

3. Oglyad ry`nku logisty`ky` Ukrayiny` [Review of logistics market of Ukraine]. Available at: <http://www.promdex.com/community/detail/1149.html>

4. Shylayev, P. S. (2012). Pidvyshchennya efektyvnosti protsesu interoperabel'nykh perevezhen' vantazhiv na osnovi resursozberihayuchykh tekhnolohiy [Increase of the effectiveness of the process ynteroperabel'nykh transit freight traffic on the basis of resource-saving technologies]. Ukrainian State Academy of Railway Transport, 20.

5. Kotenko, A. M., Shylayev, P. S. (2009). Intermodal'ni perevezennya. Perspektyvy rozvytku [Intermodal transport. Prospects of development]. Collection of scientific papers. Kharkiv UkrDAZT, 54, 31–36.

6. Tranzitni perevezennja vantazhiv. Available at: [http://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2014/tz/tranz/tranz\\_u/tranz0214\\_u.htm](http://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2014/tz/tranz/tranz_u/tranz0214_u.htm)

Дата надходження рукопису 19.12.2014

**Котенко Анатолій Миколайович**, доктор технічних наук, професор, кафедра управління вантажною і комерційною роботою, Українська державна академія залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050

E-mail [dtmkot@mail.ru](mailto:dtmkot@mail.ru)

**Світлична Аліна Володимирівна**, аспірант, кафедра управління вантажною і комерційною роботою, Українська державна академія залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050

E-mail [svetli-alina@yandex.ru](mailto:svetli-alina@yandex.ru)

**Шилаєв Павло Сергійович**, кандидат технічних наук, кафедра управління вантажною і комерційною роботою, Українська державна академія залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050

E-mail [pauls87@yandex.ru](mailto:pauls87@yandex.ru)

УДК 656.073

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.35904

## ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВИДУ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ

© А. М. Котенко, О. С. Крашенінін, О. О. Шапатіна

*У статті на основі положень теорії ігор обґрунтовується застосування комбінованих перевезень у міжнародних транспортних коридорах, що проходять територією України.*

*Основним показником при виборі виду транспорту є експлуатаційні витрати на перевезення. При цьому визначення ризиків, що виникають при обранні видів транспорту перевіряються за допомогою мінімакських критеріїв Байєса – Лапласа, Севіджа та Гурвіца*

**Ключові слова:** вид транспорту, комбіновані перевезення, транспортні коридори, теорія ігор, мінімакський критерій

*On the basis of the theory of games is justified by the use of combined transportation in international transport corridors passing through Ukraine.*

*The main parameter when choosing a mode of transport is operating and transportation costs. This definition of risk arising from the election of transport checked using minimax criteria of Bayes - Laplace, Savage and Hurwitz*

**Keywords:** mode of transport, combined transportation, transport corridors, theory of games, minimax criterion

### 1. Вступ

В сучасних умовах одним з напрямків підвищення ефективності залізничного транспорту є забезпечення його конкурентоспроможності, підвищення якості надання послуг та широке використання комбінованих перевезень. Виходячи з фактичного зниження обсягів перевезень та резервів потужностей залізничного транспорту, перспективи підвищення конкурентоспроможності залізниць пов'язані саме з розширенням впровадженням комбінованих перевезень.

**2. Постановка проблеми у загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями**

Розвиток комбінованих перевезень в багатьох країнах довів свою ефективність не тільки для транспортної галузі окремої країни, але й для розвитку та інтеграції всього європейського транспортного ринку. Це досягається за рахунок забезпечення швидкості до-

ставлення, збереження цілісності вантажу, високої якості послуг. Саме комбіновані перевезення спроможні надати позитивного імпульсу транспортному сектору України і підняти його на якісно високий рівень.

З десяти затверджених європейських міжнародних транспортних коридорів по території України проходять європейський коридор № 3, європейський коридор № 5, європейський коридор № 7, Дунайський (водний), європейський коридор № 9, а також Міжнародний транспортний коридор Гданськ-Одеса. Входження їх до міжнародної транспортної системи признано пріоритетним загальнодержавним напрямком розвитку транспортно-дорожнього комплексу України.

### 3. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питаннями удосконалення змішаних, комбінованих, інтермодальних перевезень у міжнародних транспортних коридорах займалися такі вчені: Бутько Т. В., Дьомін Ю. В., Кірта Г. М., Котенко А. М., Ло-

мотько Д. В., Мироненко В. К., Резер С. М., Шибасв О. Г. та інші вітчизняні та закордонні вчені.

У роботі [1, 2] відмічається ефективність при застосуванні комбінованих перевезень переважно у міжнародному сполученні у зв'язку з вигідністю географічного положення України. Складання транспортних коридорів визначено пріоритетним напрямком розвитку дорожньо-транспортного комплексу.

Одним з основних напрямків розвитку транспорту у країнах Європи є стимулювання комбінованих перевезень [3], що знижує екологічне навантаження та підвищує ефективність міжнародних перевезень.

У роботах [4, 5] названі переваги бімодальних перевезень та доцільність організації перевезення на існуючих маршрутах перевезення контейнерів з морських портів в крупні міста: Київ, Харків, Дніпропетровськ. Бімодальні перевезення будуть ефективними також і в міждержавному сполученні України з західноєвропейськими країнами. При цьому перевезення вантажів бімодальними транспортними засобами може здійснюватись як на існуючих маршрутах руху контейнерних та контейнерних поїздів по колії 1520 мм, так і ділянками колії 1435 мм.

Не дивлячись на велику кількість досліджень присвячених питанням досвіду організації комбінованих вантажних перевезень, важливим залишаються питання щодо обсягів та напрямів комбінованих перевезень вантажів. Таким чином, для України, яка має стійкі транспортні зв'язки з країнами СНД та державами Західної і Центральної Європи, розвиток комбінованих перевезень має стратегічний характер. Найбільшого ефекту на ринку транспортних послуг можна досягти завдяки організації комбінованих перевезень у мережі міжнародних транспортних коридорів.

#### 4. Мета статті

Метою статті є обґрунтування доцільності застосування комбінованих перевезень у міжнародних транспортних коридорах, що проходять територією України.

#### 5. Класичні критерії прийняття рішення при виборі виду транспорту.

При обранні виду транспорту основну увагу приділяють таким показникам як:

- ціна перевезення на короткі, середні та дальні відстані доставляння вантажів;
- швидкість доставки на короткі, середні та дальні відстані доставляння вантажів;
- можливість безпосередніх поставок вантажу з кожного місця відправки;
- здатність перевозити різні вантажі;
- забезпечення схоронності вантажів.

Багатофакторність дії цих чинників показує, що при виборі виду транспорту для перевезення вантажів та запобігання виникнення конфліктних ситуацій щодо надання переваги виду транспорту виникає необхідність у застосуванні елементів теорії ігор, де у якості гравців виступають види транспорту та «природа» – витрати на перевезення в залежності від дальності перевезення та маси вантажу.

Згідно з теорією ігор мінімаксий критерій (ММ) [6] використовує вартісну функцію, що відповідає позиції крайньої обережності.

Вибір оптимального варіанту виконується за допомогою критерію

$$E_0 = \left\{ E_{i_0} / E_{i_0} \in E \wedge e_{i_0} = \max_i e_i \right\}. \quad (1)$$

При

$$Z_{MM} = \max_i e_{ir} \quad (2)$$

і

$$e_{ir} = \min_j e_{ij}, \quad (3)$$

тоді

$$E_0 = \left\{ E_{i_0} / E_{i_0} \in E \wedge e_{i_0} = \max_i \min_j e_{ij} \right\}, \quad (4)$$

де  $E_{i_0}$  – варіанти, що належать множині  $E$  усіх варіантів;  $e_{i_0}$  – максимальна оцінка серед усіх оцінок  $e_i$ ;  $Z_{MM}$  – вартісна функція ММ-критерію.

Оскільки в галузі технічних завдань побудова безлічі  $E$  варіантів вже саме по собі вимагає досить значних зусиль, причому іноді виникає необхідність у їх розгляді з різних точок зору, умова  $E_{j_0} \in E$  включається у всі критерії. Воно повинно нагадувати про те, що сукупність варіантів необхідно досліджувати можливо більш повним чином, щоб була забезпечена оптимальність обраного варіанту.

Правило вибору рішення відповідно до ММ-критерієм можна інтерпретувати в такий спосіб: матриця рішень  $\|e_{ij}\|$  доповнюється ще одним стовпцем з найменших результатів  $e_{ir}$  кожного рядка. Обрати належить ті варіанти  $E_{i_0}$ , в рядках яких стоять найбільші значення  $e_{ir}$  цього стовпця.

Вибрані таким чином варіанти повністю виключають ризик. Це означає, що прийняте рішення не може зіткнутися з гіршим результатом, ніж той, на який він орієнтується. Якби умови  $F_j$  ні зустрілися, відповідний результат не може виявитися нижче  $Z_{MM}$ . Ця властивість змушує вважати мінімаксий критерій одним з фундаментальних.

#### 6. Апробація результатів дослідження

Згідно з [7] довжина основного ходу європейського коридору № 3 складає 1640 км, у тому числі Україною: залізничний – 694 км, автошляховий – 612 км, довжина основного ходу європейського коридору № 5 складає 1595 км, у тому числі Україною: залізничний – 266 км, автошляховий – 339 км, довжина основного ходу європейського коридору № 9 складає 3400 км, у тому числі Україною: залізничний – 1496 км, автошляховий – 997 км.

Необхідно обґрунтувати застосування комбінованих перевезень у порівнянні з залізничними, автомобільними та автомобільно-залізничними перевезеннями у міжнародних транспортних коридорах, що проходять територією України, при перевезенні маси вантажів 40 т та 70 т, що є граничними значеннями при перевезенні вантажів автомобільним та залізничним транспортом відповідно.

Використовуючи методику, що наведена в [8–10] знайдемо рішення за критерієм Байєса – Лапласа, критерієм Севіджа та критерієм Гурвіца щодо обрання

виду транспорту. При цьому витрати на забезпечення перевезення вантажів бімодальним, залізничним, автомобільним та автомобільно-залізничним видами транспорту в залежності від відстані перевезення та маси вантажу визначені згідно [11, 12]. При автомобільно-залізничних перевезеннях основна частина шляху буде пройдена залізничним транспортом, а доставляння вантажу до клієнта буде проводитися автомобільним транспортом на відстані до 50 км.

Введемо такі позначення:  $P_1$  – доставляння вантажу по території України у межах транспортних коридорів № 3, № 5, № 9 (при довжині залізничного шляху, що дорівнює 694 км, 266 км, 1496 км відповідно);  $P_2$  – доставляння вантажу по території України у межах транспортних коридорів № 3, № 5, № 9 (при довжині автошляху, що дорівнює 612 км, 339 км, 997 км відповідно);  $P_3$  – доставляння вантажу по території

України у межах транспортних коридорів № 3, № 5, № 9 (на ділянках, що дорівнюють половині довжині залізничного шляху, 347 км, 133 км, 748 км відповідно);  $P_4$  – доставляння вантажу по території України у межах транспортних коридорів № 3, № 5, № 9 (на ділянках, що дорівнюють половині довжині автошляху, 306 км, 170 км, 499 км відповідно);  $A_1$  – стратегія перевезення вантажу бімодальним транспортом;  $A_2$  – стратегія перевезення вантажу залізничним транспортом;  $A_3$  – стратегія перевезення вантажу автомобільним транспортом;  $A_4$  – стратегія перевезення вантажу автомобільно-залізничним транспортом;  $Q_1$  – вага вантажу, що перевозиться, 40 т;  $Q_2$  – вага вантажу, що перевозиться, 70 т.

На підставі цих варіантів побудовано матриці, в яких приведені витрати на перевезення різними видами транспорту.

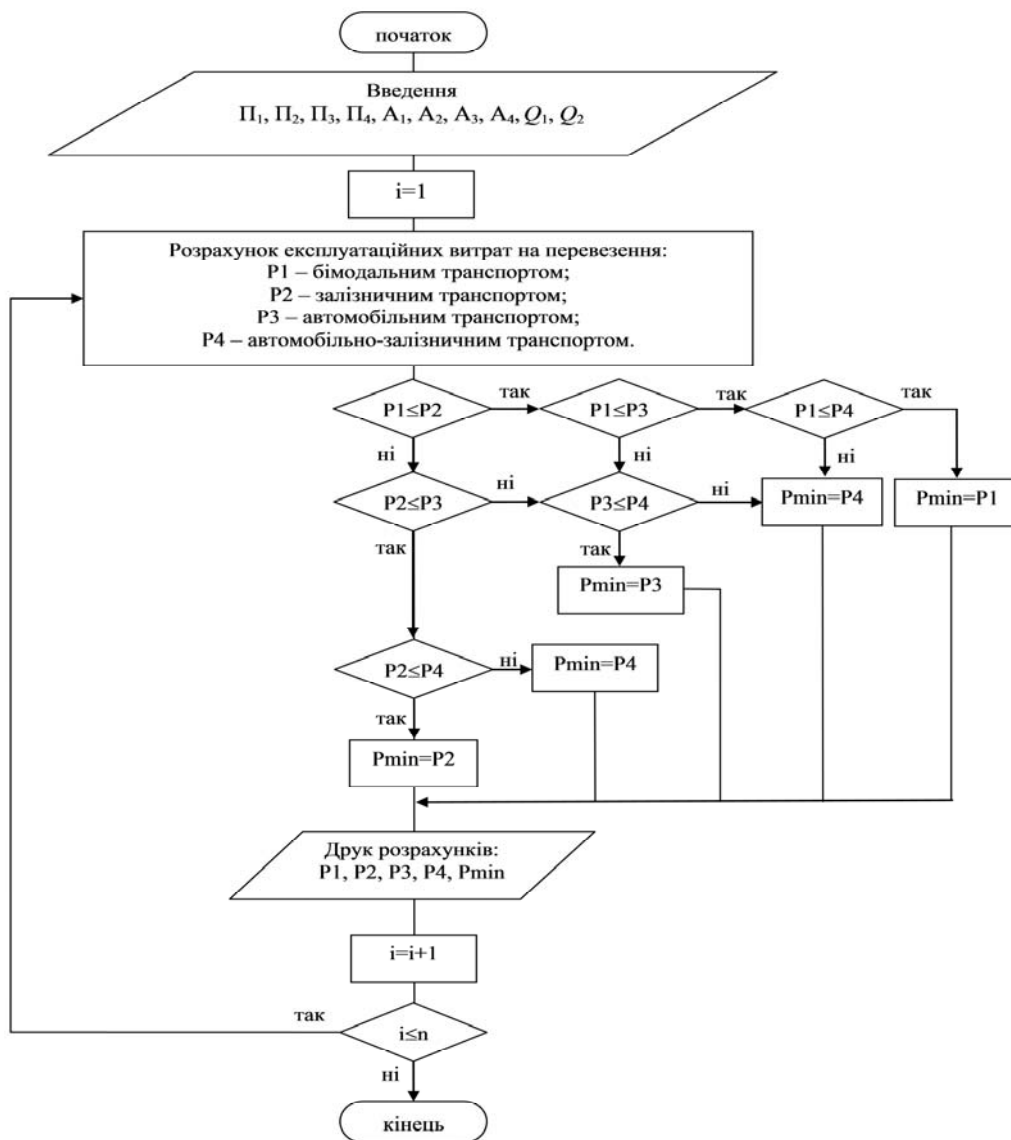


Рис. 1. Структурна схема алгоритму вибору виду транспортних перевезень вантажів при мінімальних експлуатаційних витратах на перевезення

Наприклад, рішення за критеріями Байєса-Лапласа та Гурвіца у межах транспортного коридору № 3 наведені в табл. 1–4.

Таблиця 1

Рішення за критерієм Байєса-Лапласа при  $Q_1=40$  т

$A_i \setminus P_j$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$\bar{\alpha}_i$	$\alpha_i$
$A_1$	-6631	-6185	-3691	-3425	-5018,6	-6631
$A_2$	-7542	-7390	-4873	-4593	-6121,1	-7542
$A_3$	-57618	-56618	-41618	-40018	-49098	-57618
$A_4$	-6929	-6555	-4787	-4433	-5712,4	-6929
$\rho_j$	0,3	0,2	0,3	0,2		
$\beta_j$	-6631	-6185	-3691	-3425		

Таблиця 2

Рішення за критерієм Байєса-Лапласа при  $Q_2=70$  т

$A_i \setminus P_j$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$\bar{\alpha}_i$	$\alpha_i$
$A_1$	-6631	-6185	-3691	-3425	-5018,6	-6631
$A_2$	-8235	-8067	-5293	-4985	-6668,8	-8235
$A_3$	-100818	-90818	-71818	-70818	-84118	-100818
$A_4$	-7578	-6967	-5016	-4829	-6137,4	-7578
$\rho_j$	0,3	0,2	0,3	0,2		
$\beta_j$	-6631	-6185	-3691	-3425		

Таблиця 3

Рішення за критерієм Гурвіца при  $Q_1=40$  т

$A_i \setminus P_j$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$\min \alpha_{ij}$	$0,6 \min \alpha_{ij}$	$\max \alpha_{ij}$	$0,4 \max \alpha_{ij}$	$v_i$
$A_1$	-6631	-6185	-3691	-3425	-3425	-2055	-6631	-2652,4	-4707,4
$A_2$	-7542	-7390	-4873	-4593	-4593	-2755,8	-7542	-3016,8	-5772,6
$A_3$	-57618	-56618	-41618	-40018	-40018	-24010,8	-57618	-23047,2	-47058
$A_4$	-6929	-6555	-4787	-4433	-4433	-2659,8	-6929	-2771,6	-5431,4

Таблиця 4

Рішення за критерієм Гурвіца при  $Q_2=70$  т

$A_i \setminus P_j$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$\min \alpha_{ij}$	$0,6 \min \alpha_{ij}$	$\max \alpha_{ij}$	$0,4 \max \alpha_{ij}$	$v_i$
$A_1$	-6631	-6185	-3691	-3425	-3425	-2055	-6631	-2652,4	-4707,4
$A_2$	-8235	-8067	-5293	-4985	-4985	-2991	-8235	-3294	-6285
$A_3$	-100818	-90818	-71818	-70818	-70818	-42490,8	-100818	-40327,2	-82818
$A_4$	-7578	-6967	-5016	-4829	-4829	-2897,4	-7578	-3031,2	-5928,6

Для транспортного коридору № 3 при  $Q_1=40$  т,  $Q_2=70$  т можна відмітити наступне: при застосуванні критерію Байєса-Лапласа оптимальною є стратегія  $A_1$  (середній вииграш  $\bar{\alpha}_i$  досягає максимального значення), за критерієм Севіджа також оптимальною є стратегія  $A_1$ , яка відповідає найменшому ризику  $\kappa_i$  при найбільш несприятливих ситуаціях, за критерієм Гурвіца також доцільною є стратегія  $A_1$ , яка забезпечує максимальне значення  $v_i$  (середні зважені найменшого та найбільшого результатів).

Аналогічно для транспортного коридору № 5 за критеріями Байєса – Лапласа, Севіджа, Гурвіца оптимальною стратегією є стратегія  $A_1$ .

Для транспортного коридору № 9 при  $Q_1=40$  т за критерієм Байєса – Лапласа слід обрати стратегію  $A_2$ , як і за критеріями Севіджа та Гурвіца. Для  $Q_2=70$  т за критерієм Гурвіца приймається чиста стратегія  $A_1$ , тоді

як за критеріями Байєса-Лапласа та Севіджа що оптимальною є чиста стратегія  $A_2$ .

## 7. Висновки

1. В умовах невизначеності транспортної ситуації при виборі виду транспорту для перевезення вантажів та запобігання виникнення конфліктних ситуацій щодо надання переваги виду транспорту доцільно застосувати елементи теорії ігор, де у якості гравців виступають види транспорту (стратегія  $A_1, A_2, A_3, A_4$ ) та «природа» - витрати на перевезення вантажів в залежності від дальності та обсягу перевезень.

2. Визначення ризиків, що виникають при обранні видів транспорту слід перевіряти за допомогою мінімакських критеріїв Байєса – Лапласа, Севіджа та Гурвіца.

3. Для умов освоєння транспортних коридорів №3, №5, №9 України за проведеними розрахунками

оптимальною стратегією є перевезення вантажів біомодальним транспортом у міжнародних транспортних коридорах № 3 та № 5 при вазі вантажів 40 т та 70 т, у міжнародному транспортному коридорі №9 оптимальною стратегією є перевезення вантажів залізничним транспортом, а також біомодальним транспортом (за критерієм Гурвіца при вазі вантажів (70 т).

#### Літератури

1. Демин, Ю. В. Проблемы бесперегрузочных и комбинированных перевозок [Текст] / Ю. В. Демин, Г. Н. Кирпа, А. Н. Пшинько, О. М. Савчук, В. В. Степанов // Залізничний транспорт України. – 1998. – № 1 (4-5). – С. 37–42.
2. Чернецька, Н. Б. Рациональні шляхи розвитку залізничних перевезень міжнародними транспортними коридорами (огляд) [Текст] / Н. Б. Чернецька, Л. Г. Колодяжна, В. В. Шиндарецька // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2010. – № 21. – С. 22–35.
3. Франчішек, Н. Способи реанімації комбінованих перевезень [Текст] / Н. Франчішек // Перевізник UA. – 2007. – № 1, 2. – С. 16–17.
4. Пшинько, О. М. Біомодальні технології перевезень – ключ до нових сегментів транспортного ринку [Текст] / О. М. Пшинько, С. В. Мямлін, Р. Г. Коробйова, Д. М. Козаченко, Ч. Фоскетт // Залізничний транспорт України. – 2009. – № 5. – С. 20–22.
5. Diomin, J. W. Techniczne problemy przewozów kolejowych Wschód – Zachód [Text] / J. W. Diomin // Przegląd Komunikacyjny. – 2008. – Vol. 6. – P. 3-7.
6. Wald, A. Statistical Decision Functions [Text] / A. Wald. – New York. J. Wiley & So., 1950. – 179 p.
7. Дьомін, Ю. В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення) [Текст] / Ю. В. Дьомін. – К.: «Юнікон-Прес», 2001. – 342 с.
8. Savage, L. J. The Theory of Statistical Decision [Text] / L. J. Savage. – Journal American Statistic Association 46, 1951. – 310 p.
9. Hurwicz, L. Optimality Criteria for Decision Making under Ignorance [Text] / L. Hurwicz. – Cowles Commission Discussion Paper, Statistic, 1951. – 370 p.
10. Крушевский, А. В. Теория игр. [Текст] / А. В. Кру-

шевский – К.: Вища школа, 1977. – 216 с.

11. Макаренко, М. В. Збірник тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом у межах України та пов'язані з ними послуги: офіційне видання УЗ [Текст] / М. В. Макаренко, В. В. Чорний, Ю. А. Меркулов та ін.; під керів. В. В. Чорного. – К.: 2009. – 198 с.
12. Gonsel [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://gonsel.ua/> – Загол. з екрану.

#### References

1. Demin, J., Kirpa, G., Pshinko, A., Savchuk, O., Stepanov, V. (1998). Problems besperegruzochnyh and combined transport. Zaliznichny transport of Ukraine, 1 (4-5), 37–42.
2. Chernetska, N., Kolodyazhni, L., Shindaretska, V. (2010). Ratsionalni Roads Ahead rozvitku zaliznichnih transported mizhnarodnimi transport corridors (looking around). Collection Naukova Pratzen DonIZT, 21, 22–35.
3. Franchishek, N. (2007). Methods of resuscitation combined transport. Carrier UA, 1, 2, 16–17.
4. Pshinko, A., Myamlin, S., Korobyova, R., Kozachenko, D., Foskett, C. (2009). Bimodal transportation technology – the key to new segments of the transport market. Railway Transport of Ukraine, 5, 20–22.
5. Diomin, J. (2008). Techniczne problemy przewozów kolejowych Wschód – Zachód. Przegląd Komunikacyjny, 6, 3–7.
6. Wald, A. (1950). Statistical Decision Functions. New York. J. Wiley & So., 179.
7. Demin, J. (2001). Railway Transport International Transport Systems (freight transport). Unicon-Press, 342.
8. Savage, L. (1951). The Theory of Statistical Decision. Journal American Statistic Association 46, 310.
9. Hurwicz, L. (1951). Optimality Criteria for Decision Making under Ignorance. Cowles Commission Discussion Paper, Statistic, 370.
10. Kruszewski, A. (1977). Game Theory. Vishcha School, 216.
11. Makarenko, M., Chorny, V., Merkulov, A. (2009). Collection tariffs for railway transportation within Ukraine and related services: official publication of UZ, under the direction V. Chorny, 198.
12. Gonsel. Available at: <http://gonsel.ua/> - dividers.

*Дата надходження рукопису 23.12.2014*

**Котенко Анатолій Миколайович**, доктор технічних наук, професор, кафедра «Управління вантажною і комерційною роботою», Українська державна академія залізничного транспорту, площа Фейербаха, 7, м. Харків, Україна, 61050  
E-mail: [dtnkot@mail.ru](mailto:dtnkot@mail.ru)

**Крашенінін Олександр Семенович**, доктор технічних наук, доцент, кафедра «Експлуатація та ремонт рухомого складу», Українська державна академія залізничного транспорту, площа Фейербаха, 7, м. Харків, Україна, 61050  
E-mail: [glelan@mail.ru](mailto:glelan@mail.ru)

**Шапатіна Ольга Олександрівна**, аспірант, асистент, Кафедра «Управління вантажною і комерційною роботою», Українська державна академія залізничного транспорту, площа Фейербаха, 7, м. Харків, Україна, 61050  
E-mail: [olga-paradigma@yandex.ru](mailto:olga-paradigma@yandex.ru)