

**Володимир Пузир<sup>1</sup>, Олександр Крашенінін<sup>2</sup>, Юрій Дацун<sup>3</sup>, Олександр Обозний<sup>4\*</sup>, Ольга Шапатіна<sup>5</sup>, Володимир Задесенець<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6096-9049>

<sup>2</sup>Кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7462-3372>

<sup>3</sup>Кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5794-1528>

<sup>4</sup>Кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0843-6023>

<sup>5</sup>Кафедра управління вантажною і комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9185-6212>

<sup>6</sup>Кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6900-6265>

\*Автор, відповідальний за листування: [obozny@kart.edu.ua](mailto:obozny@kart.edu.ua)

## ВИБІР СТРАТЕГІЇ УТРИМАННЯ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКУ ПРИ ЗАПРОВАДЖЕННІ СЕРВІСУ

*В експлуатації часом виникають ситуації щодо невизначеності оцінки технічного стану обладнання локомотивів і одночасно вибору оптимальної стратегії його утримання, в тому числі з можливістю застосування сервісу. Застосування концепції сервісу дає можливість стимулювати роботу всіх підрозділів локомотивного господарства, економити всі види ресурсів на експлуатацію локомотивів.*

*Відповідно до цього в статті обґрунтовується вибір стратегії утримання локомотивного парку за допомогою використання положень теорії статистичних рішень. Для теоретичного обґрунтування переходу на сервіс щодо прийняття рішень в конфліктних ситуаціях і визначення оптимальної стратегії поведінки кожного з учасників в даній ситуації застосовувались підходи теорії ігор. Розглядалися підходи до вибору стратегії утримання локомотивного парку при запровадженні сервісу на основі положень теорії стратегічних ігор за критерієм максимуму ефективності.*

*Показано на прикладах рішення деяких задач вибору стратегії ТО, ПР локомотивів для різних виробничих ситуацій. Зроблено висновок, що найкраще описує різні ситуації і дозволяє приймати раціональні рішення змішана стратегія. Також зазначено, що для конкретизації алгоритму дій найбільш ефективним підходом є комплексне застосування теорії стратегічних рішень, теорії нечітких множин, теорії розпізнавання образів.*

**Ключові слова:** локомотиви, гравці, теорія стратегічних ігор, стратегія, сервіс.

**Вступ.** На фоні загального погіршення технічного стану локомотивного парку залізниць, недостатнього фінансування його гілок і особливо локомотивного господарства Укрзалізницею зроблена спроба поступового реанімування галузі.

Це і структурне реформування підрозділів залізниць і оновлення рухомого складу за рахунок закупівлі закордонного швидкісного рухомого складу і вантажних локомотивів.

Але ці кроки в цілому ще не внесли суттєвих змін в роботу транспорту і поліпшення його технічного стану. Досі експлуатується тяговий і нетяговий рухомий склад, що досяг або перевершив нормативний термін його використання.

Разом з цим, як свідчить досвід розвинутих країн, доцільно при експлуатації локомотивів впроваджувати концепцію сервісу, оскільки це дає можливість стимулювати роботу всіх підрозділів локомотивного господарства, економити всі види ресурсів на експлуатацію локомотивів [1, 2, 3, 4].

**Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми.** В наукових виданнях з'явилася ряд цікавих підходів щодо обґрунтування необхідності переходу до нових стратегій утримання тягового рухомого складу [1, 2, 3]. Зокрема, це запровадження системи АСУНТ, модульного формування локомотивів та принципів сервісу локомотивів.

Слід відзначити, що ці підходи мають деякі особливості, щоб на пряму запровадити їх в нашій країні: це можливість фінансування, промисловий потенціал і наявність накопиченого позитивного досвіду.

Разом з цим, у вітчизняних фахових виданнях проведені дослідження щодо особливості розвитку інфраструктури і особливостей утримання локомотивів [4, 5, 6, 7].

Вітчизняними і закордонними науковцями багато уваги приділялося оптимізації системи ТО, ПР ТРС, впровадження в ТО і ПР методів і систем діагностування, засобів автоматизації і інформаційних технологій, оцінці життєвого циклу ТРС [4, 8, 9, 10].

Поєднання цих підходів з позитивним досвідом країн, що запровадили принцип сервісу, дозволить адаптуватися галузі до нових реалій утримання рухомого складу.

Теоретичне обґрунтування переходу на сервіс достатньо глибоко можна описати застосовуючи підходи теорії ігор [11, 12], щодо прийняття рішень в конфліктних ситуаціях і визначення оптимальної стратегії поведінки кожного з учасників в цій ситуації.

**Мета і завдання дослідження.** Метою статті є розгляд підходів щодо вибору стратегії утримання локомотивного парку при запровадженні сервісу на основі положень теорії стратегічних ігор за критерієм максимуму ефективності.

**Матеріали та методи дослідження.** Перехід до нових принципів управління господарством, в тому числі все більшої його частини на створення конкурентного середовища і відходу від планової до ринкової економіки, ставить перед галуззю складні задачі. На фоні значного погіршення технічного стану рухомого складу і повільного його оновлення необхідно шукати шляхи, що дозволять впевнено утримувати галузь як ресурсоутворюючу.

Аналіз досвіду багатьох країн показує на необхідність всілякої економії фінансових і промислових ресурсів при організації роботи локомотивного господарства в рамках нових підходів до утримання локомотивів.

Обґрунтування цих підходів можна описати математично, застосовуючи методи теорії ігор, де зіштовхнуться інтереси двох або більше супротивників або гравців. В загальному випадку під гравцями розуміються групи з протилежними інтересами. Для вирішення конфлікту у кожного з гравців маєтись декілька виборів. Остаточне прийняття рішення гравцем може залежати як від випадковостей, так і від поведінки інших гравців.

В кожній грі гравці обирають для себе найбільш благосприятне рішення, яке не може бути порушене діями супротивника або природи, тобто обирають стратегію [11, 12].

Розглянемо декілька конкретних прикладів із розв'язання конфліктної ситуації, що може виникнути при організації ТО, ПР локомотивів.

Нехай замовлення на організацію ремонту обладнання локомотивів (дизелів і тягових електричних машин) для деякого регіону локомотивних депо виконувалося заводами на суму 1 млрд. грн.

Сервісний центр може виконати це замовлення за умови аудиту технічного стану ТРС і потужностей локомотивних депо на суму значно меншу, але можуть виникнути декілька ситуацій.

По плану сервісного центру він може виконати замовлення на суму 45 млн. грн. на ремонт дизелів і тягових електричних машин для локомотивних депо. При цьому середня собівартість ремонту дизеля складає 500 тис. грн., а тягової електричної машини відповідно 100 тис. грн.

Реалізація виконання замовлення сервісним центром на період поставки його в депо складає відповідно по дизелях 600 тис. грн., а по тягових електричних машинах 130 тис. грн.

По прогнозу, в разі наявності заявок на сервіс обладнання від депо, сервісний центр може виконати замовлення у кількості: дизелів – 40 одиниць, тягових електричних машин – 250 одиниць. А в разі невизначеності кількості заявок від депо сервісний центр планує відремонтувати 50 дизелів і 200 тягових електричних машин.

Звичайно, у разі невизначеності замовлень сервісний центр, з одного боку, може перевищити витрати на організацію підготовки до сервісу, коли замовлень буде менше, а з іншого боку, втратити частину прибутку, коли не зможе забезпечити сервісом локомотивні депо.

Виникає необхідність обрати стратегію, щоб максимізувати середній прибуток в умовах виникнення можливих ситуацій.

Якщо сервісний центр розраховує на першу стратегію (С) (організація сервісу 40 дизелів і 250 тягових електричних машин) для стабільних замовлень (С) і нестабільних замовлень (Н), то прибутки сервісного центру відповідно складатимуть:

$$CC: 40 \cdot (600 - 500) + 250 \cdot (130 - 100) = 11500 \text{ тис. грн.}$$

$$CH: 40 \cdot (600 - 500) + 200 \cdot (130 - 100) - 50 \cdot (130 - 100) = 8500 \text{ тис. грн.}$$

При виборі другої стратегії (Н) і можливих ситуацій прибуток сервісного центру складатиме відповідно:

$$HC: 40 \cdot (600 - 500) + 200 \cdot (130 - 100) - 10 \cdot (600 - 500) = 9000 \text{ тис. грн.}$$

$$HN: 50 \cdot (600 - 500) + 200 \cdot (130 - 100) = 11000 \text{ тис. грн.}$$

Тоді платіжна матриця матиме вигляд (табл. 1)

*Таблиця 1. Платіжна матриця*

Стратегія \ Ситуація	Стабільна (С), тис. грн.	Нестабільна (Н), тис. грн.
С (40 дизелів, 250 ТЕМ)	11500	8500
Н (50 дизелів, 200 ТЕМ)	9000	11000

Для спрощення розрахунків скоротимо наведені значення на 500 тис. грн. і отримаємо наступну матрицю (табл. 2).

Обчислимо нижню і верхню ціну, грн. і маємо:

$\alpha = \max \min(17, 18) = 18$ ;  $\beta = \min \max(23, 22) = 22$ . матриця не має сідлового елемента. Це визначає необхідність застосування змішаної стратегії для сервісного центру і локомотивних депо.

Позначимо через  $(x_1, x_2)$  і  $(y_1, y_2)$  змішані стратегії гравців. Маємо систему рівнянь

$$\begin{cases} 23x_1 + 18x_2 = \zeta \\ 17x_1 + 22x_2 = \zeta \end{cases} \quad (1)$$

*Таблиця 2. Платіжна матриця*

Стратегія \ Ситуація	Стабільна (С), грн.	Нестабільна (Н), грн.	min, грн.
С (40 дизелів, 250 ТЕМ)	23	17	17
Н (50 дизелів, 200 ТЕМ)	18	22	18
max	23	22	

Оскільки  $x_1 + x_2 = 1$ , то рішення системи (1) визначає оптимальні змішані стратегії для сервісного центру:  $x_1 = \frac{2}{5}$ ,  $x_2 = \frac{3}{5}$ .

Підставляючи отримані значення в (1) отримуємо ціну в грн.

$$\zeta = 23 \cdot \frac{2}{5} + 18 \cdot \frac{3}{5} = 20 \text{ грн.}$$

З урахуванням попереднього спрощення

$$\zeta = 20 \cdot 500 = 10000 \text{ тис. грн.}$$

Аналогічно оптимальна змішана стратегія (можливі ситуації) визначається з рівнянь

$$\begin{cases} 23y_1 + 17y_2 = \zeta \\ 18y_1 + 22y_2 = \zeta \end{cases} \quad (2)$$

Оскільки  $y_1 + y_2 = 1$  отримуємо  $y_1 = \frac{1}{2}$ ,  $y_2 = \frac{1}{2}$

$$\zeta = 23 \cdot \frac{1}{2} + 17 \cdot \frac{1}{2} = 20 \text{ грн. (10000 тис. грн.)}$$

Таким чином, використовуючи змішану стратегію гравець (сервісний центр) в середньому буде отримувати 10000 тис. грн. за виконання замовлень з ремонту дизелів і тягових електричних машин.

Остаточно можна визначити кількість дизелів (Д) і тягових електричних машин (ТЕМ), для яких необхідно організувати сервіс при максимальному середньому прибутку сервісного центру

$$N = (40Д + 250ТЕМ) \cdot \frac{2}{5} + (50Д + 200ТЕМ) \cdot \frac{3}{5} = 46Д + 220ТЕМ$$

Тобто найкращим для сервісного центру є підготовка до організації ремонту 46 дизелів і 220 тягових електричних машин.

Розглянемо ситуацію, коли перед сервісним центром виникає завдання вибору оптимальної стратегії за таких умов. Сервісний центр організує ремонт і контроль готової продукції для потреб депо, що експлуатують рейкові автобуси.

Зокрема, в експлуатації через порушення вимог заводу-виробника досить часто спостерігається вихід з ладу гумово-вакуумних амортизаторів. В комплекті за договірною ціною цей амортизатор коштує 20 тис. у.о., але при виході з ладу організація його заміни в середньому коштує 200 тис. у.о.

У сервісного центру є декілька варіантів знизити ці витрати.

Можна застосувати деяку технологію, яка гарантує виявлення передвідмовного стану гумово-вакуумного амортизатора з імовірністю 0,75, але використання цієї технології коштує 20 тис. у.о.

Інша технологія достатньо дешева, але з імовірністю 0,9 вона може пошкодити амортизатор.

Сервісний центр може також отримати імпорتنі гумово-вакуумні амортизатори високої якості за 100 тис. у.о.

Оскільки сервісний центр організує сервіс декількох депо, йому необхідно мінімізувати середні витрати на один гумово-вакуумний амортизатор.

Цю задачу можна звести до рішення наступної ігрової ситуації, що наведена в табл. 3.

## ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ

Наведені в табл. 3 витрати отримані таким чином. Коли виконується перевірка за 20 тис. у.о. і визначається стан відмови гумово-вакуумного амортизатора, то витрати дорівнюють:

$$2.1: (-200) \cdot 0,25 + (-20) \cdot 0,75 + (-20) = -85 \text{ тис. у.о.}$$

Для інших сполучень стратегія – ситуація маємо:

$$2.2: (-20) \cdot 0,25 + (-20) \cdot 0,75 + (-20) = -40 \text{ тис. у.о.}$$

$$3.1: (-20) \cdot 0,1 + (-20) \cdot 0,9 = -20 \text{ тис. у.о.}$$

$$3.2: (-200) \cdot 0,1 + (-200) \cdot 0,9 = -200 \text{ тис. у.о.}$$

Як видно з наведеної табл. 3, гра не має сідлової точки, тобто потрібно використання змішаної стратегії. Зауважимо, що при застосуванні 2, 3, 4 стратегії можна зробити деякі спрощення, виходячи з наступних розрахунків.

При застосуванні 2-ї і 3-ї стратегії для ситуації наявності відмови змішане використання цих стратегій при будь-якому їх співвідношенні не перевищує витрати при застосуванні 4-ї стратегії.

$$(-85) \cdot 0,9 + (-20) \cdot 0,1 = -78,5 \text{ тис. у.о.} > -100 \text{ тис. у.о.}$$

*Таблиця 3. Витрати коштів при різних співвідношеннях обраної стратегії і можливих ситуацій*

Стратегія \ Ситуація	Стан гумово-вакуумних амортизаторів		Мінімум у рядку
	1 Відмова	2 Працездатний	
1. Без контролю	-200 тис. у.о.	-20 тис. у.о.	-200 тис. у.о.
2. Перевірка (р = 0,75)	-85 тис. у.о.	-40 тис. у.о.	-85 тис. у.о.
3. Перевірка (р = 0,9)	-20 тис. у.о.	-200 тис. у.о.	-200 тис. у.о.
4. Закупки по імпорту	-100 тис. у.о.	-100 тис. у.о.	-100 тис. у.о.
Максимум у стовпцях	-20 тис. у.о.	-20 тис. у.о.	

Але при ситуації, коли стан гумово-вакуумного амортизатора працездатний, співвідношення цих стратегій не повинно використовуватися в діапазоні менше 7:3 (або 0,7:0,3)

$$(-40) \cdot 0,7 + (-200) \cdot 0,3 = -80 \text{ тис. у.о.} > -100 \text{ тис. у.о.}$$

В іншому випадку

$$(-40) \cdot 0,6 + (-200) \cdot 0,4 = -104 \text{ тис. у.о.} < -100 \text{ тис. у.о.}$$

Звідси можна зробити висновок, що четверта стратегія не входить в оптимальну змішану стратегію.

Із стратегій, що залишилися, можна створити три гри 2×2.

При використанні 1-ї і 2-ї стратегії (табл. 4).

*Таблиця 4. Витрати коштів при використанні 1-ї і 2-ї стратегії*

Стратегія \ Ситуація	Стан гумово-вакуумних амортизаторів		Мінімум у рядку
	1 Відмова	2 Працездатний	
1. Без контролю	-200 тис. у.о.	-20 тис. у.о.	-200 тис. у.о.
2. Перевірка (р = 0,75)	-85 тис. у.о.	-40 тис. у.о.	-85 тис. у.о.
Максимум у стовпцях	-85 тис. у.о.	-20 тис. у.о.	

Ця гра має сідлову точку, тобто витрати на організацію сервісу гумово-вакуумних амортизаторів складуть 85 тис. у.о.

При використанні 1-ї та 3-ї стратегій (табл. 5).

Ця гра не має сідлової точки, тому потрібно визначити оптимальне співвідношення використання цих стратегій з системи рівнянь

$$\begin{cases} 200x_1 + 20x_2 = \zeta \\ 20x_1 + 200x_2 = \zeta \\ x_1 + x_2 = 1 \end{cases} \quad (3)$$

Знаходимо значення  $x_1 = \frac{1}{2}$ ,  $x_2 = \frac{1}{2}$ .

Середня вартість застосування цих стратегій

$$\zeta = (-200) \cdot \frac{1}{2} + (-20) \cdot \frac{1}{2} = -110 \text{ тис. у.о.}$$

**Таблиця 5. Витрати коштів при використанні 1-ї і 3-ї стратегії**

Стратегія \ Ситуація	Стан гумово-вакуумних амортизаторів		Мінімум у рядку
	1 Відмова	2 Працездатний	
1. Без контролю	-200 тис. у.о.	-20 тис. у.о.	-200 тис. у.о.
3. Перевірка (p = 0,9)	-20 тис. у.о.	-200 тис. у.о.	-200 тис. у.о.
Максимум у стовпцях	-20 тис. у.о.	-20 тис. у.о.	

При використанні 2-ї і 3-ї стратегій (табл. 6)

**Таблиця 6. Витрати коштів при використанні 2-ї і 3-ї стратегії**

Стратегія \ Ситуація	Стан гумово-вакуумних амортизаторів		Мінімум у рядку
	1 Відмова	2 Працездатний	
2. Перевірка (p = 0,75)	-85 тис. у.о.	-40 тис. у.о.	-85 тис. у.о.
3. Перевірка (p = 0,9)	-20 тис. у.о.	-200 тис. у.о.	-200 тис. у.о.
Максимум у стовпцях	-20 тис. у.о.	-40 тис. у.о.	

Ця гра також не має сідлової точки. Визначимо оптимальне співвідношення при використанні цих стратегій з системи рівнянь

$$\begin{cases} 85x_1 + 20x_2 = \zeta \\ 40x_1 + 200x_2 = \zeta \\ x_1 + x_2 = 1 \end{cases} \quad (4)$$

Знаходимо значення  $x_1 = \frac{4}{5}$ ,  $x_2 = \frac{1}{5}$

Середня вартість застосування цих стратегій

$$\zeta = (-85) \cdot \frac{4}{5} + (-20) \cdot \frac{1}{5} = -72 \text{ тис. у.о.},$$

Ці витрати найкращі з трьох отриманих, тому ці витрати є ціллю гри.

Остаточна оптимальна змішана стратегія з сервісу гумово-вакуумних амортизаторів буде такою  $\left(0; \frac{4}{5}; \frac{1}{5}; 0\right)$ . Тобто, коли сервісний центр проводить контроль стану гумово-вакуумних амортизаторів, йому доцільно застосовувати 2-гу і 3-ю стратегію, причому 2-у стратегію в 4 рази частіше.

Розглянемо ігрову задачу так званої торгівлі.

Нехай фірма А, що організується в нашій країні, планує організувати випуск власних запасних частин для швидкісного рухомого складу. Для цього потрібні ресурси і техніка, яких у фірми А немає.

В цій ситуації можливо заключити контракти з фірмою В, яка може забезпечити фінансування цього проекту, але ставить за це умову передати фірмі В частину випущених запасних частин для швидкісного рухомого складу за перший рік роботи фірми А.

Передбачається випуск запасних частин для швидкісного рухомого складу за рік в обсязі в середньому 250 одиниць за ціною 40 тис. грн. (всього 100 млн. грн.).

Для фірми А, що представляє країну з послабленою інфраструктурою і неефективною економікою, потрібно виконання цього завдання якомога швидко.

Фірма В вимагає отримати частину готової продукції більше половини, оскільки тільки це покrije її витрати, що для неї принципово.

Фірма В не може вимагати від фірми А виконання своїх інтересів, бо фірма А може залучити до випуску запчастин для ШРС іншу фірму С.

Складається конфліктна ситуація між взаємодією фірм, бо вони обидві отримують прибуток і сума їх платежів не дорівнюють нулю. Це кооперативна гра з ненульовою сумою. Оцінити можливості фірм можна шляхом визначення функції корисності.

Коли якась одна фірма отримує весь прибуток за рік, корисність для неї дорівнює 1, а для іншої відповідно 0. Тобто при рості корисності для однієї фірми, іншій фірмі приходить втрачати цю користь.

Найкращим рішенням є такий розподіл прибутку, коли добуток корисностей є максимальним.

Загалом функцію корисності можна задати на основі статистичних даних для конкретних умов функціонування будь-якого підприємства (фірми).

Запишемо функцію корисності для фірми А як функцію  $y_1 = a_1x^3 + a_2x^2 + a_3x + a_4$  в загальному вигляді.

Тобто із зростанням платежів від фірми В фірма А отримує все більше користі в своїй діяльності.

Разом з цим для фірми В функція корисності зі збільшенням платежів також зростає, але в протифазі до інтересів фірми А. Цю особливість представимо для функції корисності у такому вигляді  $y_2 = -b_1x^3 + b_2x^2 + b_3x + b_4$ . Тобто, чим менше платежів витрачається на фірму В, тим менше значення приймає функція корисності.

Для умови досягнення оптимального значення функції корисності визначимо перемножену функцію  $y = y_1 \cdot y_2$ . У зв'язку зі складністю аналітичного представлення максимальної корисності надамо числовий приклад реалізації цієї задачі. З даних, що наведені в [1, 2] запишемо для фірми А функцію корисності у вигляді

$$y_1 = 10^{-6}x^3 - 0,62 \cdot 10^{-3}x^2 + 0,41 \cdot 10^{-1}x + 0,29 \cdot 10^{-1}$$

Для фірми В відповідно

$$y_2 = -0,3 \cdot 10^{-6} x^3 + 0,134 \cdot 10^{-4} x^2 + 0,115 \cdot 10^{-1} x - 0,2 \cdot 10^{-1}$$

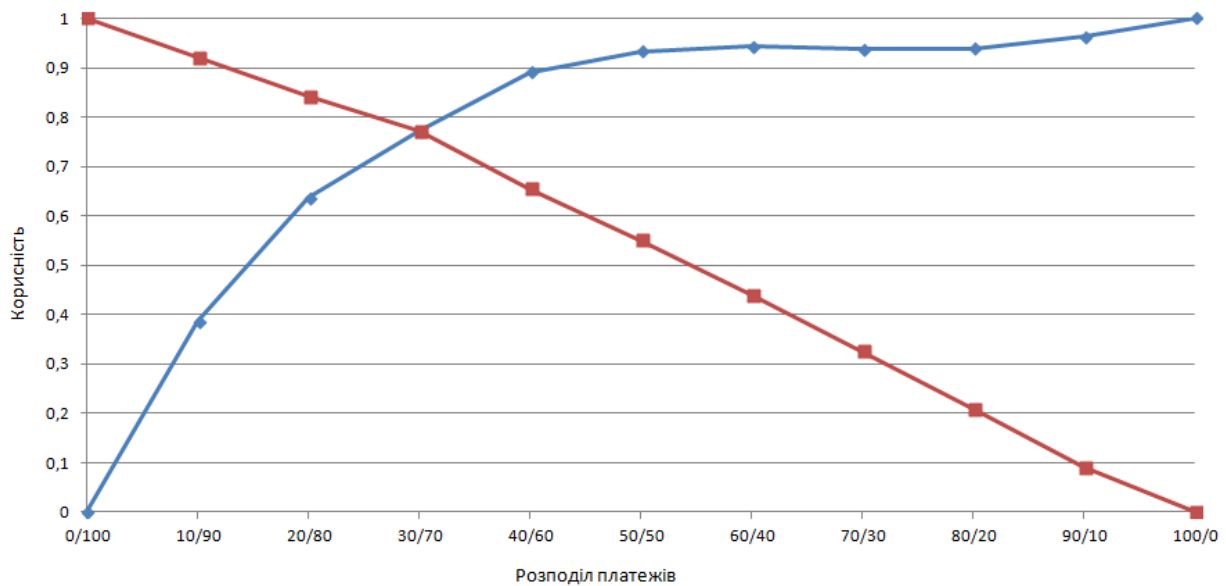
Відповідність платежів і корисності від їх розподілу наведені в табл. 7.

Як видно з розрахунків, максимальне значення у досягається при розподілі платежів 30 млн. грн. фірмі А і 70 млн. грн. фірмі В, коли  $y = 0,601$ .

*Таблиця 7. Відповідність платежів і корисності від їх розподілу*

А	$y_1$	0	0,386	0,636	0,798	0,891	0,933	0,943	0,938	0,939	0,963	1
	$x_1$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
В	$y_2$	1	0,921	0,842	0,753	0,655	0,55	0,439	0,325	0,208	0,091	0
	$x_2$	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
$y_1 \cdot y_2$		0	0,355	0,535	0,601	0,583	0,513	0,414	0,305	0,196	0,088	0

На рис. 1 представлено рішення цієї задачі. По осі абсцис у чисельнику відображено платіж на користь фірми А, у знаменнику – платіж на користь фірми В.



*Рис. 1. Графічне представлення рішення ігрової задачі торгівлі*

**Висновки.** 1. З проведених досліджень щодо вибору стратегії утримання локомотивного парку видно, що методами стратегічних ігор можна вирішувати досить різні типи задач, що пов'язані з прийняттям рішень, зокрема, обґрунтування поступового переходу до сервісу, вибір тактики обслуговування рухомого складу, оптимальна взаємодія між різними фірмами.

2. При реалізації ігор було показано, що змішана стратегія найкраще описує різні ситуації і дозволяє приймати раціональні рішення, в тому числі з точки зору максимального прибутку і оптимальної програми виконання ТО, ПР обладнання ТРС.

3. Показано, що складні задачі можна спростувати без втрати інформації і забезпеченні оптимальної стратегії роботи ремонтних підрозділів.



4. В разі ситуації, що притаманна кооперативній грі з ненульовою сумою доцільно отримати інформацію про динаміку функції корисності, по якій можна оцінювати обрані стратегії гравців.

5. Отримані результати є первинною оцінкою при прийнятті рішень і потребують для конкретизації алгоритму дії додаткових ресурсів і методик, зокрема, це можуть бути положення теорії нечітких множин, теорії розпізнавання образів. Комплексне їх застосування надасть більшої чіткості оцінювання при виборі стратегії.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Просвирнов А.А. Модульность как фактор повышения эффективности управления жизненным циклом АЭС. // Инновационное проектирование. 2012. №5. С. 106 – 117.
2. Балабин В.Н., Брагин А.В. Сервис-модульные центры – новая философия эксплуатации и обслуживания модульных локомотивов. // Современные наукоемкие технологии. 2014. №4. С. 44-49.
3. Автоматизированная система управления надежностью локомотивов (АСУНТ). Концепция ТМХ-Сервис / К.В. Липа и др. М.: ООО “ТМХ-Сервис”, 2012. 160 с.
4. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог: монография / Э.Д. Тартаковский и др. Луганск: Изд-во “Ноллидж”, 2011. 174 с.
5. Tartakovskiy E., Ustenko O., Puzyr V., Datsun Y. Systems approach to the organization of locomotive maintenance on Ukraine railways. In Rail Transport—Systems Approach. Springer, Cham, 2017. pp. 217-236
6. Szkoda, M., Kaczor, G., Pilch, R., Smolnik, M., Konieczek, Z. Assessment of the influence of preventive maintenance on the reliability and availability indexes of diesel locomotives. Transport Problems, 16(1), 2021. 5-18 p. DOI: 10.21307/tp-2021-001
7. Kadry S. Diagnostics and Prognostics of Engineering Systems: Methods and Techniques: Methods and Techniques. IGI Global, 2012. 461 p.
8. Ram M., Pham H. Advances in Reliability Analysis and its Applications. Springer Nature, 2019. 387 p.
9. Тартаковский Е.Д., Устенко О.В., Крашенин О.С. Оцінка показників ТО при подовженні терміну експлуатації ТРС по наробці // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. Харків: УкрДАЗТ, 2012. Вип. 132. С. 5-11.
10. Yevick D, Yevick H. Fundamental Math and Physics for Scientists and Engineers. John Wiley & Sons, 2014. 464 p.
11. Bellman R., Dreyfus S. Applied Dynamic Programming. Princeton University Press, 2015. 390 p.
12. Carter M, Price C., Rabadi G. Operations Research: A Practical Introduction. CRC Press, 2018. 470 p.
13. Kumar A., Ram M. The Handbook of Reliability, Maintenance, and System Safety through Mathematical Modeling. Elsevier Science, 2021. 520 p.
14. Cantos, P. Efficiency Measures and Output Specification: The Case of European Railways / Cantos P., Pastor J.M., Serrano L. // J. of Transport and Statistic . – 2000/ - Vol. 3, №3. – P. 61 – 68
15. Hughes, M. Cost and capacity drive high speed train design / M/ Hughes // Railway Gazette International. 2010. №5. P. 37-39
16. Krashenin O.S. New technology center for temple mills train service Eurostar // Railway Gazette International. 2008. №10. P. 820-821.

## REFERENCES

1. Prosvirnov A.A. (2012). Modulnost kak factor povysheniia effektivnosti upravleniia zhiznennym tsyklom AES [Modularity as a factor in increasing the efficiency of NPP life cycle management]. *Innovative design*, 5, 106-117 [in Russian].
2. Balabin V.N., Bragin A.V. (2014). Servis-modulnye tsentry – novaia filosofia ekspluatatsii i obsluzhivaniia modulnykh lokomotivov [Service modular centers - a new philosophy of operation and maintenance of modular locomotives]. *Modern high technologies*, 4, 44-49 [in Russian].
3. K.V. Lipa. (2012). Avtomatizirovannaia sistema upravleniia nadezhnostii lokomotivov (ASUNT). Kontseptsiiia TMH-Servis [Automated locomotive reliability control system (ASCNT). TMH-Service concept]. Moscow, ООО TMH-Service [in Russian]
4. E.D. Tartakovskiy. (2011). Metody otsenki zhiznionogo tsykla tiagovogo podvizhnogo sostava zheleznykh dorog [Methods for assessing the life cycle of traction rolling stock of railways]. Lugansk, Noulidzh Publ. [in Russian]
5. Tartakovskiy E., Ustenko O., Puzyr V., Datsun Y. (2017) Systems approach to the organization of locomotive maintenance on Ukraine railways. In Rail Transport—Systems Approach. Springer, Cham, pp. 217-236
6. Szkoda, M., Kaczor, G., Pilch, R., Smolnik, M., Konieczek, Z. (2021). Assessment of the influence of preventive maintenance on the reliability and availability indexes of diesel locomotives. *Transport Problems*, 16(1), 5-18 p. DOI: 10.21307/tp-2021-001
7. Kadry S. (2012). Diagnostics and Prognostics of Engineering Systems: Methods and Techniques: Methods and Techniques. IGI Global, 461 p.
8. Ram M., Pham H. (2019). Advances in Reliability Analysis and its Applications. Springer Nature. 387 p.

9. Tartakovskiy E.D., Ustenko O.V., Krashenin O.S. (2012) Otsinka pokaznykiv TO pry podovzhenni terminu ekspluatatsii TRS po narobtsi [Assessment of indicators of maintenance when the term of operation of TRS is raised according to the narrative]. *Zb. Nauk. Prac. Ukr. Derzh. Akad. Zaliznych. Transp.* 132, 5-11 [in Ukrainian].
10. Yevick D, Yevick H. (2014). *Fundamental Math and Physics for Scientists and Engineers*. John Wiley & Sons. 464 p.
11. Bellman R., Dreyfus S. (2015). *Applied Dynamic Programming*. Princeton University Press, 390 p.
12. Carter M, Price C., Rabadi G. (2018). *Operations Research: A Practical Introduction*. CRC Press, 470 p.
13. Kumar A., Ram M. (2021). *The Handbook of Reliability, Maintenance, and System Safety through Mathematical Modeling*. Elsevier Science, 520 p.
14. Cantos, P. (2000). Efficiency Measures and Output Specification: The Case of European Railways *J. of Transport and Statistic*. 3 (3), 61 – 68.
15. Hughes, M. (2010). Cost and capacity drive high speed train design. *Railway Gazzete International*. 5, 37-39.
16. Krashenin O.S. (2008). New technology center for temple mills train service Eurostar. *Railway Gazzete International*. 10, 820-821.

***Volodymyr Puzyr<sup>1</sup>, Oleksandr Krashenin<sup>1</sup>, Yurii Datsun<sup>1</sup>, Oleksandr Obozny<sup>1</sup>, Olga Shapatina<sup>2</sup>, Volodymyr Zadesenets<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>Maintenance and Repair of Rolling Stock Department, Ukrainian State University of Railway Transport, 7, Feuerbach Square, Kharkiv, 61050, Ukraine

<sup>2</sup>Cargo and Commercial Work Management Department, Ukrainian State University of Railway Transport, 7, Feuerbach Square, Kharkiv, 61050, Ukraine

## **CHOICE OF LOCOMOTIVE PARK MAINTENANCE STRATEGY WHEN INTRODUCING THE SERVICE**

*In operation, sometimes there are situations of uncertainty in assessing the technical condition of locomotive equipment and at the same time choosing the optimal strategy for its maintenance, including the possibility of using the service. Application of the concept of service gives the chance to stimulate work of all divisions of locomotive economy, to save all kinds of resources for operation of locomotives.*

*According to this, the article substantiates the choice of strategy for maintaining the locomotive fleet using the provisions of the theory of statistical solutions. Game theory approaches were used to theoretically substantiate the transition to a service for decision-making in conflict situations and to determine the optimal strategy of behavior of each of the participants in this situation. Approaches to the choice of strategy for the maintenance of the locomotive fleet during the introduction of the service on the basis of the provisions of the theory of strategic games on the criterion of maximum efficiency were considered.*

*It is shown on examples of the decision of some problems of a choice of maintenance strategy of locomotives for various industrial situations. It is concluded that a mixed strategy describes different situations best and allows to made rational decisions. It is also noted that the most effective approach to concretize the algorithm of actions is the complex application of the theory of strategic decisions, the theory of fuzzy sets, the theory of pattern recognition.*

**Keywords:** *locomotives, players, strategy games theory, strategy, service.*