

УДК 629.463.004.67:656.2.003.1

**Ю. С. БАРАШ,  
В. В. СКАЛОЗУБ,  
Ю. В. БУЛГАКОВА**

## **МЕТОДИКА РОЗПОДІЛУ ПРОГРАМИ РЕМОНТУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ПО ОКРЕМИХ ДЕПО В УМОВАХ РЕФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ГАЛУЗІ**

*Запропонована економіко-математична постановка задачі щодо розподілу програми ремонту універсальних вантажних вагонів по окремих депо.*

*Ключові слова: депо, вантажні вагони, приведені витрати, програма ремонту.*

*Предложена экономико-математическая постановка задачи распределения программы ремонта универсальных грузовых вагонов по отдельным депо.*

*Ключевые слова: депо, грузовые вагоны, приведенные затраты, программа ремонта.*

*An economic-mathematical formulation of the universal distribution program repair of freight cars on a separate depot.*

*Key words: depots, freight cars, estimates of the costs, program repair.*

**Постановка проблеми.** З метою визначення напрямків подальшого розвитку та функціонування транспортного сектору економіки України, розширення міжнародних транспортних зв'язків, ефективного використання транзитного потенціалу країни, проведення структурних реформ на транспорті Кабінетом Міністрів України затверджено транспортну стратегію України на період до 2020 року.

Пріоритетними напрямками у подальшому розвитку залізничного транспорту є [1]:

1. Реформування системи управління залізничним транспортом.
2. Впровадження рухомого складу нового покоління та модернізація існуючого.
3. Подальший розвиток залізничної інфраструктури.
4. Інтенсифікація та вдосконалення технологій перевезень пасажирів та вантажів.
5. Інноваційний розвиток і вдосконалення підготовки науково-технічного та кадрового потенціалу.

Для вагонного господарства Укрзалізниці це, зокрема, означає розрахунок необхідної кількості вагонних депо полігону, спеціалізацію

їх на ремонтах окремих типів вагонів та визначення оптимальних програм ремонту для кожного депо. У [2] запропоновано економіко-математичну модель для ремонту локомотивів. Для деповського ремонту вантажних вагонів такої моделі ще не створено.

Для мінімізації витрат на деповський ремонт вантажних вагонів необхідно розв'язати ряд важливих завдань:

– переспціалізувати вагонні депо на ремонт одного, іноді, двох типів вагонів; [3]

– розрахувати оптимальну потужність кожного вагонного депо залежно від розміру вагонозбирального цеху;

– розрахувати необхідні капітальні вкладення на модернізацію кожного вагонного депо з метою підготовки приміщень та обладнання для виконання програми ремонту;

– визначити величину експлуатаційних та приведених витрат на ремонт вагона залежно від оптимальної потужності депо;

– розподілити програму ремонту вагонів по окремих депо полігону за умови мінімізації приведених витрат та інші. [4]

**Мега статті.** У роботі запропоновано методику розподілу програми ремонту універсальних вантажних вагонів по окремих депо, враховуючи їх оптимальну потужність та спеціалізацію.

**Виклад основного матеріалу.** Для вибору оптимального варіанту розвитку вагоноремонтної деповської бази України пропонується використати економіко-математичну постановку задачі розподілу програми ремонту, сутність якої полягає у наступному. У поточний момент на полігоні залізниць є вагонні депо, позначимо їх кількість через  $nN_{\text{існ}}$ . Кожне вагонне депо має початковий стан, що характеризується величиною проектної потужності, яка залежить від кількості ремонтних позицій. Знаючи проектну потужність, можна розрахувати економічно обґрунтовану програму ремонту кожного депо:

$$N^i = \frac{M^i}{k_p^i}, \quad (1)$$

де

$M^i$  – виробнича потужність і-го депо на ремонт вантажних вагонів;

$k_p^i$  – коефіцієнт резерву і-го депо, що задається у вихідних даних.

Для здійснення подальших розрахунків необхідно спеціалізувати кожне депо на ремонт одного або двох типів вагонів з урахуванням коефіцієнтів приведення:

$$N^i = N_{\text{п/в}}^i + N_{\text{пл}}^i * k_{\text{пл}}^{\text{пп}} + N_{\text{кр}}^i * k_{\text{кр}}^{\text{пп}} + N_{\text{ц}}^i * k_{\text{ц}}^{\text{пп}}, \quad (2)$$

де

$k_{п/в}^{пр}, k_{пл}^{пр}, k_{ц}^{пр}, k_{кр}^{пр}$  – коефіцієнти приведення до піввагонів нормативних трудовитрат на ремонт одиниці піввагонів, платформ, цистерн та критих вагонів.

Таким чином, виробничі потужності депо представляються як:

$$M^i = k_p^i \left( \sum_{i=1}^n N_{п/в}^i * k_{п/в}^{пр} + \sum_{i=1}^n N_{пл}^i * k_{пл}^{пр} + \sum_{i=1}^n N_{ц}^i * k_{ц}^{пр} + \sum_{i=1}^n N_{кр}^i * k_{кр}^{пр} \right), \quad (3)$$

Для полігону економічно обґрунтована програма ремонту розраховується з урахуванням вимог:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n u_i N_{п/в}^i &\geq N_{п/в}^{пол}, \quad \sum_{i=1}^n u_i N_{пл}^i \geq N_{пл}^{пол}; \\ \sum_{i=1}^n u_i N_{кр}^i &\geq N_{кр}^{пол}, \quad \sum_{i=1}^n u_i N_{ц}^i \geq N_{ц}^{пол}, \end{aligned} \quad (4)$$

де

$N_{п/в}^i, N_{пл}^i, N_{кр}^i, N_{ц}^i$  – економічно обґрунтована програма  $i$ -го депо на ремонт піввагонів, платформ, критих вагонів, цистерн відповідно;

$N_{п/в}^{пол}, N_{пл}^{пол}, N_{кр}^{пол}, N_{ц}^{пол}$  – економічно обґрунтована програма полігону на ремонт піввагонів, платформ, критих вагонів, цистерн відповідно;

$u_i$  – бінарна змінна:  $\bar{u} = (u_1, u_2, \dots, u_n)$  – вектор змінних, що підлягають управлінню; якщо  $u_i = 0$  – депо виключають з розрахунків,  $u_i = 1$  – депо залишається для виконання подальших розрахунків.

Для реконструкції вагонного депо на оптимальну потужність слід визначити необхідні капітальні вкладення у розмірі:

$$k^i = k_{зб}^i + k_{пдц}^i, \quad (5)$$

де

$k_{зб}^i$  – капітальні вкладення у вагонозбиральний цех  $i$ -го депо;

$k_{пдц}^i$  – капітальні вкладення у підсобно-допоміжний цех  $i$ -го депо.

При виконанні ремонту кожне депо має певні річні умовно постійні та умовно-змінні експлуатаційні витрати –  $C_{пост}^i, C_{зм}^i$ .

Для визначення найкращого варіанту розвитку вагоноремонтної бази України слід встановити критерій оптимальності, на основі якого здійснюється оцінка варіантів реформування. В якості такого критерію доцільно прийняти мінімум приведених витрат  $E_{пр}^i$ , що дозволить у вартісній формі врахувати всі витрати. Показник приведених витрат визначається як:

$$E_{\text{пр}}^i = k^i * \gamma + C_{\text{пост}}^i + C_{\text{зм}}^i * N^i + E_{\text{тр}}^i, \quad (6)$$

де

$E_{\text{пр}}^i$  – приведені витрати і-го депо;

$\gamma$  – коефіцієнт ефективності, який приводить капітальні вкладення до експлуатаційних витрат, і зараз може бути прийнятим 0,125;

$C_{\text{пост}}^i$  – умовно-постійні річні експлуатаційні витрати і-го депо;

$C_{\text{зм}}^i$  – умовно-змінні річні експлуатаційні витрати і-го депо;

$E_{\text{тр}}^i$  – витрати на підсилку вагонів.

Позначимо необхідні річні потреби у ремонті піввагонів, платформ, цистерн та критих вагонів по полігону відповідно –  $N_{\text{п/в}}^{*\text{пол}}$ ,  $N_{\text{пл}}^{*\text{пол}}$ ,  $N_{\text{ц}}^{*\text{пол}}$ ,  $N_{\text{кр}}^{*\text{пол}}$ ,  $\epsilon$  прогнозними даними, які задаються Укрзалізницею.

Для оптимального розподілу програми ремонту депо, що відповідає критерію мінімуму приведених витрат, необхідно економіко-математична модель із розподілу програми ремонту вантажних вагонів по депо. Необхідно знайти:

$$- \bar{U}_x \text{ таке, що } E_{\text{пр}(\bar{u}_x)}^{\text{пол}} = \min E_{\text{пр}(u)}^{\text{пол}}$$

$$\bar{u} \in D_{\bar{u}} = D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n,$$

де

$x$  – знак операції Декартового добутку;

–  $u_i$  – назви тих депо, що залишаються у вагонному господарстві.

При цьому, також, треба перерозподілити необхідну програму ремонту по окремих депо полігону, враховуючи обмеження:

$$N_{\text{п/в}}^{\text{пол}} \geq N_{\text{п/в}}^{*\text{пол}}; N_{\text{кр}}^{\text{пол}} \geq N_{\text{кр}}^{*\text{пол}}; N_{\text{пл}}^{\text{пол}} \geq N_{\text{пл}}^{*\text{пол}}; N_{\text{ц}}^{\text{пол}} \geq N_{\text{ц}}^{*\text{пол}}$$

$$\forall N_{\text{п/в}}^i \geq 0; \forall N_{\text{п/в}}^i - \text{ціле}; \forall N_{\text{пл}}^i \geq 0; \forall N_{\text{пл}}^i - \text{ціле};$$

$$\forall N_{\text{кр}}^i \geq 0; \forall N_{\text{кр}}^i - \text{ціле}; \forall N_{\text{ц}}^i \geq 0; \forall N_{\text{ц}}^i - \text{ціле}$$

$$k \leq \sum_{i=1}^n k^i; \forall k^i \geq 0$$

$$E_{\text{пр}}^{\text{пол}} = \sum_{i=1}^n E_{\text{пр}}^i * u_i \rightarrow \min u_i \in \{0; 1\} = D_i,$$

де

$E_{\text{пр}}^{\text{пол}}$  – приведені витрати полігону.

Вагонні депо, які доцільно виключити, мають декілька варіантів розвитку:

- передача в орендувантажним компаніям;
- продаж або переспеціалізація на іншу продукцію;
- зняття з балансу Укрзалізниці як непрофільний актив та заключення договору аутсорсінгу.

**Приклад оптимального розподілу програми ремонту.** В даному прикладі оптимального розподілу програми ремонту на полігоні є одинадцять вагонних депо, характеристика який надана в табл. 1.

Перші три депо спеціалізуються на ремонті піввагонів, депо 4 і 5 ремонтують лише криті вагони, депо 6 – платформи, депо 7 – цистерни. Депо 8 – 11 мають подвійну спеціалізацію.

Таблиця 1

**Вихідні дані для здійснення розрахунків**

Депо	$M_{п/в}^i$	$M_{кр}^i$	$M_{пл}^i$	$M_{ц}^i$	$k_{пл}^{np}$	$k_{кр}^{np}$	$k_{ц}^{np}$	$k_{зб}^i$ , М лн грн	$k_{пл}^i$ , млн грн	$k_p^i$	$C_{пост}^i$ тис. грн	$C_{зм}^i$ , тис. грн
Депо 1	5545	–	–	–	0,9	1,1	1,1	2,3	1,0	1,1	28,2	24,5
Депо 2	3600	–	–	–	0,9	1,1	1,1	0,6	3,0	1,1	28,3	24,6
Депо 3	3000	–	–	–	0,9	1,1	1,1	3,0	0,2	1,1	28,3	24,7
Депо 4	–	5040	–	–	0,9	1,1	1,1	0,7	3,0	1,1	28,1	24,7
Депо 5	–	2240	–	–	0,9	1,1	1,1	3,0	0,8	1,1	28,2	24,6
Депо 6	–	–	3400	–	0,9	1,1	1,1	3,6	0,0	1,1	28,3	24,7
Депо 7	–	–	–	3360	0,9	1,1	1,1	2,0	1,5	1,1	28,3	24,6
Депо 8	–	912	3100	–	0,9	1,1	1,1	1,0	3,0	1,1	28,2	24,5
Депо 9	672	–	–	3100	0,9	1,1	1,1	2,0	2,0	1,1	28,3	24,7
Депо 10	672	–	746	–	0,9	1,1	1,1	2,0	0,6	1,05	28,1	24,5
Депо 11	1400	896	–	–	0,9	1,1	1,1	2,8	2,0	1,05	28,1	24,7

Основними показниками-характеристиками депо є їх виробничі потужності  $M^i$ , економічно обґрунтовані програми ремонту  $N_{п/в}^i$ ,  $N_{пл}^i$ ,  $N_{кр}^i$ ,  $N_{ц}^i$ ; капітальні вкладення у вагонозбиральний та

підсобно-допоміжний цехи – відповідно  $k_{зб}^i, k_{пдц}^i$ ; умовно-постійні та умовно-змінні річні експлуатаційні витрати  $i$ -го депо – відповідно  $C_{пост}^i, C_{зм}^i$ ; та коефіцієнти резерву –  $k_p^i$ .

При цьому, необхідно відремонтувати в розрахунковому році:  
 $N_{пол}^{*п/в} = 8000$  (ваг.),  $N_{пол}^{*пл} = 3000$  (ваг.),  $N_{пол}^{*кр} = 3000$  (ваг.),  $N_{пол}^{*ц} = 3000$  (ваг.).

Для розрахунку використано метод перебору з використанням спеціальної програми.

Таблиця 2

### Результати розрахунків оптимального розподілу програми ремонту

Назва депо	піввагони	платформи	криті	цистерни
Депо 7	0	0	0	3000
Депо 6	0	3000	0	0
Депо 4	0	0	3000	0
Депо 2	2959	0	0	0
Депо 1	5041	0	0	0
Разом	8000	3000	3000	3000

В результаті виконаних розрахунків з існуючих на полігоні 11 депо залишилось всього п'ять: для ремонту піввагонів – 1-е і 2-е депо, для платформ – 6-е депо, для критих вагонів – 4-е депо, для ремонту цистерн залишилось 7-е депо. Депо з подвійною спеціалізацією не залишилось.

**Висновки.** Запропонована методика розподілу програми ремонту вантажних вагонів по окремих депо, яка базується на використанні методів економіко-математичного моделювання управління складними процесами.

При цьому у статті виконано економіко-математичну постановку задачі щодо розподілу програми ремонту універсальних вантажних вагонів по окремих депо, а також розрахунок, який підтверджує дієвість запропонованої методики у виборі найкращого варіанту розвитку вагоноремонтної бази України.

Запропоновану модель можливо застосувати під час реформування технічної бази для деповського ремонту вантажних вагонів України.

### БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Р о з п о р я д ж е н н я КабінетМіністрівУкраїнівід 20 жовтня 2010 р. № 2174-р.– Київ: «Про схваленнятранспортноїстратегіїУкраїни на період до 2020 року»

2. Босов А. А., Кірпа Г. М. Формування варіантів раціональної мережі ліній високошвидкісного руху поїздів в Україні: Монографія. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 144 с. – Рос. мовою

3. Аввакумов С. М. Исследование вопросов специализации, концентрации и размещения вагоноремонтных предприятий по сети железных дорог СССР: Дис. на соиск. ученой степ.канд. экон. наук. – М., 1971. – 220 с. с ил.

4. Бараш Ю. С. Рациональные пути развития технической базы для деповского ремонта грузовых вагонов: дисс. к. т. н. / Ю. С. Бараш; Гомель. БИИЖТ. – Г., 1981. – 182 с