

---

---

УДК 629.42

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕМОНТНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЛОКОМОТИВНИХ ДЕПО В ПЕРІОД КОЛИВАНЬ ПРОГРАМИ РЕМОНТУ**

Д-р техн. наук О. С. Крашенінін, магістрант Д. Е. Сулежко

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕМОНТНОЙ МОЩНОСТИ ЛОКОМОТИВНЫХ ДЕПО В ПЕРИОД КОЛЕБАНИЙ ПРОГРАММЫ РЕМОНТА**

Д-р техн. наук А. С. Крашенинин, магистрант Д. Э. Сулежко

**MAINTENANCE OF REPAIR CAPACITY OF LOCOMOTIVE DEPARTMENT IN THE PERIOD OF VARIABLES OF THE REPAIR PROGRAM**

Dr. sc. sciences O. S. Krashenin, master D. E. Sulezhko

*Проаналізовано проблеми проведення реструктуризації галузі залізниць України. Проведено аналіз досліджень, які присвячені питанням функціонування ремонтного господарства залізниці. Розроблено методику, що дасть змогу виконувати перерозподіл ремонтних ресурсів між опорними депо, які будуть виконувати технічне обслуговування та поточний ремонт тягового рухомого складу різних серій для різних депо. Дано оцінку використанню цієї методики у процесі організації ремонту рухомого складу.*

**Ключові слова:** ремонтна потужність підприємства, локомотивне депо.

*Проанализированы проблемы проведения реструктуризации отрасли железных дорог Украины. Проведен анализ исследований, посвященных вопросам функционирования ремонтного хозяйства железных дорог. Разработана методика, которая позволит выполнять перераспределение ремонтных ресурсов между опорными депо, которые будут выполнять техническое обслуживание и текущий ремонт тягового подвижного состава различных серий для разных депо. Дана оценка использованию данной методики в процессе организации ремонта подвижного состава.*

**Ключевые слова:** ремонтная мощность предприятия, локомотивное депо.

*The problems of the restructuring of Ukrainian railways, which was started in the 90s of the last century, are considered. The latest scientific articles on the effective use of complex points for diagnostics and fastening of rolling stock for various repair plants are studied. The basic principle of the implementation of repair resources of locomotive departments, which will ensure efficient maintenance and repair of the rolling stock of Ukrainian railways, is substantiated. Creation of a methodology that will effectively redistribute resources to create reference warehouses capable of servicing the rolling stock of different series for different warehouses. Determination of the parameters by which the dynamics of the volume of costs for the repair of rolling stock is calculated. A graphic representation of the effect of using methodology of resource allocation for the creation of supporting locomotive departments was modelled. Determine the amount of production that determines the priorities for using additional, general or standard equipment.*

**Keywords:** repair capacity of the enterprise, locomotive department.

**Вступ.** Реструктуризація залізничної галузі, що була започаткована в 90-х роках минулого сторіччя, передбачала оптимізацію господарств залізниці тільки в плані узгодження обсягів і розвитку об'єктів інфраструктури, без чіткої програми і кроків щодо її виконання. На місцях це декларувалося як закриття і перепрофілювання деяких підприємств, що зводилося до втрати як людських, так і промислових ресурсів. Останнім часом не вдалося досягти позитивної динаміки зростання ефективності роботи господарств залізниць, технічний стан рухомого складу, як тягового, так і нетягового, досяг критичних меж. Це все відбувається на фоні зношеності основних фондів. Цьому сприяла також недостатня увага до визначення резервів потужності ремонтних цехів локомотивних депо. В нинішніх умовах необхідні рішучі й зважені, науково обгрунтовані заходи зі стабілізації залізничної галузі.

У світі набули розвитку ідеї моніторингу технічного стану із залученням виробників локомотивів і

вагонів до організації великих ремонтів і модернізації рухомого складу, який у дії.

З другого боку, рівень локомотивних депо повинен забезпечувати можливість ремонту рухомого складу, що не приписаний до цього депо.

Для локомотивних депо України цей досвід і взаємодія з виробниками стає реальним шансом стабілізації технічного стану рухомого складу.

Локомотивне депо повинне забезпечувати як основне ремонтне виробництво, так і виробництво в моменти пікових навантажень, використовуючи для цього додаткове обладнання з великими постійними і незначними змінними (пропорційними обсягам виробництва) витратами, а також стандартне обладнання з протилежними характеристиками. Пропорційні обсягу виробництва витрати відповідають витратам на придбання тих ресурсів, які, як правило, є в необмеженій кількості, і, отже, не враховуються в нерівностях, що виражають обмеження на обсяг виробництва. Навпаки, до функцій витрат вони враховуються. Обсяг

виробництва в пікові моменти є нагальним питанням, тому будь-яка комбінація видів обладнання спроможна виконати пікові навантаження і здатна забезпечити непіковий обсяг виробництва. Загалом введення в дію обладнання повинно забезпечувати пікові навантаження, які в багатьох випадках тривають протягом незначного часу роботи. Отже, для обладнання, призначеного для використання тільки в моменти піку, відрахування з капіталу в розрахунку на одиницю продукції можуть бути дуже високими. Прагнучи задовольнити одночасно всі потреби, пікова продукція коштує надто дорого [1-3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У різних галузях науки й техніки набули реалізації математичні методи теорії дослідження операції. Разом з цим у кожному конкретному випадку необхідно враховувати особливості завдань, що вирішуються, і обмеження.

У низці робіт [3-6] досліджено питання ефективної зони дії комплексних пунктів діагностування й закріплення за ремонтними заводами локомотивних депо. У фахових вітчизняних і зарубіжних виданнях наведено результати досліджень щодо оптимізації системи експлуатації рухомого складу.

Незважаючи на великий обсяг досліджень у галузі ремонту тягового рухомого складу, досліджень, що враховують сучасний світовий досвід організації ремонту рухомого складу, проведено небагато. Особливо це стосується питань обґрунтування роботи ремонтного господарства, яке спроможне забезпечити весь спектр ремонтних послуг для локомотивів з іншим депо приписки [7, 8].

**Визначення мети та завдання дослідження.** Мета дослідження полягає в обґрунтуванні політики реалізації ремонтних ресурсів локомотивних депо для

забезпечення ефективного ТО, ПР не тільки ТРС приписки свого депо, але й іншого ТРС. Для реалізації поставленої мети слід визначити основні співвідношення, які даватимуть змогу визначити обсяг виробництва, а також параметри, від яких залежать обсяги витрат на ремонт.

**Основна частина дослідження.**

Розглянемо й проаналізуємо такий випадок. Для наочності нанесемо на графік (рис. 1) величини необхідних обсягів програми ТО та ПР підприємства локомотивного депо. Робота у пікові моменти має тривалість  $a$  та інтенсивність  $A$  (потужність обладнання). Непікове навантаження має тривалість  $b$ , інтенсивність  $B < A$ . Визначимо через  $x_1$  і  $x_2$  обсяги потужності двох категорій обладнання, які вимірюються у тих самих одиницях, що  $A$  і  $B$ . Множина допустимих значень  $(x_1$  і  $x_2)$  визначається з таких умов:

$$x_1 \geq 0 \quad x_2 \geq 0, \quad (1)$$

$$x_1 + x_2 \geq A,$$

звідки також випливає

$$x_1 + x_2 > B. \quad (2)$$

З нерівності (2) видно, що можливий обсяг сумарної потужності виробництва у непікові періоди  $b(x_1 + x_2)$  перебільшує необхідний обсяг виробництва  $bB$ . Тобто виробничі потужності у звичайний час перевищують дійсно необхідний обсяг виробництва. У зв'язку з цим слід розрізняти виробничий потенціал і виробничу продукцію, бо обмеження та постійні витрати пов'язані з потужностями, а змінні витрати – з обсягом фактично виконаної роботи (кількості ТО та ПР ТРС).

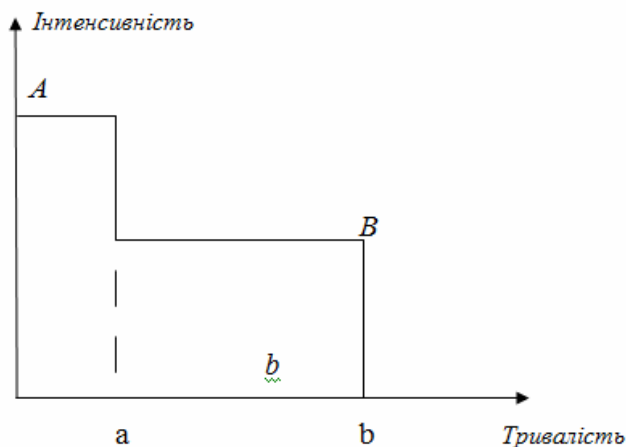


Рис. 1. Обсяги програми ТО та ПР

При піковому навантаженні виробничі потужності будуть використовуватися повністю, піковий обсяг виробництва  $aA$  буде дорівнювати максимально можливому виконанню  $a(x_1 + x_2)$ . Якщо через  $g_1, g_2$  позначити вартість одиничної потужності вказаних типів обладнання, то сума капіталовкладень в обладнання буде

$$G_E = g_1x_1 + g_2x_2. \quad (3)$$

З другого боку, якщо  $c_1, c_2$  являють собою дисконтовані змінні експлуатаційні витрати, то поточні витрати на виконання пікового обсягу визначатимуться величиною

$$G_A = a(c_1x_1 + c_2x_2). \quad (4)$$

У непікові періоди підприємство при повному використанні потужностей буде

мати надлишковий обсяг виробництва. Тому замість того, щоб виконувати обсяг ремонту

$$b(x_1 + x_2) > Bb, \quad (5)$$

воно буде виконувати обсяг ремонту

$$b(u_1 + u_2) = Bb, \quad (6)$$

де  $u_1 \leq x_1, u_2 \leq x_2$ .

І дисконтовані експлуатаційні витрати у непікові періоди становитимуть

$$G_B = b(c_1u_1 + c_2u_2). \quad (7)$$

Таким чином, ремонтному господарству локомотивного депо необхідно мінімізувати таку функцію сумарних дисконтованих загальних витрат:

$$G = (g_1 + ac_1)x_1 + (g_2 + ac_2)x_2 + b(c_1u_1 + c_2u_2) \quad (8)$$

за чотирма змінними  $x_1, x_2, u_1, u_2$ , для яких дотримуються умови

$$\left. \begin{aligned} x_1 \geq 0 \quad x_2 \geq 0 \quad 0 \leq u_1 \leq x_1 \quad 0 \leq u_2 \leq x_2 \\ x_1 + x_2 = A \\ u_1 + u_2 = B \end{aligned} \right\}. \quad (9)$$

У цьому випадку маємо справу одночасно зі змінними, що виражають обладнання, і змінними, що являють собою експлуатаційні витрати, коли необхідно знайти сумарний оптимум за витратами на придбання обладнання і на його експлуатацію.

Існує також можливість відокремити завдання оптимізації експлуатаційних витрат від завдань оптимального вибору обладнання та вирішити це останнє завдання без урахування фактичного обсягу виробництва.

Оптимізація за експлуатаційними витратами полягає в очевидній перевазі на користь додаткового обладнання, яке більш економічне з точки зору змінних пропорційних поточних витрат. Це означає, що слід за можливості збільшити  $u_1$  та

зменшити  $u_2$  аж до досягнення однієї з двох можливих меж  $u_1 = x_1$   $u_2 = 0$ .

Кожна з цих рівностей у поєднанні із рівнянням, яке виражає обсяг виробництва у непікові періоди ( $u_1 + u_2 = B$ ), дає змогу виключити обидві змінні  $u_1$  та  $u_2$ . Якщо, крім цього, урахувати строгу рівність ( $x_1 + x_2 = A$ ), яка виражає обсяг виробництва при піковому навантаженні, то функцію витрат  $G$  можна в остаточному підсумку виразити як функцію тільки однієї із змінних, які характеризують обладнання. Однак  $G$  має два різних вирази, з яких один  $G'$  відповідає випадку  $u_1 = x_1$ , а другий  $G''$  – випадку  $u_2 = 0$ . Вираз  $G'$  буває при  $x_1 \leq B$ , а  $G''$  – при  $x_1 \geq B$ :

$$\left. \begin{aligned} G' &= [g_1 - g_2 + (a+b)(c_1 - c_2)]x_1 + Ag_2 + c_2(aA + bB) \\ G'' &= [g_1 - g_2 + a(c_1 - c_2)]x_1 + Ag_2 + c_2aA + c_1bB. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Можливо усунути дискретність функції витрат, якщо розглядати тільки площину ( $x_1, u_2$ ), виключивши величини  $x_2$  та  $u_1$ , першу – за допомогою рівняння для пікового навантаження, а другу – за допомогою рівняння у непікові періоди.

Тобто

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= A - x_1 \\ u_2 &= B - u_1. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Вираз для функції витрат:

$$G = [g_1 - g_2 + a(c_1 - c_2)]x_1 + b(c_1 - c_2)u_1 + Ag_2 + (aA + bB)c_2. \quad (12)$$

Множина допустимих розв'язків визначається площиною чотирикутника OACD, включаючи і його сторони (рис. 2).

При визначенні оптимальної точки необхідно розрізняти три випадки.

Коли прямі  $G = const$  мають негативний кутовий коефіцієнт, що відповідає на підставі  $c_1 - c_2 < 0$  умові

$$g_1 + ac_1 < g_2 + ac_2, \quad (13)$$

яка означає, що одиниця потужності додаткового обладнання забезпечує

виконання плану підприємства при піковому навантаженні з меншими витратами, ніж одиниця стандартного обладнання.

З другого боку, так як обидва коефіцієнти при  $x_1$  і  $u_1$  негативні, то градієнт функції мети (зменшення витрат) спрямований у бік кута DCA.

Таким чином, оптимальною точкою буде точка С. Оптимальний розв'язок включає тільки додаткове обладнання, бо обсяг виробництва проходить через пік.

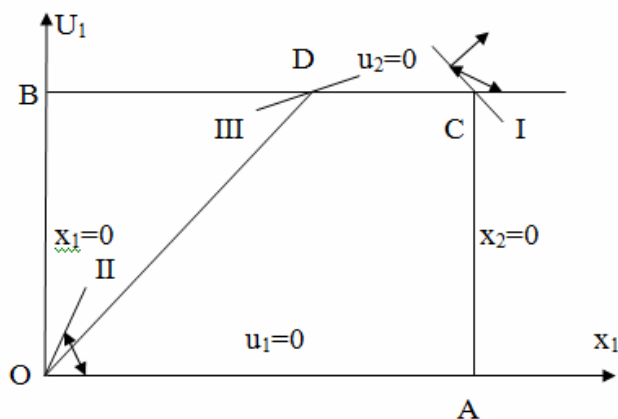


Рис. 2. Вибір стратегії забезпечення ремонтних потужностей

Коли прями  $G = const$  мають позитивний кутовий коефіцієнт, причому кут нахилу перебільшує  $45^\circ$ , що відповідає умові

$$g_1 + c_1(a+b) > g_2 + c_2(a+b), \quad (14)$$

яка означає, що одиниця додаткового обладнання забезпечує весь обсяг виробництва (при піковому та непіковому навантаженнях) з більшими витратами, ніж одинична потужність стандартного обладнання. Тому із наведеної вище нерівності випливає:  $g_1 + ac_1 > g_2 + ac_2$ .

Оптимальною точкою є точка O, а оптимальний розв'язок включає лише стандартне обладнання, зважаючи проходження обсягу виробництва через пік.

Коли прями  $G = const$  мають позитивний кутовий коефіцієнт, але кут нахилу менший, ніж  $45^\circ$ :

$$0 < g_1 - g_2 + a(c_1 - c_2) < b(c_2 - c_1). \quad (15)$$

У цьому випадку оптимальною точкою є точка D. Оптимальний розв'язок включає як додаткове обладнання, розмір якого визначається в залежності від величини непікового навантаження і яке використовується у будь-який час, так і стандартне обладнання, яке використовується разом із додатковим, для

забезпечення виробництва лише у періоди максимального навантаження.

Припустимо, що додаткове обладнання для забезпечення ремонту коштує  $c_1$ , амортизаційні відрахування складають  $\alpha$ , % загальні відрахування за період експлуатації  $\beta T$  ( $\beta$  – загальні відрахування, %;  $T$  – термін експлуатації). Тоді вартість додаткового обладнання становитиме

$$c' = c_1(100\% + \alpha\% + \beta T\%). \quad (16)$$

Наведені витрати на утримання обладнання з урахуванням амортизації становитимуть  $g' = \frac{g}{\alpha}$ , де  $g$  – загальні надходження на утримання обладнання. Звідки сумарні витрати на додаткове обладнання становитимуть

$$\sum c_2 = c' + h \frac{g}{\alpha}. \quad (17)$$

Прийемо, що витрати на стандартне обладнання  $c_2 = c_1$ , але на величину  $x$  зменшуються витрати на його утримання при зростанні загальних нарахувань на величину  $u$ .

З урахуванням цього сумарні витрати на стандартне обладнання становитимуть

$$\sum c^2 = (1-x)c^1 + \frac{h(1+y)g}{\alpha} \quad (18)$$

Для вирішення питання щодо величини  $h$  прирівняємо вирази (17) і (18)

$$c^1 + \frac{hg}{\alpha} = (1-x)c^1 + \frac{h(1+y)g}{\alpha}$$

Отримаємо вираз

$$h = \frac{x}{y} \left( \frac{c^1 g}{\alpha} \right)$$

Як видно з наведеного,  $h$  залежить прямо пропорційно від  $x$  і обернено пропорційно від  $y$ .

Графічна залежність  $h = f(x, y)$  при  $\frac{c^1 g}{\alpha} = 1$  наведена на рис. 3.

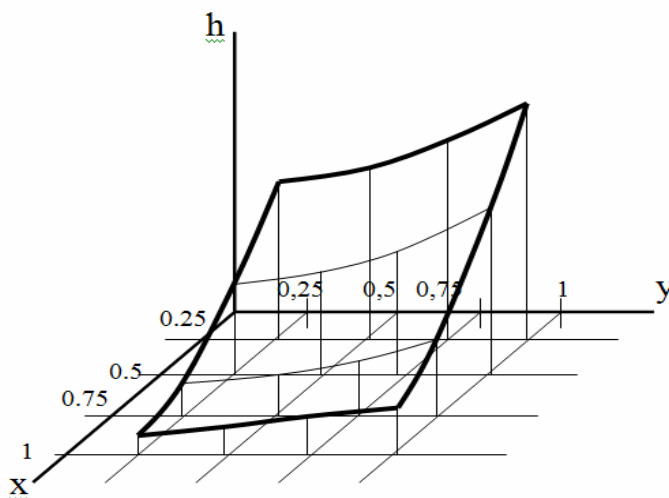


Рис. 3. Залежність  $h = f(x, y)$

### Висновки

1. У залежності від співвідношень вартості одиночної потужності ( $g_1, g_2$ ) і дисконтованої зміни експлуатаційних витрат ( $c_1, c_2$ ) і тривалості використання обладнання ( $a, b$ ) можна визначити обсяг виробництва, який визначає пріоритети використання додаткового, сумісного або стандартного обладнання.

2. Динаміка обсягів витрат на ремонт  $h$  залежить від параметрів  $x$  і  $y$ . Конкретні

значення сумарних витрат коректуються на величину  $\left( \frac{c^1 g}{\alpha} \right)$  згідно з динамікою  $h$ , що подана на рис. 3.

3. При реструктуризації ремонтних господарств залізниць використання цієї методики дасть змогу ефективно перерозподіляти ресурси на створення опорних депо, які спроможні проводити ТО, ПР ТРС різних серій для різних депо.

### Список використаних джерел

1. Пичугина, Т. С. Модель возведения комплекса объектов [Текст] / Т. С. Пичугина, П. Ю. Баранов, С. А. Пичугин. – Харьков: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1985. – 136 с.
2. Оптимальный план отрасли [Текст] / И. Я. Бирман, В. Ф. Пугачев, В. А. Волконский [и др.]. – М.: Экономика, 1970. – 431 с.

3. Модель формування парку тягового руху рухомого складу в локомотивних депо в умовах реформування залізниць України [Текст] / О. С. Крашенінін, А. П. Фалендиш, С. Г. Жалкін, О. О. Шапатіна // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 97. – С. 5-9.
4. Falendysh A. Software analysis for modeling the parameters of shunting locomotives chassis [Text] / Falendysh A., Volodarets M., Hatchenko V., Vykhopen I. / MATEC Web of Conferences. – 2017 – 116.
5. Моделювання парку ТРС на перехідний період поступової його зміни [Текст] / М. В. Паламарчук, О. С. Крашенінін, Ю. В. Кривошея [та ін.] // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк: ДонІЗТ, 2009. – Вип. 20. – С. 61-68.
6. Концепція розвитку і реструктуризації локомотивного депо [Текст] / О. С. Крашенінін, А. П. Фалендиш, О. О. Шапатіна, М. М. Одегов // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. – Вип. 27. – С. 133-136.
7. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 45387 Комп'ютерна програма «Розрахунок структури парку тягового рухомого складу на перехідний період його зміни» [Текст] / О. С. Крашенінін, С. А. Матвієнко : заява 02.07.2012 ; реєстрація 03.09.2012. – К., 2012.
8. Крашенінін, О. С. Методика оцінки терміну виробництва нового ТРС для заміни експлуатованого ТРС, ресурс якого наблизився до граничного [Текст] / О. С. Крашенінін, Ю. В. Гринів, М. В. Максимов // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 133. – С. 247-250.
9. Сытник, В. Ф. Математические модели в планировании и управлении предприятием [Текст] / В. Ф. Сытник, Е. А. Карагодова. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1985. – 214 с.
10. Петраков, Н. Я. Экономико-математические исследования затрат и результатов [Текст] / Н. Я. Петраков. – М.: Наука, 1976. – 270 с.
11. Овчаров, Л. А. Прикладные задачи теории массового обслуживания [Текст] / Л. А. Овчаров. – М.: Машиностроение, 1969. – 324 с.

---

Крашенінін Олександр Семенович, д-р техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-19-99.

E-mail: Alsem1512@gmail.com.

Сулежко Дмитро Едуардович, магістрант ІППК (Проект TEMPUS IV) Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (095) 414-11-71. E-mail: dmitriys1113@gmail.com.

Krashenin Oлександр, doct. of techn. sciences, professor, Department of maintenance and repair of rolling stock, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (057) 730-19-99. E-mail: Alsem1512@gmail.com.

Sulezhko Dmytro, gs of ESIRAT (project TEMPUS IV) Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (095) 414-11-71. E-mail: dmitriys1113@gmail.com.

Стаття прийнята 10.11.2017 р.