприємство несе втрати у розмірі c_1 за одиницю часу. Ясно, що такі втрати можна зменшити, значно збільшивши величину m , але для цього треба вкласти кошти, величина яких дорівнює $c_0 + c_2 m$, де c_2 - питомі витрати на збільшення ємності складу нижнього рівня на одну одиницю, віднесені до одиниці часу; c_0 - деяка постійна для даного підприємства величина.

В роботі показано, що загальний функціонал втрат в системі має вигляд:

$$C(m) = \frac{mbc_1}{m - nb\lambda'} + c_2 m + c_0, \quad \text{де } b = 1/\mu. \quad (1)$$

Необхідно обрати величину m таким чином, щоб мінімізувати функціонал (1). Отримуємо після диференціювання по m і розв'язування відповідного рівняння

$$m_{\text{opt}} = \lambda'nb + b \sqrt{\frac{\lambda'nc_1}{c_2}}. \quad (2)$$

Зазначимо, що із врахуванням дискретного характеру зміни m , необхідно в якості його оптимального значення обирати цілу частину числа, що визначається формулою (2).

Такі розрахунки є достатніми в тому випадку, коли втрати від чекання обслуговування запитів принципово можливі. Коли ж таке

чекання призводить до дуже великих втрат, застосовується дещо інша стратегія. До запасу, розмір якого дорівнює m_{opt} , додається страховий запас, що витрачається тоді, коли запит від складу нижнього рівня чекає обслуговування центральним складом. В роботі одержано алгоритм пошуку величини страхового запасу, який забезпечує безвідмовну роботу системи з будь-якою заданою ймовірністю.

В цьому ж розділі ієрархічну систему управління запасами досліджено методами автоматизованого імітаційного моделювання. Задачі визначення оптимальних об'ємів накопичувачів та страхових запасів, а також дослідження довжин черг перед обслуговуючими приладами вирішуються при різних дисциплінах обслуговування, різних типах вхідних потоків і різних законах розподілу часу обслуговування.

Останній підрозділ першого розділу присвячено побудові математичної моделі автоматизованого складського комплексу, на вхід якого надходить ерлангівський вхідний потік запитів порядку I з інтенсивністю λ . Тривалість роботи обслуговуючого пристрою вважається показниково розподіленою випадковою величиною з інтенсивністю μ . Запроваджено поняття стану системи, який записується як числовий вектор з цілими компонентами, що вказують номер фази надходження запиту при умовах: 1) система є вільною; 2) обслуговуючий пристрій працює протягом часу t .

Для визначеної таким чином системи одержано такі важливі інтегральні характеристики, як ймовірність відмови в негайному обслуговуванні запиту та ймовірність того, що запити, які надходять, будуть обслуговані.

Результати, викладені в розділі 1, надруковані в працях [1 - 5].

Другий розділ дисертації присвячено визначенню стратегій управління допуском користувачів до обслуговування на дрібнооптових і оптових складах. Він складається з 4 підрозділів.

У першому підрозділі наведено постановки задач оптимізації стратегій допуску користувачів до обслуговування на складах. Визначено математичний апарат вирішення задач - методи оптимальної зупинки марковських процесів і пріоритетних систем масового обслуговування.

У другому підрозділі розглядається дрібнооптовий склад або магазин (в подальшому склад), куди надходить сумарний пуассонівський потік запитів користувачів з параметром λ , які обслуговуються з інтенсивністю μ . Управління допуском користувачів до обслуговування полягає, в першу чергу, у визначенні деякого проміжку часу нормальної роботи τ . Всі запити, які надійшли поза цим проміжком часу, відкидаються з виплатою компенсації розміром b за кожний втрачений запит. Запити, які допущено в систему обслуговування до моменту τ , задовольняються повністю до тих пір, поки система не стане порожньою. Однак, після деякого скінченного часу T з початку роботи складу вартість обслуговування підвищується на деяку сталу величину a , що пов'язано з

необхідністю виплати компенсацій персоналу складу за надурочну роботу. При цьому виплата компенсацій за втрачені запити після моменту T припиняється. Необхідно обрати випадковий час τ таким чином, щоб мінімізувати сумарні середні втрати.

Запроваджено випадковий процес $Q(t)$, який відтворює довжину черги в системі в момент t , та зв'язаний з ним час $W_n(t)$, необхідний для обслуговування всіх запитів, що чекають в системі в момент t . Розподіл величини $W_n(t)$ є n -кратним згортанням показникових розподілів, тобто гамма-розподілом із щільністю

$$\eta_n(x) = \frac{e^{-\mu x} \mu^n x^{n-1}}{(n-1)!}, \quad x \geq 0, n \geq 1.$$

Таким чином, тривалість надурочної роботи обслуговуючого персоналу дорівнює $\eta_n(t) = \max(0, W_n + t - T)$, а середня тривалість часу надурочної роботи, якщо допуск користувачів на склад було припинено в момент t за наявності в черзі n запитів дорівнює

$$M\eta_n(t) = \int_{T-t}^{\infty} (x + t - T) e^{-\mu x} \frac{\mu^n x^{n-1}}{(n-1)!} dx = (n/\mu)P[n, \mu(T-t)] - (T-t)P[n-1, \mu(T-t)],$$

де $P(n, \mu t)$ - функція розподілу Пуассона.

Сумарні очікувані втрати, пов'язані із виплатою компенсації запитам, які відкидаються після моменту t , $r = \lambda b \max(0, T-t)$.

Тоді загальні сумарні втрати, пов'язані із припиненням доступу запитів в момент t за наявності n запитів, дорівнює

$$g(t, n) = \lambda b \max(0, T-t) + a M\eta_n(t). \quad (3)$$

Оскільки функція (3) залежить від часу t , запроваджено двовимірний випадковий процес $X_t = (t, Q_t)$, де процес Q_t , який описує довжину черги в системі в момент t , є процесом розмноження і загибелі із відбиттям у точці $n = 0$. Визначений фазовий простір станів процесу і його перехідні функції.

Для визначеного таким чином випадкового марковського процесу X_t задача обчислення оптимальної величини інтервалу τ зводиться до класичної задачі про оптимальну зупинку випадкового процесу. Наведено схему рішення цієї задачі. В процесі пошуку оптимального значення τ суттєво використано результат Б.І.Грігеліоніса та А.М.Ширяєва щодо зв'язку задачі про оптимальну зупинку розривних марковських процесів із задачею Стефана, пов'язаною з дослідженням фізичних процесів, що відтворюють фазові перетворення речовини. Побудовано обчислювальну процедуру, яка дозволяє для кожного стану n процесу $Q(t)$ визначити момент часу τ , коли необхідно припинити

прийом запитів до системи при мінімальних сумарних втратах.

Наприклад, для $n = 0$ значення $t_0 = T + \frac{1}{\mu} \ln \frac{b\mu}{a}$.

Використання в практичній діяльності при експлуатації складських і торгових систем оптимальних значень інтервалів допуску користувачів дозволяє суттєво зменшити внутрішні витрати на їх обслуговування при одночасній максимізації прибутків від виконання запитів.

Третій підрозділ присвячено вирішенню такої важливої практичної задачі, як визначення оптимальної дисципліни обслуговування потоків запитів, що відрізняються своїми параметрами. Дисципліна обслуговування є однією з найважливіших характеристик системи, що суттєво впливає на ефективність її функціонування.

Запроваджено таку ситуаційну дисципліну обслуговування. Якщо запит, що належить вхідному потоку з номером i , $i = 1, N$, (i -запит) надходить до системи (на склад) і обслуговуючий прилад є вільним, то він негайно спрямовується на обслуговування. Якщо в момент надходження i -запиту прилад зайнятий обслуговуванням j -запиту, то із ймовірністю d_{ij} обслуговування j -запиту переривається і починається обслуговування i -запиту, а j -запит потрапляє до черги. Із ймовірністю $1 - d_{ij}$ обслуговування j -запиту не переривається, а i -запит потрапляє до черги. Якщо позначити як π_0 стаціонарну ймовірність того, що в системі відсутні будь-які запити, а як π_k - ймовірність того, що система зайнята обслуговуванням k -запиту, то для визначення π_0 та π_k можна записати систему лінійних алгебраїчних рівнянь, розглядаючи стаціонарний режим роботи складу,

$$\lambda_i(\pi_0 + \sum_{j=1}^N d_{ij}\pi_j) - (\mu + \sum_{j=1}^N \lambda_j d_{ij})\pi_i = 0; \quad i = 1, N;$$

$$\pi_0 + \sum_{i=1}^N \pi_i = 1. \quad (4)$$

Задача оптимізації дисципліни обслуговування зводиться до пошуку таких значень $\{d_{ij}\}$, які надавали б екстремуму деякому функціоналу.

В нашому випадку, якщо припустити, що штраф за відмову негайно прийняти на обслуговування i -запит дорівнює α_i , штраф за переривання обслуговування i -запиту - β_i , а прибуток від повного обслуговування i -запиту - γ_i , то функціонал, який підлягає максимізації, має вигляд:

$$Z = \sum_{i=1}^N \lambda_i \left[\gamma_i \frac{\mu \pi_i}{\lambda_i} - \alpha_i (1 - \pi_0 - \sum_{j=1}^N \pi_j d_{ij}) - \beta_i (\pi_0 + \sum_{j=1}^N \pi_j d_{ij} - \frac{\mu \pi_i}{\lambda_i}) \right]. \quad (5)$$

Після запровадження заміни змінних $\delta_{ij} = \pi_j d_{ij}$, $i, j = 1, N$, можна скласти стандартну задачу лінійного програмування - максимізації (5) відносно змінних $\pi_0 > 0$, $\pi_k > 0$, $\delta_{ij} \geq 0$ при обмеженнях (4). Рішенням цієї задачі буде деяка квадратна матриця $\Delta = \{\delta_{ij}\}$, розмірності $N \times N$. Стаціонарні ймовірності станів марковського ланцюга з одним ергодичним класом (величини π_i , $i = 1, N$) завжди більші від нуля. Звідси, якщо $\delta_{ij} = 0$, то відповідна оптимальна величина d_{ij} також дорівнює нулю. Якщо $\delta_{ij} > 0$, то відповідна величина $d_{ij} = 1$. Оптимальні значення d_{ij} використовуються i при переформуванні черги. Перерване обслуговування запиту, який потрапив до черги, продовжується відразу після звільнення приладу від обслуговування запитів більш високого пріоритету. В момент звільнення приладу із черги вибирається запит, який займає чільне місце.

У підрозділі 2.4. розглядається замкнена складська система, яка обслуговує запити скінченного числа - N оптових користувачів (дистриб'юторів). В такій системі кількість циркулюючих запитів обмежена, тому що джерело не може генерувати нові запити до моменту закінчення обслуговування його попереднього запиту.

У випадку зайнятості обслуговуючого приладу запити, які пройшли попередню обробку (перевірка платіжних документів, вірності оформлення накладних і т.ін.), потрапляють в загальну чергу, яка розрахована на чекання R запитів. В будь-який довільний момент часу обслуговуючий прилад може бути зайнятий обробкою лише одного запиту. В системі постійно існує необхідність виконання деяких внутрішніх робіт, пов'язаних із обслуговуванням власних магазинів, переміщенням товарів, складанням звітності, перевіркою наявності товару і т.ін. Вважається, що в черзі є хоча б один запит на виконання внутрішньої роботи.

Функціонування системи описується напівмарковським процесом, вибір управління в якому відбувається в моменти закінчення обслуговування чергового запиту. Переривання початого обслуговування неможливе. Система може знаходитися в такому скінченному фазовому просторі станів (ФПС):

$$\Omega = \{(n, k) : 0 \leq n \leq R, k = 0, 1\},$$

де n - число запитів, що чекають обслуговування в черзі; k - стратегія управління (0 - на обслуговування обрано внутрішній запит, 1 - обрано зовнішній запит).

Виписано ймовірності переходів в системі за умов вибору на обслуговування як внутрішніх, так і зовнішніх запитів. Для забезпечення оптимального за деяким економічним критерієм управління процесом

обробки запитів необхідно зв'язати його з характерними для системи прибутками і витратами. Запроваджено таку структуру прибутків для розглянутої системи: a_0, a_1 ($a_1 > a_0$) - прибутки від обслуговування одного внутрішнього або зовнішнього запиту, відповідно; b_0, b_1 - штрафи за переключення обслуговуючого приладу з обслуговування зовнішнього запиту на обслуговування внутрішнього запиту і навпаки.

Складено рівняння для визначення величин прибутків від перебування системи у всіх можливих станах, виписано явний вигляд ймовірностей переходів, одержано вирази для визначення прибутків складської системи в кожному стані. Після цього побудовано систему рівнянь рівноваги для визначення стаціонарних ймовірностей станів системи при різних ситуаційних пріоритетах. Побудовано лінійний відносно стаціонарних ймовірностей станів функціонал, який характеризує сумарний прибуток системи в одиницю часу. Визначення оптимальних ситуаційних пріоритетів, що визначають стратегію управління складською системою, зводиться до вирішення задачі лінійного програмування за методикою, що викладена в попередньому підрозділі. Оптимальну стратегію обробки запитів у розглянутій складській системі можна обчислювати і методом динамічного програмування.

Результати, які викладено в розділі 2, опубліковані в роботах [6, 7].

У третьому розділі дисертації, який складається з трьох підрозділів, розглянуто математичні моделі ситуаційного пріоритетного управління автоматизованими оптовими складськими комплексами.

Постановка задач ситуаційного управління автоматизованими складськими системами міститься у першому підрозділі. Розглядається складська система, до якої надходять два випадкових потоки запитів: 1) запити на одержання товару від постійних клієнтів (офіційних дистриб'юторів); 2) запити від разових користувачів. Загалом ці потоки відрізняються ступінню важливості і враховуються як потоки різнорідних явищ. Показано, що вхідний потік з достатньою точністю може бути наближеним до найпростішого, а час обслуговування запиту є випадковою величиною із функцією розподілу загального виду. Через те, що час обслуговування будь-якого запиту є одним із найважливіших показників системи, цим параметром необхідно керувати, досягаючи того, щоб час обслуговування був мінімальним при раціональних витратах. Ставиться мета вибрати критерій і розробити математичну модель оптимального управління обробкою запитів від різних груп користувачів.

Така модель досліджується у другому підрозділі. Адекватна реальному процесу функціонування складу система масового обслуговування визначена так. До системи надходять два пуасонівських потоки запитів з функціями розподілу $H_1(x)$ і $H_2(x)$ та інтенсивностями λ_1 і λ_2 . Система має один обслуговуючий прилад (ОП), кількість місць для чекання обмежена і дорівнює $N-1$, тобто в системі може знаходитись

одночасно до N запитів, включно з тим, який обслуговується. Запити, які потрапляють до системи в такі моменти, коли там є рівно N запитів, втрачаються, а допущені в систему обслуговуються за порядком надходження, незважаючи на тип запиту. Тривалості обслуговування кожного виду запитів - взаємно незалежні однаково розподілені випадкові величини X із функцією розподілу $G(x)$ і скінченим середнім $MX = \mu^{-1} =$

$$\int_0^{\infty} x dG(x).$$

Довжину черги в момент t , тобто загальну кількість запитів,

які знаходяться в системі, визначає деяка функція $\eta(x)$ із цілочисловими значеннями. Таким чином, роботу системи можна описати випадковим процесом із скінченим фазовим простором $\Omega = \{(n_1, n_2): n_1 + n_2 \leq N\}$, де n_1 - кількість запитів першого типу (з першого потоку); n_2 - кількість запитів другого типу; $|\Omega| = L = N^2$ - кількість можливих станів $\omega \in \Omega$.

В системі є можливість управління таким чином, щоб в момент надходження чергового запиту другого типу його можна було допустити в систему, або відкинути. Розглядаємо систему тільки в моменти надходження вимог другого типу за наявності місць в черзі, бо тільки саме в цих випадках ми можемо приймати і реалізовувати якісь рішення. Нехай $\eta_n = \eta(t_n - 0)$ означає довжину черги в момент, який безпосередньо передує надходженню запиту другого типу, що буде в черзі n -м за рахунком. Вважаємо, що δ_n - рішення, яке приймається в системі на n -му кроці: $\delta_n = 1$, якщо n -й запит другого типу допускається в систему, і $\delta_n = 0$, якщо n -й запит другого типу відкидається. Тобто $\Delta = \{0, 1\}$.

Для цієї системи побудовано вкладений напівмарковський процес, визначено множину перехідних ймовірностей: $P\{\eta_{n+1} = \omega_{n+1} / \eta_n, \delta_n\}$, $n = 0, 1, \dots$, що залежать від рішення $\delta_n \in \Delta$. Показано, що необхідно визначити однорідну марковську нерандомізовану ситуаційну стратегію управління, що залежить тільки від довжини черги в момент, який безпосередньо передує надходженню вимоги.

Запроваджено величину $v_{\omega}(t)$ - сумарні середні втрати за час t за умови, що процес починається в момент $t = 0$ із стану ω . У випадку ергодичного напівмарковського процесу можна говорити про середні втрати за одиницю часу стаціонарного режиму. Сумарні середні втрати за час t функціонування процесу з початковим розподілом $a = \{a_0, a_1, \dots, a_L\}$, $a_k = P\{\eta(0) = k\}$, дорівнюють $av(t)$, де $v(t) = \{v_0(t), v_1, \dots, v_L(t)\}$. Для $v_{\omega}(t)$ при великих t існує асимптотична формула $v_{\omega}(t) = qt + \alpha_{\omega}$, $t \rightarrow \infty$, $\omega \in \Omega$. Тоді стаціонарні середні втрати за одиницю часу

$$q = \lim_{t \rightarrow \infty} av(t) / t = \sum_{\omega \in \Omega} \pi_{\omega} \bar{r}_{\omega} r_{\omega} / \sum_{\omega \in \Omega} \pi_{\omega} r_{\omega},$$

де π_{ω} - фінальна ймовірність стану ω вкладеного ланцюга Маркова; $\bar{\tau}_{\omega}$ - безумовне середнє значення часу перебування процесу в стані ω ; r_{ω} - середні втрати за одиницю часу перебування процесу в стані ω .

В дисертації наведено схему пошуку оптимальних значень рішень δ за допомогою ітераційного методу Джевелла-Ховарда. Показано, що для практичного використання цього методу необхідно визначити перехідні ймовірності і середні втрати за один перехід із кожного стану. В роботі отримано явні вирази для обчислення цих величин, тобто всі необхідні дані для визначення оптимальної стратегії ситуаційного пріоритетного управління прийомом користувачів в автоматизованій системі управління оптовим складом.

Утретьому підрозділі також досліджується оптимізаційна задача щодо пошуку дисципліни обслуговування у дещо іншій математичній постановці. На висхідній тут системи надходить напівмарковський (НМП) потік N ($N < \infty$) типів запитів користувачів. На відміну від системи, що була предметом аналізу у попередньому підрозділі, дана система зовсім не має проміжного накопичувача. В моменти надходження чергових запитів системою можна керувати, тобто обирати рішення: приймати чи не приймати на обслуговування той чи інший запит. Розглядаючи стаціонарний режим еволюції нашого НМП, одержано вирази для середніх доходів системи за одиницю часу.

Ставиться задача визначення такої стратегії - послідовності рішень, яка б максимізувала середній прибуток за одиницю часу при довільному початковому розподілі відповідного випадкового процесу. Показано, що така стратегія існує, і вона міститься в класі однорідних марковських нерандомізованих стратегій. Задача оптимізації розглянутої системи зводиться до задачі лінійного програмування, розв'язки якої дозволяють побудувати ефективний алгоритм управління процесом обслуговування користувачів.

Результати, викладені в розділі 3, опубліковані в працях [8, 9].

Четвертий розділ дисертації, що складається з трьох підрозділів, присвячено аналізу і оптимізації процесів обслуговування користувачів на оптиках складах методами мультиресурсних систем.

Розділ починається оглядом аналітичних методів розрахунку і оптимізації мультиресурсних систем обслуговування. Мультиресурсною системою обслуговування (Multiresource Queues - MRQ) зветься багатоканальна система, в якій різнотипні запити вимагають одночасно випадкову, відмінну від одиниці кількість каналів, тобто в таких системах не виконується один із фундаментальних постулатів класичної теорії масового обслуговування: запит від будь-якого потоку використовує одночасно не більше одного каналу (ресурсу) системи. Дослідження моделей MRQ дуже актуальне, тому що, з одного боку, вони є узагальненням класичних моделей обслуговування, а, з іншого боку, такими моделями досить точно описується функціонування багатьох складних кібернетичних систем управління і зв'язку.

В дисертації зареферовано біля 50 закордонних і вітчизняних джерел, присвячених дослідженню різних аспектів аналізу і оптимізації MRQ. Проілюстровано пріоритет київської математичної школи при вирішенні низки важливих задач оптимізації MRQ за допомогою ситуаційних пріоритетів. Доведено, що оптимальні ситуаційні пріоритети визначають оптимальні нерандомізовані стратегії управління.

Окремим і зовсім малодослідженим класом MRQ є клас неповнодоступних MRQ. Саме розгляду математичних моделей мультиресурсних процесів обслуговування користувачів на оптових складах, в яких є суттєві риси неповнодоступності, присвячено другий підрозділ.

Розглянуто функціонування оптового складу, де зберігаються товари S видів. Весь склад розділено на спеціалізовані ділянки, ємністю m_i , $i=1, S$, за числом видів товарів. На склад у випадкові моменти часу надходять запити користувачів, які вимагають обслуговування одночасно деяким випадковим, в загальному випадку відмінним від одиниці, числом ділянок складу. Якщо вважати спеціалізовані ділянки складу обслуговуючими каналами, то користувачі, які надходять на склад, утворюють вхідний потік запитів, що вимагають для обслуговування випадкової кількості каналів, тобто за цією рисою система, що розглядається, є мультиресурсною. Крім того, у випадкові моменти часу на склад надходять багатотонажні транспортні засоби, які привозять товари зі складів більш високого рівня ієрархії або безпосередньо з місця, де вони виготовляються.

Запит від користувача за наявності необхідної кількості каналів починають негайно обслуговувати, якщо в цей момент на складі не відбувається прийом товарів. При цьому ті канали, які були зайняті обслуговуванням користувачів, в момент надходження товарів обслуговування не переривають, але після закінчення поточної роботи наступних запитів із черги не викликають. Таким чином, на складі можливі ситуації, коли за наявності черги користувачів канали простоюють, тобто система за цією властивістю є неповнодоступною.

Для даної системи побудовано фазовий простір станів, визначені інтенсивності переходів, складено систему рівнянь рівноваги для обчислення стаціонарних ймовірностей станів, визначено найважливіші операційні характеристики (ймовірність втрати вимоги, ймовірність перебування певного джерела в стані блокування і т.ін.).

Задача оптимізації функціонування цієї системи в умовах, коли вартість втрат запитів і штрафи за чекання різних запитів відрізняються, формулюється як задача визначення стратегії зайняття каналів запитами, що надходять. Ця задача вирішується шляхом запровадження керованих ситуаційних пріоритетів та подальшої їх оптимізації.

В третьому підрозділі наведено схему визначення ситуаційних пріоритетів в неповнодоступних мультиресурсних системах з блокуванням каналів. Побудовано функціонал, який оцінює сумарні втрати в системі, знайдено інтенсивності переходів між станами

вкладеного марковського ланцюга з урахуванням ситуаційних пріоритетів. З використанням того, що функціонал втрат є лінійним відносно стаціонарних ймовірностей станів системи, а рівняння рівноваги, які легко будуються за допомогою інтенсивностей переходів, можуть слугувати обмеженнями, випливає задача лінійного програмування, після вирішення якої одержані оптимальні значення ситуаційних пріоритетів дозволяють конструювати ефективні і зручні для реалізації алгоритми управління розглянутою неповнодоступною мультиресурсною системою.

Результати, викладені в розділі 4, опубліковані в працях [10 - 12].

Висновки

В дисертації здійснене рішення важливої народногосподарської задачі розробки математичних методів, моделей та алгоритмів оптимізації ситуаційних стратегій управління ієрархічними багатомономенклатурними системами запасів.

В дисертації отримано такі основні теоретичні і практичні результати:

1. Доведено доцільність та ефективність використання під час управління системами запасів методів ситуаційного пріоритетного обслуговування.

2. Розроблено методи обчислення і одержано точні значення таких найважливіших структурних параметрів та інтегральних характеристик ієрархічних систем управління запасами, як ємність складу нижнього рівня, необхідний об'єм страхового запасу ресурсів, ймовірність відмови в обслуговуванні, пропускна спроможність складу.

3. Вирішено комплекс задач оптимізації стратегії управління допуском користувачів до обслуговування, у тому числі визначення оптимальної величини часового проміжку вільного допуску запитів користувачів і пріоритетної дисципліни відбору запитів на обслуговування.

4. Показано, що оптимізація обслуговування в системах управління запасами в математичному плані є еквівалентною деякому процесу пошуку однорідної стаціонарної марковської нерандомізованої стратегії. Наведено схеми оптимізації для різних типів систем. Запропоновано використовувати при оптимізації систем управління запасами методи лінійного і динамічного програмування.

5. Для двофазної двоконтурної системи управління запасами розроблено метод автоматизованого імітаційного моделювання, що дозволяє обчислювати основні характеристики системи в тих випадках, коли це важко здійснити аналітичними методами.

6. Розроблено математичну модель багатопотокової мультиресурсної неповнодоступної системи обслуговування з блокуванням каналів, яку використано для аналізу процесів обслуговування користувачів на оптових складах.

7. Методи і моделі ситуаційного пріоритетного управління ієрархічними складськими системами доведено до програмної реалізації і використано при аналізі і оптимізації низки конкретних автоматизованих систем управління складами на підприємствах асоціації «Аладдин». Дослідження показали, що тільки використання оптимальних значень ситуаційних абсолютних пріоритетів при прийманні запитів до системи, а також при переформуванні черги запитів користувачів дозволяє суттєво - на 15 - 20 % - підвищити ефективність обслуговування.

Основні положення дисертації опубліковано в таких працях:

1. Константинов С.Н., Пономаренко Ю.Л. Выбор оптимальной емкости склада нижнего уровня в системе управления запасами предприятия // Проблемы системного подхода в экономике.- Киев: Киев.международ.ун-т гражданской авиации.- 1996.- С.37 - 41.

2. Константинов С.Н., Пономаренко Л.А. Метод определения оптимального объема страхового запаса в централизованной системе оперативного пополнения накопителей нижнего уровня // Автоматизация производственных процессов.- 1996.- N 2.- С. 17 - 20.

3. Константинов С.Н., Пономаренко Ю.Л. Исследование иерархических систем управления запасами методами автоматизированного имитационного моделирования // Автоматизация производственных процессов.- 1996.- N 2.- С.32 - 36.

4. Константинов С.Н., Пономаренко Ю.Л. Стохастическое моделирование в системе управления запасами предприятия // XVI звітна науково-технічна конференція КМУЦА за 1995 рік. Тези доповідей.- Київ: КМУЦА.- 1996.- С.126.

5. Константинов С.Н. Математическая модель автоматизированного складского комплекса одного класса // Проблемы информатизации и управления.- Киев: КМУГА, 1997.- С. 47 - 53.

6. Константинов С.Н., Шапировский В.Ю. Определение стратегий управления допуском потребителей к обслуживанию на мелкооптовых складах и торговых предприятиях.- Киев, 1997.- 13 с.(Препр./ НАН Украины. Ин-т кибернетики им.В.М.Глушкова; 97-1).

7. Константинов С.Н., Пономаренко Ю.Л. Управление сложными складскими системами при ограниченном числе оптовых потребителей.- Киев., 1996.- 13 с. (Препр./ НАН Украины. Ин-т кибернетики им.В.М.Глушкова; 96-18).

8. Константинов С.Н. Математическая модель ситуационного пріоритетного управления автоматизированной складской системой.- Киев, 1996.- 13 с. (Препр./ НАН Украины. Ин-т кибернетики им.В.М.Глушкова; 96-17).

9. Константинов С.Н., Пономаренко Ю.Л. Алгоритм оптимизации пріоритетного обслуживания в автоматизированных складских системах // Проблемы информатизации и управления.- Киев: КМУГА, 1997.- С.53 - 60.

10. Обзор аналитических методов расчета и оптимизации мультиресурсных систем обслуживания // Меликов А.З., Константинов С.Н./ Науч.производ.корпорация «Киев.ин-т автоматики». - Киев, 1996. - 44 с.- Рус.- Деп. В ГНТБ Украины 11.11.96.- N 2210-Ук96 // Аннот. в ж. Автоматизация производственных процессов.- 1996.- Т 2.- С.91.

11. Константинов С.Н. Математические модели процессов обслуживания потребителей на оптовых складах // Проблемы повышения эффективности инфраструктуры.- Киев: Киев.междунар.ун-т гражданской авиации.- 1996.-С. 123 - 128.

12. Константинов С.Н. Определение ситуационных приоритетов в неполнодоступных мультиресурсных системах обслуживания с блокировкой каналов // Проблемы повышения эффективности инфраструктуры.- Киев: Киев.междунар.ун-т гражданской авиации.- 1996.- С. 131-135.

Анотації

Константинов С.М. Оптимізація ситуаційних стратегій управління ієрархічними багатонаменкатурними системами запасів.- Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.04 - автоматизовані системи управління і системи обробки інформації.- Науково-виробнича корпорація «Київський інститут автоматики», Київ, 1997.

Дисертацію присвячено розробці математичних моделей і алгоритмів оптимізації стратегій управління і визначенню структурних параметрів та інтегральних характеристик в ієрархічних багатонаменкатурних системах запасів. В дисертації розроблено і досліджено математичні моделі обслуговування користувачів із ситуаційними пріоритетами для різних типів складських систем, методи ситуаційного пріоритетного обслуговування в мультиресурсних неповнодоступних системах з блокуванням каналів, одержано аналітичні вирази і конструктивні алгоритми розрахунку оптимальних значень ємності складу нижнього рівня та страхового запасу для ієрархічних систем управління запасами, параметри пропускної спроможності складу, знайдено оригінальний метод обчислення оптимальної величини часового інтервалу допуску запитів в систему. Основні результати праці знайшли впровадження при проектуванні і експлуатації автоматизованих систем управління складськими комплексами на кількох київських підприємствах.

Ключові слова: запаси, масове обслуговування, ситуаційний пріоритет, оптимізація, математична модель, ієрархічна система.

Константинов С.Н. Оптимизация ситуационных стратегий управления иерархическими многономенкатурными системами запасов. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.04 - автоматизированные системы управления и

системы обработки информации.- Научно-производственная корпорация «Киевский институт автоматики», Киев, 1997.

Диссертация посвящена разработке математических моделей и алгоритмов оптимизации стратегий управления и определению структурных параметров и интегральных характеристик в иерархических многономенклатурных системах запасов. В диссертации разработаны и исследованы математические модели обслуживания потребителей с ситуационными приоритетами для разных типов складских систем, методы ситуационного приоритетного обслуживания в мультиресурсных неполнодоступных системах с блокировкой каналов, получены аналитические выражения и конструктивные алгоритмы расчета оптимальных значений емкости склада нижнего уровня и страхового запаса для иерархических систем управления запасами, параметры пропускной способности склада, найден оригинальный метод расчета оптимальной величины временного интервала допуска запросов в систему. Основные результаты работы нашли внедрение при проектировании и эксплуатации автоматизированных систем управления складскими комплексами на ряде киевских предприятий.

Ключевые слова: запасы, массовое обслуживание, ситуационный приоритет, оптимизация, математическая модель, иерархическая система.

Konstantinov S.N. Optimization of state dependent managing strategies of hierarchical multinomenclature systems of stocks.- Manuscript.

Candidate Sciences dissertation on specialty 05.13.04 - automatically managing systems and information processing systems.- Scientific and productive corporation «Kyiv institute of automation», Kyiv, 1997.

This dissertation is devoted to mathematical methods and algorithms of managing systems optimization and to determination of structural parameters and integral characteristics in hierarchical multinomenclature systems of stocks. In this dissertation mathematical methods of consumer service with state dependent priorities for the different types of warehouse systems, methods of state dependent priority service in multiresource access sharing queues with server blocking mathematical models were devised. Analytic expressions and constructive computation algorithms of optimum value for the capacity of the low level storehouse and insurance stock for the hierarchical managing systems of stocks, parameters of storehouse capacity were given. Original method of computing of the optimum quantity of the temporal interval for the admittance of the inquiry into system was founded. The main results of this work are included into the projecting and exploiting of automatically managing systems of the warehouse complexes on in several enterprises.

Key words: stocks, theory of queues, state dependent priority, optimization, mathematical method, hierarchical system.

Підп. до друку 15.04.97. Формат 60x84/16 Папір офс. Офс. друк.
Ум. друк. арк. 0,93. Ум. фарбо-відб. 1,05. Обл.-вид. арк. 1,0.
Зам. 152. Тираж 100 прим.

Редакційно-видавничий відділ з поліграфічною дільницею
Інституту кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України
252022 Київ 22, проспект Академіка Глушкова, 40.

435895

AB 37.479