

УДК 658.7.011.1

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ ЗАПАСУ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДЛЯ УТРИМАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

Ольховська Т.О.

MODELLING OF PROCESS CREATION STOCK SPARE PARTS FOR THE MAINTENANCE OF LOCOMOTIVES

Olkhovska T.O.

У статті представлені матеріали з моделювання процесів створення запасів запасних частин для утримання локомотивів. Зокрема розглянуті основні положення по функціонуванню системи матеріально-технічного постачання. Виконано формалізацію ідеалізованої детермінованої багатоперіодної моделі управління запасами без дефіциту з миттєвим постачанням та постійним попитом, на підставі якої проведено моделювання з урахуванням реальних даних. Визначено співвідношення між значеннями загальних витрат і величиною початкового запасу, які можна описати квадратичними залежностями й отримувати відповідні стратегії постачання запасних частин для обслуговування локомотивів.

Ключові слова: витрати, запас, локомотив, модель, період, попит, постачання, система.

Постановка проблеми в загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Система постачання запасними частинами й матеріалами є найважливішим елементом системи управління технічним станом локомотивів. Запасні частини є необхідним елементом ремонтного процесу. Помилки при виборі стратегії управління поставками запасних частин можуть викликати або дефіцит, або затоварення складів, що у свою чергу спричиняє збільшення термінів ремонту рухомого складу та зростання експлуатаційних витрат. Тому ефективність процесу створення запасів запасних частин багато в чому залежить від того, як організований цей процес в цілому та на яких принципах здійснюється його організація.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання висвітлення й розвитку системи матеріально-технічного постачання (МТП), а також їх перспективи знайшли широкий розвиток у роботах Бережної Е.В. [2], Майданова А.Д. [4], Мельника М.М. [5], Степанова В.И. [7] і інших авторів. В них велика увага приділена питанням удосконалювання організаційно-економічних механізмів управління МТП й

регулюванню її діяльності в різних галузях. В той же час у більшості цих досліджень не розкривається комплексний характер цього механізму, оскільки авторами розроблялися лише окремі аспекти питань, пов'язаних тільки із МТП відповідної галузі. Крім того, у сучасних умовах ринкових відносин необхідний не тільки аналіз роботи структур МТП, а й формалізація основних процесів, що безпосередньо впливають на організацію їх роботи у локомотивному господарстві.

В цілях мінімізації негативних наслідків, недопущення зривів у забезпеченні потреб в матеріально-технічних ресурсах для утримання локомотивів є доцільним формалізувати процес створення запасів, що і є **метою** даної статті.

Основна частина. Аналіз складних систем, до яких зокрема відноситься система матеріально-технічного забезпечення є актуальним і має велику кількість застосувань. Однак, у силу виняткової розмаїтості цих задач, що зустрічаються на практиці, і недостатньої вивченості їх математичного опису, арсенал формалізації й моделювання безупинно поповнюється. Тому важливим пунктом дослідження запасів у системі матеріально-технічного забезпечення є побудова математичної моделі та її формалізований опис.

Задачі управління запасами досить широкі внаслідок великої розмаїтості практичних ситуацій. Системи керування запасами можна класифікувати за наступними ознаками [8]:

- вид запасів (сировина, напівфабрикати, готова продукція й т.д.);
- місце зберігання (виробник, споживач, постачальницька база або інше місце);
- структура системи (ізолюваний склад, система складів, ієрархічна система);
- структура запасів (одно- або багатопродуктові запаси, взаємозамінність, термін придатності, псування при зберіганні і ін.);

- статистичні характеристики процесів попиту й постачань (стаціонарність, корельованість попиту, керованість, випадковість поставок і ін.);

- мета системи (вартісні й імовірнісні критерії, багатокритеріальність);

- обмеження (на обсяг і номенклатуру запасів, на розміри партій, що постачаються, на надійність і економічні характеристики процесу постачання);

- інформаційні характеристики (періодичність збору даних, спостереження попиту, повнота знань про коефіцієнти втрат і ін.).

Різні сполучення цих та ряду інших ознак визначають різноманіття задач управління запасами. При цьому ставиться головне завдання - навіщо й коли потрібні запаси?

Перша причина - це неможливість точного прогнозування попиту. Оскільки точно попит не прогнозується, то виявляється заздалегідь неможливим замовляти постачання так, щоб вони повністю його компенсували. Крім того, неможливо точно прогнозувати й час виконання зробленого замовлення, і навіть обсяг виконуваного замовлення.

Друга причина пов'язана з фундаментальною економічною закономірністю, звичайно іменованою ефектом концентрації. При застосуванні до задач управління запасами цей ефект складається із зменшення витрат на одиницю продукту (питомих витрат) та із зростанням обсягу замовлення.

Третя причина - це обмеженість можливостей постачальників. Для системи постачання вплив цього фактору може проявлятися й побічно - у затримці постачань, в залежності від їх терміну та від обсягу замовлення.

Розглядаючи систему матеріально-технічного постачання необхідно відразу розкрити її головні вимоги. Інтенсивність потреби (попиту) у запасних частинах або матеріалах повинна бути менша ніж інтенсивність (швидкість) їх постачання, а також вартість зберігання цих ресурсів також повинна бути менше вартості (штрафу) за дефіцит за одиницю часу.

У формалізованому вигляді ці вимоги є наступними

$$\mu_n < \lambda_n, \quad (1)$$

та

$$B_3 < B_{ш}. \quad (2)$$

Де μ_n - інтенсивність потреби (попиту) у запасних частинах;

λ_n - інтенсивність (швидкість) постачання замовлених запасних частин;

B_3 - вартість зберігання замовлених запасних частин;

$B_{ш}$ - вартість (штраф) за дефіцит за одиницю часу замовлених запасних частин.

Якщо ці вимоги не виконуються то зовсім не існує і самої системи матеріально-технічного постачання. Так при порушенні умови (1) система не здатна накопичити запас, а при порушенні умови (2),

вигідніше розраховуватися штрафом за дефіцит, ніж створювати відповідний запас.

Для спрощення покладемо, що накладні витрати N_6 не залежать від обсягу постачань (вони пов'язані тільки з оформленням) і витрати на утримання пропорційні обсягу запасів та часу зберігання, а штраф за дефіцит пропорційний обсягу та часу від цього дефіциту.

Для формалізації детермінованої багатоперіодної моделі управління запасами без дефіциту, з миттєвим постачанням та постійним попитом покладемо, що його інтенсивність μ_n є постійною величиною, тобто залишається незмінною впродовж всього періоду роботи системи.

Моделю з миттєвим постачанням припускає, що інтенсивність постачань λ_n набагато більше інтенсивності (швидкості) попиту μ_n , тобто

$$\mu_n < \lambda_n. \quad (3)$$

Це означає, що у початковий момент часу, в силу умови (3), система практично миттєво заповнюється до рівня V_3 а потім впродовж всього періоду постачання T_n тільки видає запаси для виробництва. До кінця періоду T_n рівень запасів у системі зменшується до нуля, а потім весь цикл повторюється. Таким чином, на протязі всього періоду T_n система несе витрати тільки на зберігання запасів і на умовні витрати за реальний період постачання V_t . Вони складаються з двох складових: накладних витрат N_6 і особисто витрат на утримання V_3 запасів. Оскільки у більшості випадків (при стабільній роботі підприємства) рівень запасів змінюється лінійно від максимального значення до нуля, то у середньому в одиницю часу його запас складає половину максимального рівня V_3 . Тоді можна записати, що

$$V_t = \frac{V_3 B_3 T_n}{2} + N_6. \quad (4)$$

Розділимо праву частину виразу (4) на T_n та знайдемо середні витрати V_e в одиницю часу як

$$V_e = \frac{V_3 B_3 T_n}{2 T_n} + \frac{N_6}{T_n}, \quad (5)$$

або

$$V_e = \frac{V_3 B_3}{2} + \frac{N_6}{T_n}. \quad (6)$$

Ураховуючи, що в даній системі попит за період постачання T_n дорівнює максимальному рівню зусиль та засобів, інтенсивність його попиту буде дорівнювати

$$\mu_n = \frac{V_3}{T_n}, \quad (7)$$

звідки

$$T_n = \frac{V_3}{\mu_n} \tag{8}$$

Підставляючи (8) в (6) отримуємо

$$V_e = \frac{V_3 B_3}{2} + \frac{N_e}{V_3} = \frac{V_3 B_3}{2} + \frac{\mu_n N_e}{V_3} \tag{9}$$

При цьому необхідно знайти таке значення V_3 , при якому середні витрати в одиницю часу були б мінімальними. Необхідно урахувати також, що максимальний рівень запасів не може бути негативним, тобто $V_3 > 0$. Виходячи з цього візьмемо у виразі (9) похідну від V_e по V_3 та дорівнюємо нулю. Будемо мати

$$\frac{dV_e}{dV_3} = \frac{B_3}{2} - \frac{\mu_n N_e}{V_3^2}, \tag{10}$$

$$\frac{B_3}{2} - \frac{\mu_n N_e}{V_3^2} = 0. \tag{11}$$

Вирішуючи це рівняння з урахуванням умови (7) будемо мати

$$V_3 = \sqrt{\frac{2 \mu_n N_e}{B_3}} \tag{12}$$

Величина B_3 з цього виразу буде дорівнювати

$$B_3 = \frac{2 \mu_n N_e}{V_3^2} \tag{13}$$

Таким чином вартість зберігання замовлених запасних частин B_3 прямо пропорційна подвійної інтенсивності їх постачання μ_n та накладних витрат N_e і зворотно пропорційна квадрату середніх витрат V_e за одиницю часу.

Для оцінки отриманих виразів у роботі визначено співвідношення вартості зберігання замовлених запасних частин B_3 до вартості (штрафу) за дефіцит за одиницю часу замовлених запасних частин $B_{ш}$.

На підставі зібраних статистичних даних за останні роки у опорних локомотивних депо та їх обробки за вищенаведеною методикою було встановлено, що чим більше величина втрат від дефіциту запасних частин по відношенню до втрат на їх зберігання, тим більше повинна бути величина початкового запасу і відповідно більше сама величина мінімальних витрат.

При цьому чисельні значення співвідношень $B_3 : B_{ш}$ були моделювались як 1:3 та 1:10. Як приклад у таблиці наведено моделювання загальних витрат для щіток електричних машин тепловозів в залежності від величини початкового запасу та співвідношень на зберігання B_3 до втрат від їх дефіциту $B_{ш}$.

Було виявлено, що для співвідношення $B_3 : B_{ш} = 1:3$ має місце наступне рівняння

$$B'_{заз} = 3139,3 - 3,99 V_3 + 0,04 V_3^2, \tag{14}$$

а для співвідношення $B_3 : B_{ш} = 1:10$

$$B''_{заз} = 6449 - 33,7 V_3 + 0,1 V_3^2. \tag{15}$$

Таблиця
Витрати в залежності від величини початкового запасу щіток електричних машин тепловозів

Початковий запас, одиниць	Загальні витрати для співвідношення $B_3 : B_{ш}$	
	$B_3 : B_{ш} = 1:3$	$B_3 : B_{ш} = 1:10$
0	3136	6440
50	3046	5054
100	3105	4079
150	3402	3759
200	3857	3873

Графічні залежності за отриманими величинами наведені на рис.

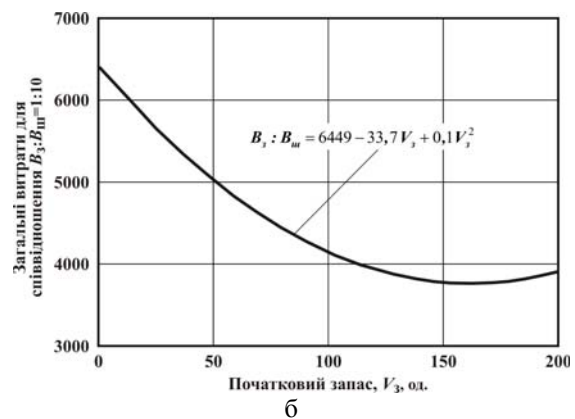
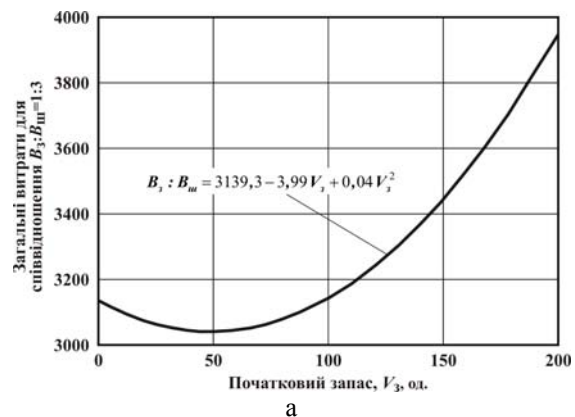


Рис. Графічні залежності загальних витрат і витрат на створення початкового запасу запасних частин при співвідношенні $B_3 : B_{ш} = 1:3$ (а) та $B_3 : B_{ш} = 1:10$ (б)

На основі рівнянь (14) і (15) визначено, що:

- для співвідношення $B_3 : B_{ш} = 1:3$ початковий запас складає $V'_3 = 49$ од;

- для співвідношення $B_3 : B_{ш} = 1:10$ початковий запас складає $V''_3 = 163$ од.

Виходячи із запропонованого методу були розраховані нормативні незнижуючі запаси деталей та вузлів для забезпечення технічного обслуговування та ремонту тепловозів.

Висновки. На підставі вищенаведених досліджень можна зробити наступні висновки:

- розглянуті питання організації матеріально-технічного постачання у локомотивному господарстві та визначені основні складові, які істотним чином впливають на рівень створення запасів запасних частин;

- формалізована модель визначення запасів запасних частин, яка дозволяє моделювати їх рівнем в залежності від характерних умов, які можуть скластися на виробництві;

- на основі проведеного імітаційного моделювання визначені співвідношення між значеннями загальних витрат і величиною початкових запасів, які можна описати квадратичними залежностями та за якими можна складати відповідні стратегії постачань для утримання локомотивів.

Л і т е р а т у р а

1. Баско И.М. Материально-техническое снабжение / И.М.Баско, А.С.Дурасов, О.И.Карпеко. - Минск.: БГЭУ, 2002. – 182 с.
2. Бережная Е.В. Математические методы моделирования экономических систем / Е.В.Бережная, В.И.Бережной. - М.: Финансы и статистика, 2003. – 348 с.
3. Демичев Г.М. Складские и тарные хозяйства / Г.М.Демичев. - М.: Высшая школа, 1990. – 192 с.
4. Майданов А.Д. Экономика, организация и планирование материально-технического снабжения железнодорожного транспорта / А.Д.Майданов, А.В.Шаройко. - М.: Транспорт, 1998. – 356 с.
5. Мельник М.М. Экономико-математические методы и модели в планировании материально-техническом снабжением / М.М.Мельник. - М.: Высшая школа, 2000. – 352 с.
6. Полещук И.И. Логистика / И.И.Полещук. – Минск.: БГЭУ, 2007. – 431 с.
7. Степанов В.И. Экономия и нормирование материальных ресурсов / В.И.Степанов. - М.: Высшая школа, 2004. – 274 с.
8. Фирон Х. Управление снабжением и запасами / Фирон Х., Линдерс М. - СПб.: "Полигон", 1999. – 768 с.

References

1. Basko I.M. Materialno-technicheskoe snabgenie / I.M.Basko, A.S.Durasov, O.I.Karpeko. – Minsk.: BGEU, 2002. – 182 S.
2. Beregnay E.V. Matematicheskie metody modelirovaniy ekonomicheskix system / E.V. Beregnay, V.I. Beregnoy. – M.: Finansy i statistica, 2003. – 348 S.
3. Demichev G.M. Skladskie i tarnye hozyastva / G.M. Demichev. – M.: Vyschay chkola, 1990. – 192 S.
4. Mайдanov A.D. Ekonomika, organizaciya i planirovanie materialno-technicheskogo snabgeniya geleznodorogogo transporta / A.D. Maydanov, A.V. Charoyko. – M.: Transport, 1998. – 356 S.

5. Melnik M.M. Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli v planirovanii materialno-technichskom snabgenii / M.M. Melnik. - M.: Vyschay chkola, 2000. – 352 S.
6. Polechuk I.I. Logistika / I.I. Polechuk. – Minsk.: BGEU, 2007. – 431 S.
7. Stepanov V.I. Ekonomiy i normirovanie materialnykh resursov / V.I. Stepanov. - M.: Vyschay chkola, 2004. – 274 S.
8. Firon X. Upravlenie snabgeniem i zapasami / Firon X., Linders M. – SPb.: "Poligon", 1999. – 768 S.

Ольховская Т.А. Моделирование процесса создания запаса запасных частей для содержания локомотивов.

В статье представлены материалы по моделированию процессов создания запасов запасных частей для содержания локомотивов. В частности рассмотрены основные положения по функционированию системы материально-технического снабжения. Выполнена формализация идеализированной детерминированной многопериодной модели управления запасами без дефицита с мгновенной поставкой и постоянным спросом, на основании которой проведено моделирование с учетом реальных данных. Определены соотношения между значениями общих затрат и величиной начального запаса, которые можно описать квадратическими зависимостями и получать соответствующие стратегии поставок запасных частей для обслуживания локомотивов.

Ключевые слова: запас, затраты, локомотив, модель, период, поставка, система, спрос.

Olxovska T.O. Modelling of process creation stock spare parts for the maintenance of locomotives.

In article materials on modeling processes of creation of stocks of spare parts for the maintenance of locomotives are presented. Questions of the organization of logistics in locomotive facilities are investigated and the basic components which significantly influence creation of stocks of spare parts are certain. The estimated analysis to what surplus of spare parts and overexpenditure of means, and also their deficiency and unproductive idle times of locomotives is executed results. Formalization of the determined model which provides storekeepings without deficiency with instant delivery and a stable demand for various numbers of the periods is offered. Such approach allows to determine dynamics of expenses, their basic temporary components, and also to produce a politics of the organization of logistics at the enterprise. On the basis of the offered method modeling stocks of spare parts in view of real data is lead. Parities between values of the general expenses and size of an initial stock are certain. On the basis of the revealed parities it is established, that they can be described quadratic dependences and to receive corresponding strategy of deliveries of spare parts for service of locomotives.

Keywords: stock, expenses, locomotive, model, period, delivery, system, demand.

Ольховська Т.О. – інженер вагонного депо Харків-Сортувальний, ДП "Південна залізниця".

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Стаття подана 09.03.2015