

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

КРЮКОВА ТЕТЯНА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 004.942: 339.144

**МОДЕЛІ, МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ
УПРАВЛІННЯ БАГАТОНОМЕНКЛАТУРНИМ ЗАПАСОМ
В УМОВАХ МАРКІВСЬКОГО ПОПИТУ**

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі автомобіле- і тракторобудування Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Самородов Вадим Борисович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
завідувач кафедри автомобіле- і тракторобудування

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Жолткевич Григорій Миколайович,
Харківський національний університет
імені В.Н. Каразіна,
завідувач кафедри теоретичної та прикладної інформатики

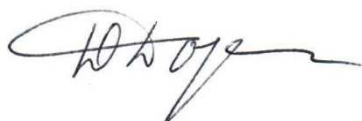
доктор технічних наук, професор
Федорович Олег Євгенович,
Національний аерокосмічний університет
імені М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний
інститут»,
завідувач кафедри інформаційних управляючих систем

Захист відбудеться «23» березня 2017 року о 15⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою:
61001, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою:
61001, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.

Автореферат розісланий «___» лютого 2017 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Дорофєєв Ю. І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Однією з наявних потреб для сучасних організацій є побудова системи управління запасами, яка дозволяє ефективно управляти потоком товарно-матеріальних цінностей, що проходить через склад компанії. Розробка моделей і методів управління запасами пов'язана з необхідністю мінімізувати відповідні витрати, уникнути дефіциту і збільшити прибуток від реалізації запасу, оскільки матеріальні запаси зв'язують до 80 % оборотних коштів компанії, а складські витрати на управління запасами досягають 40 % від усіх витрат. Рішенням цієї проблеми займалися Бауерсокс Д. Дж., Клосс Д. Дж., Рижиков Ю. І., Сергєєв В. І., Стерлігова А. М., Лукінський В. С. та інші. Торговельні організації, які мають великий асортимент товарів та обробляють багатомономенклатурні замовлення, особливо потребують розробки відповідних методів та інформаційних технологій управління запасами. Особливий інтерес викликають підприємства автомобільного транспорту, що реалізують запасні частини до автомобілів і тракторів, діяльність яких характеризується наступними особливостями, які додатково ускладнюють процес управління запасами:

1) нерівномірність попиту на запасні частини внаслідок великої кількості зовнішніх і внутрішніх чинників, що впливають на справність автомобіля або трактора (умови експлуатації, досвід водія-оператора, конструктивні особливості вузлів і агрегатів, сезонність виконання капітальних ремонтів);

2) різноманітність потреб в запасних частинах, які часто виходять за рамки наявної на складі номенклатури запчастин, що обумовлено випадковим характером вхідного потоку вимог по номенклатурі ремонтних і діагностичних робіт, різнотипністю автомобілів (тракторів) і послідовністю їх надходження до ремонту, що пов'язано з різним часом напрацювання на відмову для агрегатів.

В умовах мінливості зовнішнього середовища для підприємств автомобільного транспорту, доцільним є реалізація нових методів і моделей у вигляді сучасних інформаційних технологій, що мають практичну корисність. Таким чином, розробка і обґрунтування методів управління запасами, які базуються на ефективних інструментах оцінки попиту і моделях визначення розміру запасів, що реалізовані за допомогою сучасних інформаційних технологій, є актуальним завданням, що має практичну корисність і визначає напрямок досліджень дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі автомобіле- і тракторобудування Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» відповідно до плану науково-дослідних робіт у рамках госпдоговірної тематики № 26423 «Технічний аудит і модернізація систем та вузлів тракторів виробництва АТ «ХТЗ»(м. Харків)», де здобувач брала участь як виконавець окремих розділів.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності управління багатомономенклатурним запасом на підприємствах автомобільного транспорту за рахунок розробки інформаційної технології управління запасами на основі моде-

лей прогнозування потреби у запасних частинах та методів визначення розміру багатомножинної поставки в умовах марківського попиту.

Виходячи з мети, виділені основні задачі:

- виконати аналіз існуючих моделей і методів управління запасами в умовах невизначеності;
- розробити метод визначення величини багатомножинного запасу, що дозволяє сформулювати його оптимальний розмір з точки зору отримання прибутку, а також деталізувати технологію обліку витрат на зберігання запасів;
- удосконалити модель прогнозування потреби у запасних частинах шляхом розробки методів адекватного опису попиту на товар, заснованих на марківському представленні попиту;
- розробити інформаційну технологію управління багатомножинним запасом на підприємствах автомобільного транспорту;
- впровадити результати дисертації в практику управління запасами на підприємствах автомобільного транспорту.

Об'єктом дослідження є процеси управління багатомножинним запасом на підприємствах автомобільного транспорту.

Предмет дослідження – моделі, методи та інформаційні технології визначення розміру багатомножинного запасу в умовах невизначеності попиту.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційної роботи використано наступні математичні методи досліджень: метод штрафних функцій, метод невизначених множників Лагранжа, метод правдоподібності, поліноміальна апроксимація, метод найменших квадратів використані при вирішенні задачі визначення розміру багатомножинного запасу; марківську апроксимацію застосовано при удосконаленні моделі прогнозування попиту на запасні частини до автотракторної техніки; методи UML-моделювання використані для графічного опису концептуальної схеми предметної області інформаційної технології управління багатомножинним запасом.

Наукова новизна одержаних результатів:

- *вперше* розроблено метод визначення розміру багатомножинного запасу, який деталізує технологію обліку витрат на зберігання товарів та дозволяє підвищити розмір прибутку від реалізації запасу;
- *вдосконалено* чисельні методи вирішення задачі вибору розміру багатомножинного запасу, які дозволяють за рахунок поліноміальної апроксимації доданків функції сумарного прибутку з використанням параметризації по чинниках, що впливають на величину прибутку, істотно скоротити трудомісткість операцій по визначенню розміру багатомножинної поставки і підвищити швидкість обробки даних про попит на товар;
- *отримали подальший розвиток* моделі прогнозування попиту шляхом представлення його у вигляді марківського процесу, який має нестационарність по кореляційній функції, що дозволяє знайти тенденцію поведінки попиту на наступні періоди та істотно спростити технологію опису процесу;

– отримала подальший розвиток інформаційна технологія управління багатомономенклатурним запасом на підприємствах автомобільного транспорту при заданих обмеженнях і різних способах представлення процесу попиту на товар.

Практичне значення одержаних результатів полягає у впровадженні розроблених теоретичних методів вирішення задачі управління запасами в практику роботи підприємств автомобільного транспорту. Основою розробленої інформаційної технології управління запасами є метод визначення розміру багатомономенклатурного запасу, який використовує адекватні методи обробки даних про попит на товар, враховує комплексні обмеження в задачі управління запасами та деталізує технологію обліку складських витрат, що дозволяє підвищити прибуток підприємства від реалізації запасу.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в процес управління запасами на ТОВ «Украгроснаб» (м. Харків) і ВАТ «Торговий дім ХТЗ» (м. Харків), акти впровадження від 20.04.2010 і 04.10.2010, а також використані в учбовому процесі кафедри автомобіле- і тракторобудування НТУ «ХП» при підготовці лекційних курсів для студентів за спеціалізацією 274-01 – автомобілі та автомобільне господарство.

Особистий внесок здобувача. Усі положення і результати, які виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані особисто здобувачем. Серед них: метод визначення величини багатомономенклатурного запасу, модель прогнозування потреби у запасних частинах для марківського корельованого попиту, структура інформаційної технології управління запасами на підприємствах автомобільного транспорту; впровадження результатів і розробок в інформаційне і програмне забезпечення на підприємствах і в учбовий процес.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи докладалися та обговорювалися на: Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні тенденції розвитку машинобудування і транспорту» (м. Кременчук, 2008 р.); Міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (м. Харків, 2010 р., 2012 р., 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Інновації і дослідження в транспортному комплексі» (м. Курган, 2013 р.).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 7 наукових праць, у тому числі 5 статей в наукових фахових виданнях України з технічних наук, 1 – у зарубіжному періодичному фаховому виданні, 1 – в матеріалах науково-технічних конференцій.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний об'єм дисертаційної роботи складає 168 сторінок, з них 12 рисунків по тексту, 1 таблиця по тексту, 3 таблиці на 4 сторінках, 148 найменувань використаних джерел на 11 сторінках, 2 додатка на 10 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульовані мета і задачі дослідження, визначені об'єкт, предмет і методи дослідження, викладені наукова новизна і практична цінність отриманих результатів, представлені дані про апробацію і публікації результатів дослідження.

Перший розділ дисертації містить проблемний аналіз особливостей функціонування організацій, що реалізують запасні частини до автотракторної техніки. Наведено огляд науково-технічних джерел, в яких розглянуті основні підходи до вирішення задачі управління запасами, їх класифікація та моделі управління запасами. Відмічено, що в більшості моделей застосовуються допущення про те, що попит є детермінованою стаціонарною величиною або випадковою величиною, яка описується відомим розподілом, що не відображає реального положення на практиці. Показано, що з урахуванням невизначеності зовнішнього середовища організацій, що реалізують запасні частини до автотракторної техніки, важливе значення має вибір ефективного методу управління запасами, який дозволить збільшити прибуток за рахунок підвищення точності прогнозування потреби у запасних частинах та деталізації складських витрат. Виявлено, що одним з найбільш значущих чинників, які впливають на правильність визначення розміру запасу, є адекватна оцінка потреби в товарі, тобто якісна обробка процесу попиту. Виконано аналіз існуючих методик опису випадкових процесів та порівняльний огляд інформаційних технологій, призначених для управління запасами на підприємствах.

В другому розділі представлена технологія отримання плану багатомономенклатурної поставки запасних частин до автотракторної техніки, де використано критерій максимізації середнього чистого прибутку, який враховує обмеження на характеристики складських приміщень і розподіл товарів між складами, вартість зберігання на яких відрізняється для одного і того ж виду товарів. Показано, що номенклатурні групи матеріального потоку доцільно розділити на три групи: загальна група товарів, що не вимагає спеціальних умов зберігання, паливно-мастильні матеріали, що потребують зберігання в окремих приміщеннях з підвищеними вимогами безпеки, і автомобільні шини, які по інструкції повинні знаходитися в приміщеннях із спеціальним температурним режимом. Враховано, що товари загальної групи розподілені між основним складом підприємства і його торговельним залом в певному співвідношенні, причому вартість зберігання одного і того ж товару відрізняється. У представленій математичній моделі критерій середнього чистого прибутку визначено як різницю між середнім очікуваним доходом від реалізації запасу і витратами на зберігання. Середній очікуваний дохід для однономенклатурної поставки при використанні моделі поповнення запасу з постійною періодичністю замовлення, яка дорівнює одному тижню, визначається за формулою

$$F(x) = (\beta - c) \left[\int_0^x \theta f(\theta) d\theta + x \int_x^\infty f(\theta) d\theta \right], \quad (1)$$

де β – ціна продажу одиниці товару, c – ціна закупівлі одиниці товару, $\theta > 0$ – тижневий попит на товар, $f(\theta)$ – щільність розподілу попиту, $x > 0$ – загальний рівень запасу.

У цьому випадку середні очікувані витрати, що відповідають рівню запасу x , визначаються співвідношенням

$$R(x) = \int_0^x [\alpha_1(\gamma x - \theta) + \alpha_2(1 - \gamma)x] f(\theta) d\theta + \alpha_2 \int_{\gamma x}^x (x - \theta) f(\theta) d\theta + (\beta - c) \int_x^\infty (\theta - x) f(\theta) d\theta, \quad (2)$$

де γ – доля товару, який розміщується в торговельному залі, α_1 – витрати на зберігання одиниці товару в торговельному залі, α_2 – витрати на зберігання одиниці товару на складі.

У виразі (2) перший доданок визначає середні витрати на зберігання товару в торговельному залі, другий – середні витрати на зберігання товару на складі, а останній – середній недоотриманий прибуток від дефіциту товару, якому надано сенс середнього штрафу за дефіцит. Звідси виникає задача максимізації середнього чистого прибутку підприємства від реалізації запасу

$$L(x) = F(x) - R(x) = (\beta - c) \int_0^x \theta f(\theta) d\theta + (\beta - c)x \int_x^\infty f(\theta) d\theta - \alpha_1 \gamma x \int_0^{\gamma x} f(\theta) d\theta + \alpha_1 \int_0^{\gamma x} \theta f(\theta) d\theta - \alpha_2(1 - \gamma)x \int_0^{\gamma x} f(\theta) d\theta - \alpha_2 x \int_0^x f(\theta) d\theta + \alpha_2 x \int_0^{\gamma x} f(\theta) d\theta + \alpha_2 \int_0^x \theta f(\theta) d\theta - \alpha_2 \int_0^{\gamma x} \theta f(\theta) d\theta - (\beta - c) \int_x^\infty \theta f(\theta) d\theta + (\beta - c)x \int_x^\infty f(\theta) d\theta \rightarrow \max. \quad (3)$$

Критерій (3) відрізняється від традиційного тим, що враховує розподіл товарів основної групи між складами компанії та максимізує середній прибуток, деталізуючи витрати на зберігання товарів. При цьому значення x , яке максимізує (3), не дорівнює значенню x , яке мінімізує (2).

Для вирішення основної задачі формування багатомноменклатурного запасу використано n -мірний аналог (3)

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n \left[(2(\beta_j - c_j) + \alpha_{2j}) \int_0^{x_j} \theta f_j(\theta) d\theta + 2(\beta_j - c_j)x_j \int_0^\infty f_j(\theta) d\theta - [2(\beta_j - c_j) + \alpha_{2j}] x_j \int_0^{x_j} f_j(\theta) d\theta - (\beta_j - c_j) \int_0^\infty \theta f_j(\theta) d\theta + (\alpha_{2j} - \alpha_{1j}) \gamma_j x_j \int_0^{\gamma_j x_j} f_j(\theta) d\theta - (\alpha_{2j} - \alpha_{1j}) \int_0^{\gamma_j x_j} f_j(\theta) d\theta \right] \rightarrow \max. \quad (4)$$

Уведено обмеження на сумарну вартість замовлення, об'єми складських приміщень і місць зберігання в торговельному залі:

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j \leq d_0, \quad x_j \geq 0, \quad \sum_{j=1}^n v_j \gamma_j x_j \leq v_0, \quad \sum_{j=1}^n v_j (1 - \gamma_j) x_j \leq v_c, \quad (5)$$

де v_j – об'єм, який займає одиниця товару j -го виду, v_0 – об'єм місць зберігання у торговельному залі, v_c – об'єм місць зберігання на складі, d_0 – обмеження на сумарну вартість замовлення.

Оптимізаційна задача $L(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \max$ при обмеженнях (5) ускладнюється внаслідок того, що щільність розподілу випадкового попиту на різні групи товарів відрізняється. Так, наприклад, є товари постійного попиту (масла, гальмівні колодки, прокладки, фільтри та інше), а є такі, де яскраво виражена сезонність попиту (запчастини для ремонту двигуна, антифризи, шини і так далі). Також додаткові труднощі при вирішенні цієї задачі математичного програмування виникають у зв'язку з тим, що для зберігання різних товарів потрібні приміщення, вимоги до яких відрізняються. Наприклад, для зберігання автомобільних шин потрібні приміщення зі зниженим температурним режимом і засобами кріплення товару, а для зберігання паливно-мастильних матеріалів – окремі приміщення, що відповідають особливим вимогам техніки безпеки.

Для вирішення поставленої задачі використано метод штрафних функцій

$$\begin{aligned} \Phi(x_1, x_2, \dots, x_n) = & L(x_1, x_2, \dots, x_n) - C_0^{(1)} \left[\min(0, d_0 - \sum_{j=1}^n c_j x_j) \right]^2 - \\ & - \sum_{k=1}^q C_k^{(1)} \left[\min(0, v_{0k} - \sum_{j=1}^n v_j x_j) \right]^2 - C_{q+1}^{(1)} [\min(x_1, x_2, \dots, x_n)]^2. \end{aligned} \quad (6)$$

Значення $\{C_0^{(1)}, C_1^{(1)}, \dots, C_q^{(1)}, C_{q+1}^{(1)}\}$ визначають штрафи за порушення обмежень (5) на відповідній ітерації. Процедура чисельного вирішення задачі є ітераційною. Явне аналітичне вираження для співвідношення (6) отримано шляхом визначення конкретного виду щільності $f_j(\theta)$ для кожної номенклатури товару. Аналітичні вирази для самої щільності розподілу отримані в ході обробки статистичної інформації про попит на запасні частини за досліджуваний період.

З використанням уведеної щільності розподілу отримано аналітичний вираз для розрахунку середнього прибутку, що використовує відоме трьохпараметричне сімейство щільностей розподілу попиту

$$\begin{aligned} L(x) = & (\beta - c + \alpha_2 - \alpha_1) \tilde{A} \int_0^x \theta \exp \left\{ -\frac{(\theta - \theta_1)^2}{2\theta_2^2} (1 + \theta_3 \operatorname{sign}(\theta - \theta_1)) \right\} d\theta - (\beta - c) \tilde{A} \cdot \\ & \cdot \int_x^\infty \theta \exp \left\{ -\frac{(\theta - \theta_1)^2}{2\theta_2^2} (1 + \theta_3 \operatorname{sign}(\theta - \theta_1)) \right\} d\theta - (2\beta - 2c + \alpha_2 - \alpha_1) x \tilde{A}. \end{aligned} \quad (7)$$

$$\cdot \int_0^x \exp \left\{ -\frac{(\theta - \theta_1)^2}{2\theta_2^2} (1 + \theta_3 \text{sign}(\theta - \theta_1)) \right\} d\theta + (2\beta - 2c - \alpha_1)x,$$

де \tilde{A} – коефіцієнт, що нормує, θ_1 – математичне очікування величини попиту, θ_2 – дисперсія випадкової величини попиту, θ_3 – параметр, що характеризує асиметрію розподілу.

У роботі запропоновано спрощення аналітичного виразу функції, що оптимізується, за допомогою поліноміальної апроксимації доданків функції сумарного прибутку для кожного з товарів з використанням параметризації по чинниках, що впливають на прибуток, отриманий від реалізації запасу. Отримані вирази дозволяють обчислити середнє значення виграшу, яке відповідає замовленню x , для будь-яких значень параметрів $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ щільності розподілу випадкового попиту та значень $\beta, c, \alpha_1, \alpha_2$, які задаються для кожного із товарів. Для кожного з видів товарів значення середнього прибутку залежить не окремо від величин β і c , а тільки від їх різності $\delta = \beta - c$, яка визначає прибуток від реалізації одиниці товару. Для деякого набору $(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \delta, \gamma, \alpha_1, \alpha_2)$ розраховано пари $(x_1, L_1; x_2, L_2; \dots; x_m, L_m)$ величин запасу x та відповідних значень середнього прибутку від реалізації товару. В якості базової моделі, яка описує поведінку $L(x)$, обрано поліном третього ступеня

$$L(x, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \gamma, \delta, \alpha_1, \alpha_2) = a_0(x, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \gamma, \delta, \alpha_1, \alpha_2) + a_1(x, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \gamma, \delta, \alpha_1, \alpha_2)x + a_2(x, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \gamma, \delta, \alpha_1, \alpha_2)x^2 + a_3(x, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \gamma, \delta, \alpha_1, \alpha_2)x^3. \quad (8)$$

Рішення багатомноменклатурної задачі при урахуванні обмежень (5) отримано в аналітичному виді

$$x_{j}^* = \frac{c_j \frac{d_{10}d_{22} - d_{20}d_{12}}{d_{11}d_{22} - (d_{12})^2} + v_j \frac{d_{11}d_{20} - d_{12}d_{10}}{d_{11}d_{22} - (d_{12})^2} - a_{1j}}{2a_{2j}}, \quad (9)$$

$$\text{де } d_{11} = \sum_{j=1}^n \frac{c_j^2}{2a_{2j}}, \quad d_{12} = \sum_{j=1}^n \frac{c_j v_j}{2a_{2j}}, \quad d_{10} = d_0 + \sum_{j=1}^n \frac{a_{1j} c_j}{2a_{2j}}, \quad d_{21} = d_{12}, \quad d_{22} = \sum_{j=1}^n \frac{v_j^2}{2a_{2j}}, \quad d_{20} = v_0 + \sum_{j=1}^n \frac{a_{1j} v_j}{2a_{2j}}.$$

У зв'язку з особливостями і специфічними вимогами до умов зберігання деяких товарів виникають обмеження на сумарний об'єм товарів відповідних видів (шини, паливно-мастильні матеріали). Загальна постановка задачі представлена у виді

$$L(x) = \sum_{j=1}^n L_j(x_j) \quad (10)$$

при врахуванні обмежень:

$$\sum_{j=1}^n C_{ij} x_j \leq b_i, \quad i=1,2,\dots,m, \quad x_j \geq 0, \quad j=1,2,\dots,n, \quad (11)$$

де C_{ij} – значення ресурсу i -го виду, що витрачається при зберіганні одиниці товару j -го типу, b_i – розмір доступного i -го ресурсу. Причому

$$CX \leq \hat{B}, C = (C_{ij}), \hat{B}^T = (b_1, b_2, \dots, b_m), X \geq 0. \quad (12)$$

Множина номерів обмежень $N=(1,2,\dots,m)$ розбита на дві підмножини, які не перетинаються, наступним чином:

$$N_0^{(1)} = \left\{ i: \sum_{j=1}^n C_{ij} x_j^{(1)} \leq b_i \right\}, N_1^{(1)} = \left\{ i: \sum_{j=1}^n C_{ij} x_j^{(1)} > b_i \right\}, N_0^{(1)} \cap N_1^{(1)} = \emptyset, N_0^{(1)} \cup N_1^{(1)} = N, \quad (13)$$

після чого з використанням методу послідовного покрокового розподілення вирішена задача знаходження набору $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, який максимізує цільову функцію середнього прибутку

$$L(x) = \sum_{j=1}^n L_j(x_j) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=0}^2 a_{ij} x_j^{(i)} \quad (14)$$

та відповідає обмеженням на складські ресурси (12).

Також важливим є врахування експертних оцінок при замовленні партій товару, оскільки співробітники підприємства можуть коригувати величину партії того або іншого товару залежно від його характеристик (прибутковість, попереднє замовлення, підвищений сезонний попит). На практиці співробітник, який приймає рішення щодо розміру багатоменклатурного замовлення, має в розпорядженні ще і план, сформований групою експертів, який враховує велике число факторів (практичний досвід, особливості реалізації товарів, поява нових дилерів і тому подібне), що важко формалізуються. Використання такого плану особливо доцільне в посткризовий період, коли уся накопичена раніше інформація є неактуальною.

У роботі проведений аналіз точності запропонованих методів рішення задачі управління багатоменклатурним запасом та вироблені рекомендації по використанню методів.

В третьому розділі для опису нестационарного випадкового процесу попиту, який має нестационарність по кореляційній функції, використана марківська модель з дискретною множиною станів та безперервним часом. Ця нестационарність наочно проявляється в істотних відмінностях величини попиту на запасні частини по місяцям року. До теперішнього часу дослідження по нестационарності попиту по його кореляційній функції є такими, що вимагають подальшого розвитку. Запропоновано розбити процес попиту на окремі компоненти, які відповідають попиту на запасні частини до автотракторної техніки, при цьому природна дискретизація процесу за часом доповнена дискретизацією в просторі.

Діапазон можливих значень попиту на конкретний товар $[\theta_{min}, \theta_{max}]$ розбито на піддіапазони і кожному з них присвоєний відповідний ранг: ранг 1 – надзвичайно низький попит $\theta \in [\theta_{min}, \theta_1]$, ранг 2 – низький попит $\theta \in [\theta_1, \theta_2]$, ранг 3 – середній попит $\theta \in [\theta_2, \theta_3]$, ранг 4 – високий попит $\theta \in [\theta_3, \theta_4]$, ранг 5 – надзвичайно високий (ажіотажний) попит $\theta \in [\theta_4, \theta_{max}]$.

Кожному рангу відповідає стан процесу попиту, внаслідок чого він представлений як процес випадкового блукання марківського ланцюга (МЛ) на дискретній множині можливих станів. Тоді для МЛ існує стаціонарний розподіл

станів, який можливо розрахувати. Проте, реальний процес попиту схильний до коливань (зокрема, сезонних), які призводять до неоднорідності відповідного марківського процесу. Видимі прояви цього полягають в збільшенні ймовірності попадання в крайні з можливих станів процесу (надзвичайно низький або надзвичайно високий попит), що викликає необхідність зміни політики замовлень на товар. При цьому важливим є завдання відшукування тривалості перебування процесу на множині можливих станів до попадання в задані стани.

В роботі запропонована наступна схема аналізу процесу попиту: для процесу попиту множиною станів $\{1, 2, \dots, r\}$ здійснена статистична оцінка набору ймовірностей $\{\tilde{\omega}_{l_1, l_2, t, t+1}\}$ переходів із стану l_1 в момент часу t в стан l_2 в момент часу $t + 1$. Вважається, що МЛ є однорідним, тобто $\tilde{\omega}_{l_1, l_2, t, t+1} \equiv \tilde{\omega}_{l_1, l_2}$.

Стохастична матриця марківського ланцюга разом з початковим розподілом ймовірності перебування процесу в можливих станах містить усю інформацію про поведінку процесу, що описується ланцюгом. Введено множину можливих станів таким чином: E_k – k -ий стан попиту, $k = 1, 2, \dots, r$. Оскільки після попадання у стан r процес вже не повертається ні в один зі станів множини $\{1, 2, \dots, r - 1\}$, то стан r вважається поглинаючим. Відповідна стохастична матриця переходів має вигляд

$$\underline{W} = \begin{bmatrix} \omega_{1,1} & \omega_{1,2} & \dots & \omega_{1,r-1} & \omega_{1,r} \\ \omega_{2,1} & \omega_{2,2} & \dots & \omega_{2,r-1} & \omega_{2,r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \omega_{r-1,1} & \omega_{r-1,2} & \dots & \omega_{r-1,r-1} & \omega_{1,r} \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (15)$$

Для отримання закону розподілення часу перебування процесу на множині неперворотних станів до попадання в поглинаючий стан використана безперервна апроксимація дискретного процесу попиту. Сформована відповідна інфінітезімальна матриця інтенсивностей переходів процесу на множині можливих станів та уведено вектор $\pi(t) = [\pi_1(t), \pi_2(t), \dots, \pi_r(t)]^T$, який характеризує розподіл ймовірностей перебування процесу у можливих станах у момент часу t . Після проведених перетворень закон розподілу $F(t)$ тривалості перебування процесу до попадання в поглинаючий стан має вигляд

$$F(t) = \pi_r(t) = \sum_{l=1}^{r-1} \omega_{lr} B(l) \left(1 - e^{-t} \sum_{m=0}^q \frac{t^m}{m!} \right) = 1 - \sum_{l=1}^{r-1} \omega_{lr} B(l) \sum_{m=0}^q \frac{t^m}{m!} e^{-t}, \quad (16)$$

де $B(l)$ – ймовірність переходу процесу із начального стану в стан l .

Відповідна щільність визначається співвідношенням

$$f(t) = \sum_{l=1}^{r-1} \omega_{lr} B(l) \sum_{m=0}^q \left[\frac{t^m}{m!} - \frac{t^{m-1}}{(m-1)!} \right] e^{-t}. \quad (17)$$

Як видно з (17), для опису еволюції попиту достатньо знати матрицю ймовірностей переходів, елементи якої можна оцінити за статистичними даними, причому статистична інформація про еволюцію попиту може бути двох видів: мікродані і макродані. У роботі наведено алгоритм отримання максимально правдоподібних оцінок перехідної ймовірності, які забезпечують автоматичне виконання умов позитивності та нормування і мають властивості ефективності, спроможності, асимптотичної нормальності і незміщеності. Функція правдоподібності для оцінки перехідної ймовірності у разі мікроданих про стан попиту має вигляд

$$\tilde{L} = \left[\prod_t \prod_i \frac{n_i(t-1)!}{\prod_i n_{ij}(t)!} \right] \left[\prod_i \prod_j \omega_{ij}^{n_{ij}} \right]. \quad (18)$$

де $n_i(t)$ – кількість ситуацій, для яких значення попиту $x(t) = s_i, i = 1, 2, \dots, r, n_{ij}(t)$ – кількість ситуацій, для яких значення $x_{t-1} = s_i, x_t = s_j, i = 1, 2, \dots, r, t = 1, 2, \dots, T, s_i, s_j$ – розмір попиту.

Для фіксованих спостережень $n_{ij}(t), i, j = 1, 2, \dots, r$ за станами попиту шляхом максимізації функції правдоподібності по ω_{ij} при врахуванні обмежень:

$$\sum_j \omega_{ij} = 1, (i, j) \in E \times E, E = \{1, 2, \dots, r\}, 0 \leq \omega_{ij} \leq 1$$

отримані максимально правдоподібні оцінки перехідної ймовірності

$$\tilde{\omega}_{ij} = \frac{\sum_t n_{ij}(t)}{\sum_t n_i(t-1)}. \quad (19)$$

Агрегована інформація (макродані) про попит представлена у вигляді частот станів для кожного моменту часу $t = 1, 2, \dots, T$

$$P_j(t) = \sum_i P_i(t-1) \omega_{ij}, \quad (20)$$

де $P_j(t), P_i(t-1)$ – ймовірності того, що значення контрольованого параметру відповідають станам s_j, s_i в моменти часу t і $(t-1)$ відповідно.

Функція правдоподібності, за допомогою якої реалізується незалежне обчислення оцінок ймовірності $P_j(t)$ для кожного $j \in E$, має вигляд

$$\hat{L}[n, n_j(t)] = \prod_t P_j(t)^{n_j(t)} (1 - P_j(t))^{n - n_j(t)}. \quad (21)$$

Після проведених перетворень очевидно, що частоти станів реалізації випадкових траєкторій контрольованого попиту, які наблюдаються, в будь-який момент часу є оцінками максимальної правдоподібності відповідних ймовірностей. Отримані оцінки мають властивості незміщеності та ефективності

$$\hat{P}_j(t) = \frac{n_j(t)}{n} = f_j(t), \quad (22)$$

де $n_j(t)$ – кількість ситуацій, для яких значення контрольованого попиту в момент часу t відповідає стану s_j , $j=1,2,\dots,r$; n – об'єм виборки, $f_j(t)$ – спостережувана частота перебування контрольованого процесу попиту в стані s_j в момент часу t .

Незалежно від способу обробки агрегованих даних про поведінку попиту результатом цієї обробки є відповідна стохастична матриця ймовірностей переходів (15) марківського ланцюга.

Таким чином, застосування марківської моделі еволюції контрольованих параметрів попиту незалежно від типу статистичної інформації, дозволяє здійснити прогнозування попиту на наступний період та підвищити точність визначення потреби у запасі, що дозволить більш ефективно управляти багатоменклатурним запасом на підприємствах автомобільного транспорту.

Четвертий розділ дисертаційної роботи присвячений експериментальним

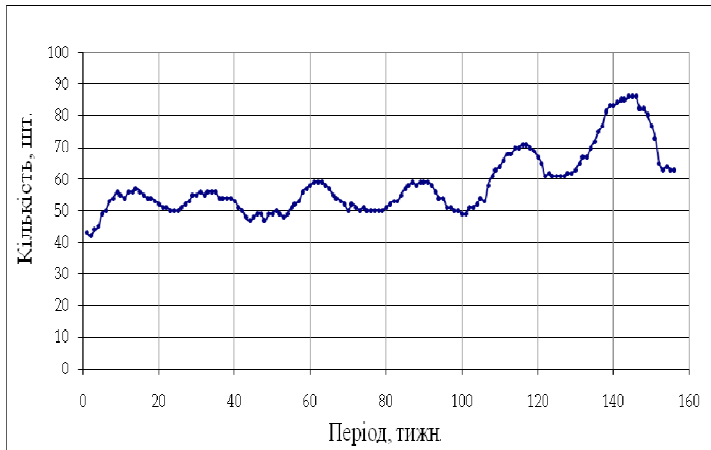


Рисунок 1 – Попит на кільце поршневе двигуна Д-144

дослідженням отриманих в роботі моделей і методів вирішення задачі управління запасами. За результатами безпосередніх спостережень за попитом на запасні частини до автотракторної техніки, які надходили у продаж на підприємстві автомобільного транспорту «Укragроснаб» (м. Харків), отримані статистичні дані, приклад яких зображено на рис. 1. Після статистичної обробки на етапі виділення детермінованої неперіодичної складової з часового ряду враховано, що цей ряд представляє сукупність вимірів $Y_n = (y_1, y_2, \dots, y_n)$, які проведені у момент часу t_1, t_2, \dots, t_n , так що $t_j = t_0 + jh$, $j = 1, 2, \dots, n$. Обрано сукупність поліномів, ортогональних на цій системі рівновіддалених точок (в якості яких використано поліноми Чебишова)

$$P_i(j) = P_i\left(\frac{t_j - t_0}{h}\right) = \sum_{s=0}^i (-1)^s C_i^s C_{i+s}^s \frac{j^{(s)}}{n^{(s)}}, \quad (23)$$

де $i = 0, 1, 2, \dots, k$, $j^{(s)} = (j-1)(j-2)\dots(j-s+1)$, $n^{(s)} = (n-1)(n-2)\dots(n-s+1)$.

Апроксимуючий многочлен, оптимальний з точки зору методу найменших квадратів, має вигляд

$$Q_k(j) = \sum_{i=0}^k \frac{\sum_{j=1}^n y_i P_i(j)}{\sum_{j=1}^n P_i^2(j)} P_i(j). \quad (24)$$

Описаний вище метод апроксимації функції сукупністю поліномів, ортогональних на системі рівновіддалених точок, дозволяє отримати чисельні значення коефіцієнтів апроксимації, не вирішуючи систем нормальних рівнянь Гауса. Далі з використанням отриманих в роботі співвідношень здійснено виділення детермінованої неперіодичної складової. Зокрема, для часового ряду на рис.1 детермінована трендова складова описана сукупністю поліномів Чебишова нульового, першого і другого порядків. Апроксимуючий многочлен, що описує детерміновану неперіодичну поведінку попиту, має вигляд

$$\hat{y}(j) = 25,26 - 0,1P_1(j) + 1,68 \cdot 10^{-3}P_2(j). \quad (25)$$

Після виділення цієї складової попиту проведено розрахунок періодичної складової. Ряд $\hat{w}(j) = y(j) - \hat{y}(j)$, $j = 1, 2, \dots, n$ описано композицією гармонік $\sin \frac{2\pi}{T}j$ і $\cos \frac{2\pi}{T}j$. Очевидна наявність в ряду $\hat{w}(j)$ сезонної складової дає можливість використання оцінки тривалості періоду $T = 26$ тижнів, що співпадає з сезонними коливаннями попиту на запчастини.

Для перевірки наявності автокореляції залишків в ряду $v(j) = w(j) - \hat{w}(j)$ розраховано параметр d Дарбіна - Уотсона, при якому гіпотеза про відсутність автокореляції приймається. Аналіз часового ряду, графічно відображеного на рис. 1, показує, що амплітуди гармонійних складових тренду міняються з часом. У зв'язку з цим введено модель сезонної складової наступним чином

$$\hat{w}(j) = (a_{10} + a_{11}j) \sin \frac{\pi}{13}j + (b_{10} + b_{11}j) \cos \frac{\pi}{13}j. \quad (26)$$

Для знаходження невідомих параметрів $a_{10}, a_{11}, b_{10}, b_{11}$ використано метод найменших квадратів та отримано наступні результати: $a_{10} = 5,63$, $a_{11} = -0,02$, $b_{10} = -4,52$, $b_{11} = -0,05$. При цьому характерний вид гістограми значень для часового ряду $v(j)$, $j = 1, 2, \dots, n$ дав підстави вважати, що випадкова величина v розподілена згідно із законом Релея. Значення σ^2 оцінювалося за методом максимуму правдоподібності. Коректність гіпотези перевірена за критерієм Пірсона.

Отримані результати використано для розрахунку запасу на черговий тиждень з номером $(n + 1)$. При цьому

$$x_{n+1} = a_0 + a_1P_1(n+1) + a_2P_2(n+1) + (a_{10} + a_{11}j) \sin \frac{\pi}{13}(n+1) + (b_{10} + b_{11}j) \cos \frac{\pi}{13}(n+1).$$

Оптимальне значення запасу комплектів поршневих кілець двигуна Д-144 згідно результатів обробки випадкового процесу попиту на черговий тиждень дорівнює 52 шт. Аналогічні розрахунки проведені по іншим видам товарів. Отримані у другому розділі роботи аналітичні моделі використані для визначення розміру багатонаменклатурного запасу з урахуванням системи обмежень на ресурси складських приміщень та урахуванням прибутковості товарів.

Таблиця 1 – Результати розрахунку розміру багатомноменклатурного запасу

№ з/п	Номенклатура товару	Оптимальне значення запасу, шт.	Умовно-оптимальне значення запасу, шт.	Очікуваний прибуток від продажу умовно-оптимального запасу, грн	Значення запасу за розрахунками ТОВ "Украгроснаб", шт	Очікуваний прибуток від продажу запасу ТОВ "Украгроснаб", грн
1	Насос шестерінчатий НМШ 25	41	41	1025,00	39	975,00
2	Насос шестерінчатий НМШ 50	38	38	2090,00	37	2035,00
3	Кільце поршневе Д-144	52	52	780,00	50	750,00
...
20	Поршень двигуна ЯМЗ-236	14	12	180,00	14	210,00
21	Вал колінчатий ЯМЗ-236	8	8	16400,00	7	14350,00
22	Вал муфти зчеплення Т-150	9	8	344,00	9	387,00

Отримані результати підтверджують ефективність управління багатомноменклатурним запасом за допомогою моделей та методів, розроблених в дисертаційному дослідженні, та дозволяють зберегти оптимальні значення для тих елементів, які забезпечують високу ефективність системи продаж при урахуванні прибутковості товарів та деталізації складських витрат.

В п'ятому розділі представлена інформаційна технологія управління запасами на підприємствах автомобільного транспорту. На рис. 2 приведена концептуальна модель даних, виділені основні концепції, описані зв'язки між ними:

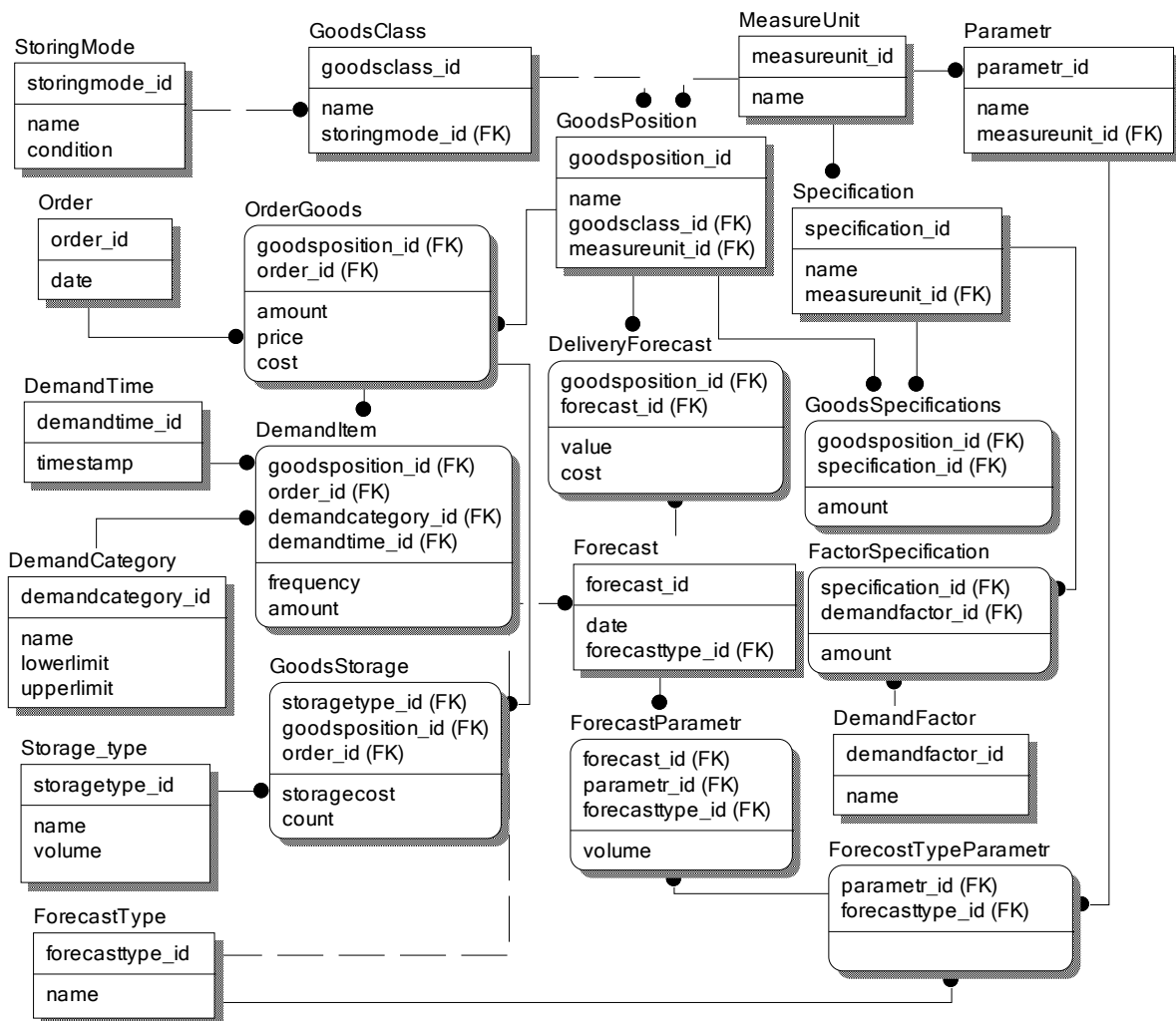


Рисунок 2 – Модель даних предметної області

До моделі даних включено такі сутності: GoodsClass – сутність для зберігання інформації про види продукції (насоси, поршневі кільця, гальмівні накладки тощо); MeasureUnit – сутність для зберігання інформації про можливі одиниці виміру товару (штука, комплект, літри та ін.); GoodsPosition – сутність для зберігання інформації про товарну номенклатуру підприємства; StoringMode – сутність містить дані про режим зберігання товарів (загальні умови зберігання, окремий склад або приміщення для зберігання шин); Order – сутність для зберігання інформації про замовлення, за якими здійснювались поставки товарів; OrderGoods – сутність для зберігання інформації про якісний та кількісний склад поставлених за замовленням товарів; DemandCategory – сутність для зберігання інформації про категорії попиту (від надзвичайно низького до ажіотажного); DemandTime – сутність для зберігання інформації про часові інтервали, протягом яких була зібрана інформація по попит; DemandItem – сутність, що зберігає інформацію про показники попиту для конкретної товарної номенклатури; StorageType – сутність, що містить інформацію про види та характеристики приміщень, в яких можуть зберігатись товари; GoodsStorage – сутність, що містить якісні та кількісні дані про зберігання конкретних товарних позицій в приміщеннях, а також про вартість їх зберігання; Specification – сутність для зберігання даних про можливі характеристики (товарів чи факторів попиту); GoodsSpecification – сутність, що містить дані про якісні та кількісні характеристики кожного окремо взятого товару; DemandFactor – сутність для зберігання інформації про фактори попиту; FactorSpecification – сутність для зберігання інформації про кількісні характеристики факторів попиту; Parametr – сутність для зберігання даних про параметри прогнозу попиту на товари; ForecastType – сутність для зберігання інформації про типи можливого прогнозу (марківські моделі, експертні оцінки тощо); Forecast – сутність для зберігання інформації про проведені розрахунки прогнозних значень (загальна інформація – дата проведеного експерименту, тип прогнозу); ForecastTypeParametr – сутність, що зберігає інформацію про якісний склад параметрів, що використовуються для даного типу прогнозу; ForecastParametr – сутність, що містить дані про кількісні значення параметрів, які встановлювались для конкретного прогнозу; DeliveryForecast – сутність для зберігання інформації про якісний та кількісний склад багатомономенклатурної поставки відповідно до зазначених характеристик параметрів прогнозу.

Виділені потенційні користувачі системи підтримки прийняття рішень при управлінні запасами: аналітик, фахівець предметної області, фахівець з формування попиту, експерт і адміністратор. В якості архітектурного стилю обрана пошарова компонентна архітектура, відповідно до якої система підтримки прийняття рішень складається з набору компонентів, кожен з яких доступний через певний інтерфейс. Компоненти розташовуються на наступних рівнях: рівень доступу к даним, рівень бізнес-логіки і рівень представлення.

Набір компонентів рівня бізнес-логіки, необхідних для реалізації системи, і наданих ними інтерфейсів наведено на діаграмі компонентів на рис. 3.

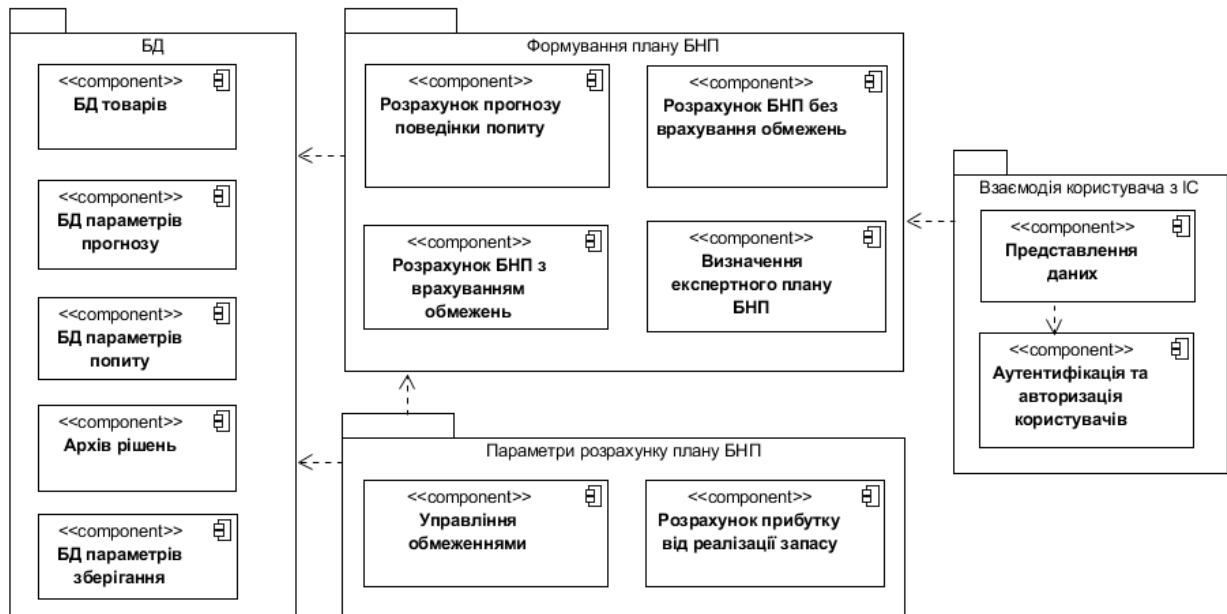


Рисунок 3 – Діаграма компонентів інформаційної технології управління багатономенклатурним запасом

Після проведення обґрунтованого вибору для реалізації рівня доступу до даних використано інфраструктуру Hibernate, реалізація рівня бізнес-логіки базується на використанні інфраструктури Spring Framework, а для реалізації рівня представлення даних використано інфраструктуру Struts та технологію «модель-представлення-контролер». Розроблено набір компонентів та архітектура інформаційної технології управління багатономенклатурним запасом, складові частини якої після розгортання наведено на рис.4.

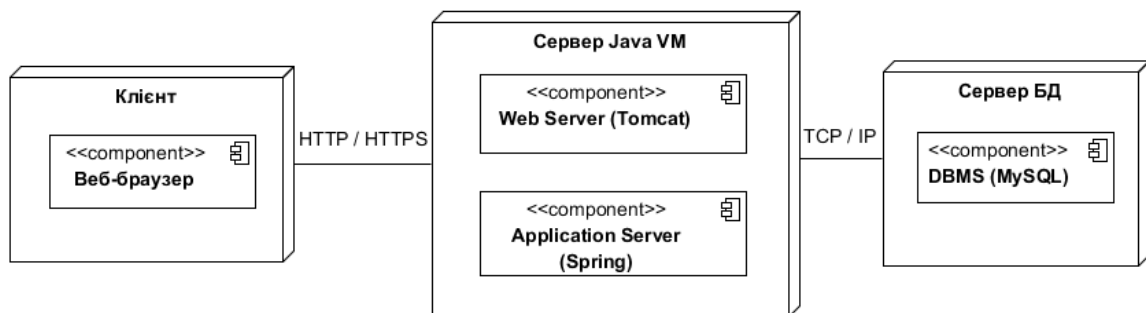


Рисунок 4 – Архітектура інформаційної технології управління багатономенклатурним запасом

Для валідації розробленої інформаційної технології залучалися зацікавлені особи – співробітники підприємства ТОВ «Укragроснаб». При аналізі отриманих результатів виявлено, що використання розроблених моделей та методів розрахунку величини багатономенклатурного запасу призводить до збільшення прибутку від його реалізації на 6% та дозволяє підвищити ефективність управління запасами на підприємстві автомобільного транспорту.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена науково-практична задача підвищення ефективності управління багатомножинним запасом в умовах марківського попиту на основі розроблених методів, моделей та інформаційної технології, що дозволяють збільшити прибуток підприємства за рахунок підвищення точності визначення необхідного розміру запасів та деталізації складських витрат. Одержано наступні наукові та практичні результати.

1. Проведений аналіз основних наукових досягнень в області управління запасами, виявлені особливості управління запасами на автотранспортних підприємствах в умовах невизначеності. Систематизовано моделі і методи управління запасами, а також інформаційні технології, які застосовуються для управління матеріальними потоками. Обґрунтована доцільність розробки моделей і методів, що підвищують точність прогнозування потреби в запасі.

2. Розроблено метод визначення розміру багатомножинного запасу за критерієм максимізації чистого прибутку, який дозволяє врахувати відмінності в щільностях розподілу попиту на товар та деталізувати технологію обліку витрат на зберігання запасу. Показано, що задача математичного програмування, яка виникає при цьому, вирішується з використанням ітераційної процедури, заснованої на методі штрафних функцій.

3. Отримано аналітичний вираз для розрахунку середнього прибутку при заданому рівні багатомножинного запасу, який використовує опис попиту за допомогою трьохпараметричного розподілу щільності. Відмічено, що суттєве спрощення задачі математичного програмування досягається за допомогою поліноміальної апроксимації доданків функції прибутку, яке використовує параметризацію по факторам, що впливають на розмір прибутку.

4. Запропонована марківська модель для опису нестационарного випадкового процесу попиту, яка враховує його нестационарність по кореляційній функції. Розвинена технологія розрахунку закону розподілу тривалості перебування процесу на дискретній множині неперворотних станів до попадання в поглинаючий стан, що дозволяє знайти тенденцію поведінки попиту на наступні періоди. Показано, що гранично прості співвідношення для опису цього закону отримані у випадку, коли процес попиту має приріст одного знаку.

5. Вирішено задачу оцінювання параметрів марківської моделі попиту для різних видів статистичної інформації про попит. Отримані співвідношення для розрахунку нижньої межі середньоквадратичної помилки при обробці по мікроданим. Показано, що отримані оцінки є ефективними, асимптотично нормальними і незміщеними. Запропонована технологія оцінювання параметрів стохастичної матриці за агрегованими даними, яка дозволяє врахувати неоднорідність дисперсій вимірів.

6. Валідація розробленої інформаційної технології в практиці підприємства автомобільного транспорту ТОВ «Украгроснаб», (м. Харків) показала перспективи удосконалення управління багатомножинним запасом за рахунок

зниження витрат на зберігання товарів та збільшення прибутку підприємства від реалізації багатомономенклатурного запасу на 6%.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Клименко Т. А. Выбор критерия оптимизации в задаче управления многоменклатурными запасами / О. В. Серая, В. Б. Самородов, Т. А. Клименко // Вісник Харківського національного автомобільного університету. – Харків : ХНАДУ, 2009. – № 45. – С. 31–34.

Здобувачем запропоновано використання критерію, що максимізує прибуток від реалізації запасу та деталізує витрати на зберігання товару.

2. Клименко Т. А. Марковская аппроксимация случайного процесса спроса / Т. А. Клименко, В. Б. Самородов // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ : СНУВД, 2009. – № 4(134). – С. 194–199.

Здобувачем отримані співвідношення, що дозволяють визначити закон розподілення попиту та його щільність при прогнозуванні потреби у товарі.

3. Клименко Т. А. Анализ методов оценки спроса, как ключевой составляющей процесса управления запасами / Т. А. Клименко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків : НТУ «ХПІ», 2010. – № 4. – С. 87–96.

4. Клименко Т. А. Оптимальное управление многоменклатурным запасом на предприятиях автосервисной отрасли. / Т. А. Клименко, В. Б. Самородов // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків : НТУ «ХПІ», 2010. – № 33. – С. 79–86.

Здобувачем розроблено метод поліноміальної апроксимації функцій, який дозволив спростити технологію обробки процесу попиту.

5. Клименко Т. А. Методика получения оптимального плана закупок в многоменклатурной поставке / О. В. Серая, Т. А. Клименко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков : НПП «Технологический центр», 2010. – № 4/4(46). – С. 40–43.

Здобувачем отримані аналітичні вирази, що використовують трьохпараметричний розподіл попиту та дозволяють розрахувати розмір запасу.

6. Крюкова Т. А. Разработка информационной технологии для системы управления многоменклатурным запасом на автосервисных предприятиях / Т. А. Крюкова, В. Б. Самородов // European cooperation. – Warsaw : Consilium limited liability company, 2016. – № 5(12). – С. 73–84.

Здобувачем розроблено структурну схему предметної області інформаційної технології управління запасами у UML-нотації.

7. Крюкова Т. А. Проблемы управления многоменклатурными запасами на автосервисных предприятиях в условиях неопределенности. / Т. А. Крюкова / Материалы первой Международной научно-практической

конференции «Инновации и исследования в транспортном комплексе», 23–24 мая 2013 г., Курган / сост. В. В. Харин. – Курган : ЗАО «Курганстальмост», 2013. – С. 336–340.

АНОТАЦІЇ

Крюкова Тетяна Олександрівна. Моделі, методи та інформаційна технологія управління багатомономенклатурним запасом в умовах марківського попиту. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2017 р.

Дисертація присвячена розробці методів, моделей та інформаційної технології управління багатомономенклатурним запасом на підприємствах автомобільного транспорту в умовах невизначеності попиту на основі розвитку методів отримання оптимального з точки зору отримання прибутку розміру багатомономенклатурного запасу, які враховують обмеження на складські ресурси та деталізують витрати на зберігання та дозволяють підвищити точність прогнозування потреби у запасі. Запропонований для рішення задачі управління запасами критерій ефективності максимізує прибуток від реалізації запасу з урахуванням різниці в вартості зберігання одного і того ж товару на складі або в торговельному залі та враховує відмінності у щільностях розподілу попиту на різні групи товарів. Запропонований метод отримання оптимального плану багатомономенклатурної поставки з використанням ітераційної процедури, яка базується на методі штрафних функцій.

Для підвищення точності прогнозування попиту на запасні частини використана марківська модель, яка враховує нестационарність попиту по кореляційній функції. Отримала подальший розвиток технологія розрахунку закону розподілу тривалості перебування процесу попиту на безлічі неперворотних станів до попадання в поглинаючий стан, що дозволило знайти тенденцію поведінки попиту на наступний період. Розглянута задача оцінювання параметрів марківської моделі попиту для різних видів статистичної інформації про попит. Досліджені питання прогнозування попиту з урахуванням динаміки умов продажу. Запропоновано методи прогнозування попиту на основі багатомонофакторної моделі динаміки умов продажу товарів. Розроблено метод отримання плану багатомономенклатурної поставки з урахуванням експертних оцінок та прибутковості товарів.

Розроблено інформаційну технологію системи підтримки прийняття рішень при управлінні запасами на підприємствах автомобільного транспорту, яка дозволила знизити витрати на зберігання товару за рахунок деталізації складських витрат, а також збільшити прибуток від реалізації запасу за рахунок

збереження більш прибуткових товарів в багатомножинній поставці при врахуванні обмежень на розмір замовлення та умови зберігання.

Ключові слова: інформаційна технологія, прийняття рішень, невизначеність, багатомножинний запас, марківський попит, прогнозування, підприємство автомобільного транспорту.

Крюкова Татьяна Александровна. Модели, методы и информационная технология управления многономенклатурным запасом в условиях марковского спроса. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2017 г.

Диссертация посвящена разработке моделей, методов и информационной технологии управления многономенклатурными запасами на предприятиях автомобильного транспорта в условиях неопределенности спроса путем развития методов определения размера многономенклатурной поставки, учитывающих ограничения на складские ресурсы и детализирующих соответствующие затраты на хранение товаров.

Для решения задачи управления запасами предложен критерий эффективности, максимизирующий прибыль от реализации запаса с учетом того, что стоимость хранения одного и того же товара на складе и в торговом зале отличается. При использовании критерия учтены различия плотностей распределения спроса на различные виды товаров, который предложено описывать с использованием трехпараметрического распределения. Предложен метод получения оптимального плана многономенклатурной поставки с использованием итерационной процедуры, которая основана на методе штрафных функций.

Для повышения точности прогнозирования спроса на запасные части использована марковская модель, учитывающая нестационарность спроса по корреляционной функции. Получила дальнейшее развитие технология расчета закона распределения длительности пребывания процесса спроса на дискретном множестве невозвратных состояний и попадания в поглощающие состояния, что позволило найти тенденцию поведения спроса на последующий период. Рассмотрена задача оценивания параметров марковской модели спроса для разных видов статистической информации о спросе, получены соотношения для расчета нижнего предела среднеквадратичной ошибки при обработке статистической информации о спросе по микроданным.

Разработан метод получения плана многономенклатурной поставки с учетом экспертных оценок. Предложен метод аппроксимации функции совокупностью полиномов, ортогональных на системе равноудаленных точек, позволяющий получить численные значения коэффициентов аппроксимации, не решая систем нормальных уравнений Гаусса, что упростило технологию выделения детерминированной непериодической составляющей спроса.

Разработана информационная технология системы поддержки принятия решений при управлении запасами на предприятиях автомобильного транспорта, которая позволила снизить затраты на хранение товара за счет детализации складских затрат, а также увеличить прибыль от реализации запаса за счет сохранения более прибыльных товаров в многономенклатурной поставке при учете ограничений на размер заказа и условия хранения.

Ключевые слова: информационная технология, принятие решений, неопределенность, многономенклатурный запас, марковский спрос, прогнозирование, предприятие автомобильного транспорта.

Kryukova Tetyana Oleksandrivna. Models, methods and information technology of multinomenclature stocks management in the conditions of Markov demand. – As manuscript.

The dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.13.06 – information technologies. – The National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, 2017.

The dissertation is devoted to development of methods and information technology of management of multinomenclature stocks at the enterprises of the motor transport in the conditions of uncertainty of demand, by development of the methods of obtaining the rational size of a multinomenclature stock considering restrictions on warehouse resources and detailing the corresponding expenses. For the solution of a problem of stockpile management the criterion of efficiency maximizing profit on realization of a stock is offered taking into account that the cost of storage of the same goods in a warehouse and in a trading floor differs.

The method of obtaining the optimum plan of multinomenclature delivery with use of iterative procedure which is based on a method of penal functions is offered. For increase of accuracy of forecasting of demand for spare parts the Markov model considering not stationarity of demand on correlation function is used. It has continued to develop the technology for calculating the duration of the demand of the distribution law of the process stay on a discrete set of transient states and getting into absorbing states. We consider the problem of estimating the parameters of the Markov model, the demand for different types of statistical information on demand. With use of methods of UML–modeling information technology of system of support of decision–making at stockpile management at the enterprises of the motor transport which allowed to reduce significantly the size of the half–received profit due to reduction of deficiency of goods in a warehouse is developed and to avoid decrease in level of service of consumers.

Keywords: information technology, decision–making, uncertainty, multinomenclature stocks, Markov demand, forecasting, enterprise of the motor transport.

Підписано до друку 17.11.2016 р. Формат 60x90/16.

Гарнітура Times New Roman. Папір офсетний.

Друк – різнограф. Ум. друк. аркушів. 0,9

Наклад 100 прим. Зам. № 822234

Надруковано у ФЛ-П Черняк Л. О.

61002, м. Харків, вул. Багалія, 16.

Свідоцтво №24800000000079553 від 16.05.2007 р.