

## НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

УДК 656.25 (477)

О. М. ОГАР<sup>1\*</sup>, О. В. РОЗСОХА<sup>2\*</sup>, Г. В. ШАПОВАЛ<sup>3\*</sup>, Ю. В. СМАЧИЛО<sup>4\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Залізничні станції та вузли», Український державний університет залізничного транспорту, площа Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61001, тел. +38 (057) 730 10 42, ел. пошта ogar.07.12@gmail.com, ORCID 0000-0003-1967-5828

<sup>2\*</sup>Каф. «Залізничні станції та вузли», Український державний університет залізничного транспорту, площа Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61001, тел. +38 (057) 730 10 42, ел. пошта alexroz2010@gmail.com, ORCID 0000-0001-6281-0226

<sup>3\*</sup>Каф. «Залізничні станції та вузли», Український державний університет залізничного транспорту, площа Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61001, тел. +38 (057) 730 10 42, ел. пошта ann.shapoval@ukr.net, ORCID 0000-0002-7884-6781

<sup>4\*</sup>Каф. «Залізничні станції та вузли», Український державний університет залізничного транспорту, площа Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61001, тел. +38 (057) 730 10 42, ел. пошта smachilo.julia@gmail.com, ORCID 0000-0003-1042-2170

### РОЗПОДІЛ ТРАНСПОРТНИХ ПОДІЙ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ ЗА КАТЕГОРІЯМИ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЯЖКОСТІ НАСЛІДКІВ

**Мета.** Стаття передбачає розробку методики розподілення транспортних подій за критерієм середнього матеріального збитку і встановлення фінансових меж між наявними видами транспортних подій. **Методика.** У наш час на залізницях України транспортні події класифікують за тяжкістю наслідків і виражають у натуральних величинах. Наявна система класифікації поступається системі класифікації транспортних подій, яка діє на території країн Європейського Союзу (ЄС). Транспортні події в країнах ЄС класифікують як за типом, так і за критерієм матеріального збитку. Для розподілення транспортних подій на залізницях України за категоріями залежно від тяжкості наслідків використовують метод найближчого сусіда. Він ураховує середні збитки від транспортної події, його особливістю є можливість встановлення фінансових меж. **Результати.** Запропонований ефективний метод розподілення транспортних подій на залізницях України за категоріями залежно від тяжкості наслідків із використанням кластерного аналізу. Представлені результати розрахунків дозволяють розподілити транспортні події на три групи та встановити фінансові межі між ними. **Наукова новизна.** Удосконалено методику розподілення транспортних подій за категоріями залежно від матеріальних збитків від них. Відповідно до неї транспортні події поділені на три групи. Уперше були запропоновані фінансові межі між групами транспортних подій. Подальші дослідження пропонуємо спрямувати на підтвердження розмірів фінансових меж. **Практична значимість.** У результаті досліджень з'явилася можливість оцінити транспортні події не тільки за тяжкістю їх наслідків, а й за критерієм матеріального збитку. Цей підхід дає змогу також оцінити стан безпеки руху на окремих ділянках, станціях чи ділянках залізниці. На основі отриманих результатів можливий подальший розвиток системи класифікації транспортних подій, а також її інтегрування в європейську систему класифікації.

*Ключові слова:* класифікація транспортних подій; залізничний транспорт; матеріальні збитки

#### Вступ

З метою аналізу й оцінки рівня безпеки діяльності суб'єктів перевезень на залізницях України всі транспортні події підлягають класифікації залежно від ознак. Наявний підхід щодо класифікації транспортних подій базується на

тяжкості наслідків (наслідки виражені в натуральній величині, тобто в кількості загиблих або травмованих людей, пошкодженого рухомого складу, технічних засобів та ін.). Цей підхід Укрзалізниця застосовує для укладання щорічних звітів, які характеризують стан безпеки руху й подають інформацію про кількість

## НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

транспортних подій, що трапилися на підприємствах усіх залізниць.

Відповідно до наказу Міністерства інфраструктури України від 25 липня 2017 року № 235 «Про затвердження Положення про класифікацію транспортних подій на залізничному транспорті» [4], транспортні події класифікують як катастрофи (аварії із серйозними наслідками), аварії та інциденти.

Відповідно до вищезазначеного наказу, катастрофа (аварія із серйозними наслідками) – транспортна подія, що призвела до пожежі на рухомому складі залізничного транспорту, зіткнення рухомого складу з іншим рухомих складом, транспортними засобами, сходження рухомого складу на перегоні чи станції, під час поїзної або маневрової роботи, екіпірування тощо, унаслідок якої одна або більше осіб загинули, п'ять і більше осіб травмовано, та/або спричинила пошкодження рухомого складу, інфраструктури залізничного транспорту або завдала шкоди навколишньому природному середовищу, а також будь-які інші схожі аварії з очевидним впливом на регулювання безпеки на залізничному транспорті або управління безпекою.

Одиницею виміру, яка відрізняє катастрофу від аварії, є кількість загиблих і травмованих осіб, ступінь пошкодження транспортних засобів. Однак за розмірами збитків, які виражені в грошових одиницях, класифікувати транспортні події на залізницях України не видається можливим.

В основу системи класифікації транспортних подій на залізницях країн СНД покладений також принцип тяжкості наслідків, що виникли в результаті транспортної події. На залізницях Росії, відповідно до наказу Міністерства транспорту Російської Федерації від 18 грудня 2014 року № 344 «Про затвердження Положення про класифікацію, порядок розслідування транспортних та інших подій, які пов'язані з порушенням правил безпеки руху й експлуатації залізничного транспорту» в редакції від 29 липня 2016 року [5], транспортні події класифікують, як катастрофи, аварії і транспортні події, які виникли під час перевезення (транспортування) небезпечних вантажів. Як і на ук-

раїнських залізницях, представлені транспортні події характеризуються кількістю загиблих або травмованих осіб, ступенем пошкодження рухомого складу. На залізницях Казахстану діє класифікація транспортних подій за таким же принципом. Відповідно до наказу Міністра Республіки Казахстан від 26 березня 2015 року № 334 «Про затвердження Правил безпеки на залізничному транспорті» [6], транспортні події поділяють на катастрофи, аварії, транспортні події й інциденти. За критерієм матеріального збитку класифікувати транспортні події неможливо.

На залізницях країн Європейського Союзу (ЄС) транспортні події класифікують як за типом транспортних подій, так і за критерієм матеріального збитку. Наприклад, як зазначають звіти [15], протягом тривалого часу на залізницях Польщі вели подвійну документацію у сфері безпеки, яка класифікувала транспортні події в першому випадку відповідно до національних вимог (зіткнення, сходження та події на переїздах), а в другому – відповідно до європейських вимог, зазначених у директивах із безпеки руху.

Відповідно до Директиви 2004/49/ЄС [11] і Директиви 2009/149/ЄС [10] Європейського Парламенту, транспортні події класифікують за тяжкістю наслідків, які в свою чергу виражені у грошовому еквіваленті. Основними видами транспортних подій у них є значна аварія та серйозна аварія. Значна аварія характеризується загальними збитками понад 150 тис. євро, а серйозна аварія – понад 2 млн. євро. Подана класифікація просто й наочно розподіляє транспортні події, що робить її найбільш зручною у використанні.

Чинні директиви містять рекомендації щодо гармонізації залізничної системи, уводять загальні показники й критерії безпеки, а також методи її дотримання. Для досягнення цих показників країни-члени ЄС можуть використовувати індивідуальні інструменти, які є найбільш дієвими для них. Із метою оцінки досягнень загальних критеріїв безпеки держави-члени ЄС збирають інформацію про загальні показники безпеки за допомогою щорічних звітів підприємств залізничного транспорту з питань безпеки.

## НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

Проте процес оцінки ризиків транспортних подій на залізницях країн ЄС не встановлює конкретних критеріїв аналізу ризиків і дає можливість для подальших досліджень [7, 9, 12, 13, 14].

У роботі [1] автор класифікує транспортні події за критерієм матеріального збитку, використовуючи критерій розбиття. Однак під час встановлення фінансових меж він не враховує транспортні події з максимальними й мінімальними значеннями збитків.

Під час розподілу транспортних подій за категоріями можуть виникнути труднощі з оцінкою середніх матеріальних збитків від загибелі й травмуванням людей та завдання шкоди навколишньому природному середовищу.

Для оцінки буде доцільно перейняти досвід країн-членів ЄС. У разі загибелі чи травмування людей на залізницях ЄС використовують поняття «готовність платити» [10], яке передбачає визначення прямих і непрямих економічних витрат від події, яка трапилася з людиною. Держава-член ЄС оцінює вартість медичної та реабілітаційної допомоги, вартість юридичного суду, витрати на поліцейські, приватні розслідування, аварійні служби й адміністративні витрати страхування, а також виробничі втрати – цінність для суспільства товарів і послуг, які могли б бути вироблені людиною, яка постраждала від катастрофи або аварії.

Матеріальні збитки від завдання шкоди навколишньому природному середовищу – це витрати залізниці, оцінені на підставі її досвіду, на відновлення пошкодженої території до такого стану, в якому вона перебувала до транспортної події на залізниці.

У роботі [8] автор наголошує, що в разі загибелі людини потрібно враховувати не тільки очевидні економічні збитки (спад продуктивності, виплати родині), але й втрачену вартість самого життя, тобто вартість кількості років, які не дожила людина до віку середньої тривалості життя.

У праці [2] автор критикує підхід, відповідно до якого ціна життя дорівнює величині людського капіталу. Оскільки в такому випадку ціна життя одного мільярдера може дорівнювати ціні життя невеликого поселення.

У подальшому слід приділити увагу розробці оцінки середніх матеріальних збитків від загибелі й травмуванням людей та завдання шкоди навколишньому природному середовищу, оскільки ця проблема в статті не набула розгляду.

### Мета

Будь-яка транспортна подія пов'язана з фінансовими збитками на усунення її наслідків. Після аналізу наявних видів класифікації транспортних подій можна зробити висновок, що найбільш зручною у використанні є класифікація за критерієм матеріального збитку. Метою нашої статті є розробка методики розподілення транспортних подій за критерієм середнього матеріального збитку та встановлення фінансових меж між наявними видами транспортних подій.

### Методика

У наш час на залізницях України транспортні події класифікують за тяжкістю наслідків і які виражають у натуральних величинах. Наявна система класифікації поступається системі класифікації транспортних подій, яка діє на території країн Європейського Союзу (ЄС). Транспортні події в країнах ЄС класифікують як за типом, так і за критерієм матеріального збитку. Для розподілення транспортних подій на залізницях України за категоріями залежно від тяжкості наслідків використовується метод найближчого сусіда. Він враховує середні збитки від транспортної події, його особливістю є можливість встановлення фінансових меж.

### Результати

Розподіл транспортних подій за критерієм матеріального збитку проводять на основі кластерного аналізу [3]. Нехай  $I_i (i = 1, \dots, n)$  – впорядковані за величиною дані, а саме середні матеріальні збитки від  $i$ -ї транспортної події (рис. 1). При цьому  $I_i > I_j$ , оскільки  $i > j$ .

Вихідні дані наведено в табл. 1. Оскільки точні дані про середні збитки від транспортних подій відсутні, то величина збитків була вста-

## НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

новлена експертним шляхом. На підставі щорічних звітів Укрзалізниці. За розрахунковий період були взяті: 2007 рік (обраний через наяв-

ність аварій і катастроф), 2013 і 2014 роки (останні роки з наявними щорічними звітами).

Таблиця 1

Дані ПАТ «Укрзалізниця» за 2007, 2013 і 2014 рр. про транспортні події та збитки від них

Table 1

Data of PJSC "Ukrzaliznytsia" for 2007, 2013, 2014 about traffic accidents and losses from them

№ на графіку	Найменування транспортних подій	Середні збитки, тис. грн
1	Катастрофа	1 267,93
2	Аварія	566,23
3	Зіткнення пасажирських або вантажних поїздів з іншими поїздами чи рухомим складом, сходження рухомого складу в поїздах на перегонах і станціях, які не належать до аварій за своїми наслідками	381,49
4	Проїзд забороненого сигналу, граничного стовпчика або сигнального знака «Межа станції»	136,61
5	Вихід рухомого складу залізничного транспорту на маршрут приймання (відправлення) поїзда, перегін	87,70
6	Розвалювання вантажу під час руху з порушенням габариту	157,31
7	Падіння деталей рухомого складу пасажирського поїзда на колію	22,70
8	Саморозчеплення, розрив автозчепу або гвинтової стяжки між вагонами в пасажирському поїзді	44,01
9	Переведення стрілки або рухомого осердя хрестовини, що входить до поїзного маршруту під поїздом	35,63
10	Зіткнення чи сходження рухомого складу залізничного транспорту під час виконання маневрової роботи	455,26
11	Переведення стрілки під маневровим складом	64,83
12	Саморозчеплення, розрив автозчепу або гвинтової стяжки у вантажному поїзді та між локомотивом і першим вагоном пасажирського поїзда	17,22
13	Розріз стрілки (рухомого осердя хрестовини)	9,79
14	Злам рейки й елементів стрілочних переводів	195,88
15	Поява несправностей локомотива, моторвагонного рухомого складу або спеціального рухомого складу, вагонів, несправностей колії, пристроїв СЦБ та зв'язку, контактної мережі, електропостачання, які призвели до затримки поїзда на перегоні чи станції на 1 год. й більше понад графікового часу	306,12
16	Злам бокової ферми кузова вантажного вагона, колісної пари або її елементів, боковини візка рухомого складу, надресорної чи хребтової балок пасажирських і вантажних вагонів або тріщини балок візків пасажирських вагонів	77,14
17	Приймання й відправлення поїзда за неправильно підготовленим маршрутом	56,96

Продовження табл. 1  
Continuation of Table 1

№ на графіку	Найменування транспортних подій	Середні збитки, тис. грн.
18	Невидача попереджень на поїзди, коли необхідно зменшити швидкість або зупинитися та (або) не огороження сигналами небезпечного місця для руху поїздів під час виконання робіт	227,03
19	Порушення правил розміщення й кріплення вантажу, які не спричинили вихід вантажу за встановлені габарити навантаження, але призвели до затримки поїзда на 2 год. і більше	167,31
20	Неправильні дії працівників, що призвели до затримки поїзда на 1 год. й більше	208,71
21	Несвоєчасне закінчення робіт у «вікно», що призвели до затримки поїздів на 1 год. й більше	56,05
22	Перехід на інші засоби сигналізації і зв'язку для організації руху поїздів на 8 год. і більше через несправність технічних засобів	154,86
23	Несправність букси або інші технічні несправності вагонів, локомотивів, секцій дизель-поїздів та електросекцій чи неправильні дії причетних працівників, що призвели до відчеплення рухомого складу від поїзда на шляху його прямування	136,29
24	Наїзд на сторонні предмети, деталі верхньої будови колії, візки, ізолювальні зйомні вишки, гальмівні башмаки тощо	92,16
25	Перекрыття дозвільного показання сигналу на заборонне, що викликало проїзд заборонного сигналу на станціях	183,11

Загальними ознаками залізничних транспортних подій, що виникли під час руху рухомого складу у наявній класифікації є: загибель або травмування людей; пошкодження рухомого складу й технічних засобів; порушення графіка руху поїздів; завдання шкоди навколишньому природному середовищу. Представлений у статті підхід до класифікації транспортних подій за критерієм матеріального збитку базується на середніх матеріальних збитках від пошкодження рухомого залізничного транспорту й технічних засобів, порушення графіка руху поїздів, які в свою чергу можна оцінити однозначно.

На рис. 1 зображений розподіл транспортних подій за матеріальними збитками. Нумерацією від 1 до 25 позначено номер транспортної події відповідно до табл. 1. Найбільші середні збитки були спричинені катастрофою (1267,93 тис. грн), й вони позначені одиницею на рис. 1. Найменші збитки в розмірі 9,79 тис. грн. були спричинені розрізом стрілки (рухомого осердя хрестовини), вони позначені на рисунку під номером 13.

Схема кластеризації за принципом найближчого сусіда може бути описана наступним чином. Розглянемо  $\{I_1, I_2, \dots, I_n\}$  як множину кластерів  $\{I_1\}, \{I_2\}, \dots, \{I_n\}$ . Виберемо два з них –  $I_i$  та  $I_j$ , які є найбільш близькими і об'єднаємо їх в один кластер. Нова множина кластерів буде складатися вже з  $n - 1$  кластерів і мати вигляд  $\{I_1\}, \{I_2\}, \dots, \{I_i, I_j\}, \dots, \{I_n\}$ . Повторюючи процес, отримаємо послідовну множину кластерів, які складаються із  $n - 2$ ,  $n - 3$  і т. д. кластерів. Наприкінці процедури кластеризації отримаємо потрібну кількість кластерів, які складаються із  $n$  об'єктів і збігаються з первинною множиною  $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$ . У якості міри відстані приймемо звичайну евклідову відстань  $d_{ij}$ :

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2}, \quad (1)$$

де  $x_i$  та  $x_j$  – значення ознаки-го ( $j$ -го) об'єкта.

## НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

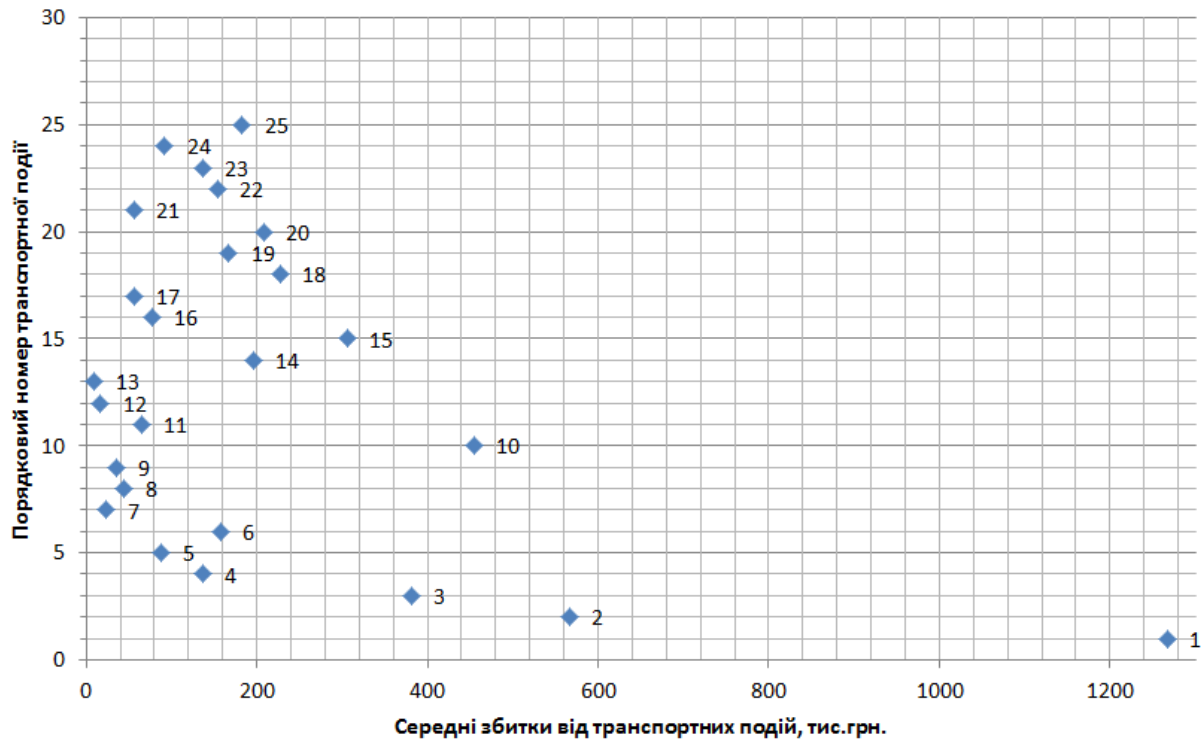


Рис.1. Розподіл видів транспортних подій за матеріальними збитками

Fig.1. Distribution of types of transport accidents by material losses

Розрахована матриця відстаней для об'єктів транспортних подій, розподілених за збитками, представлена в табл. 2.

Таблиця 2

## Матриця відстаней, крок перший

Table 2

## Matrix of distances, step one

№ кластера	1	2	3	4	5	...	22	23	24	25
1	0	701,7	886,44	1131,3	1180,2	...	1113,1	1131,6	1175,7	1084,8
2	701,7	0	184,74	429,62	478,53	...	411,37	429,94	474,07	383,12
3	886,44	184,74	0	244,88	293,79	...	226,63	245,2	289,33	198,38
4	1131	429,6	244,9	0	48,91	...	18,25	0,32	44,45	46,5
5	1180	478,5	293,8	48,91	0	...	67,16	48,59	4,46	95,41
6	1111	408,9	224,2	20,7	69,61	...	2,45	21,02	65,15	25,8
7	1245,2	543,53	358,79	113,91	65	...	132,16	113,59	69,46	160,41
8	1223,9	522,22	337,48	92,6	43,69	...	110,85	92,28	48,15	139,1

Продовження табл. 2

Continuation of the Table 2

№ Кластера	1	2	3	4	5	...	22	23	24	25
9	1232,3	530,6	345,86	100,98	52,07	...	119,23	100,66	56,53	147,48
10	812,67	110,97	73,77	318,65	367,56	...	300,4	318,97	363,1	272,15
11	1203,1	501,4	316,66	71,78	22,87	...	90,03	71,46	27,33	118,28
12	1250,7	549,01	364,27	119,39	70,48	...	137,64	119,07	74,94	165,89
13	1258,1	556,44	371,7	126,82	77,91	...	145,07	126,5	82,37	173,32
14	1072,1	370,35	185,61	59,27	108,18	...	41,02	59,59	103,72	12,77
15	961,81	260,11	75,37	169,51	218,42	...	151,26	169,83	213,96	123,01
16	1190,8	489,09	304,35	59,47	10,56	...	77,72	59,15	15,02	105,97
17	1211	509,27	324,53	79,65	30,74	...	97,9	79,33	35,2	126,15
18	1040,9	339,2	154,46	90,42	139,33	...	72,17	90,74	134,87	43,92
19	1100,6	398,92	172,78	30,7	79,61	...	12,45	31,02	75,15	15,8
20	1059,2	357,52	172,78	72,1	121,01	...	53,85	72,42	116,55	25,6
21	1211,9	510,18	325,44	80,56	31,65	...	98,81	80,24	36,11	127,06
22	1113	411,4	226,6	18,25	67,16	...	0	18,57	62,7	28,25
23	1131,6	429,94	245,2	0,32	48,59	...	18,87	0	44,13	46,82
24	1175,7	474,07	289,33	44,45	4,46	...	62,7	44,13	0	90,95
25	1084,8	383,12	198,38	46,5	95,41	...	28,25	46,82	90,95	0

З табл. 2 видно, що найменша відстань  $d_{4,23} = 0,32$  між об'єктами  $I_4$  та  $I_{23}$ , отже формуємо за допомогою  $I_4$  та  $I_{23}$  новий кластер –  $K_{4,23} = \{I_4, I_{23}\}$ . Розрахуємо нову  $(25-1) \times (25-1)$  матрицю відстаней, табл. 3. Рядки для цієї матриці можна взяти з попередньої, однак рядок, який об'єднує об'єкти  $I_4$  і  $I_{23}$  потрібно перерахувати заново. Із матриці відстаней (таб. 3) видно, що об'єкти  $I_{17}$  і  $I_{23}$  є найбільш близькими, тому їх об'єднують в один кластер –  $K_{17,21} = \{I_{17}, I_{21}\}$ . У результаті виконання останнього кроку кластеризації всі об'єкти будуть об'єднані в один кластер. Але оптимальною вважається кількість кластерів, яка дорів-

нює різниці кількості спостережень (у нашому випадку 25) і кількості кроків, після яких відстань об'єднання зростає стрибкоподібно (у нашому випадку – 22).

Графік об'єднання транспортних подій у кластери за критерієм матеріального збитку представлений на рис. 2.

Найкращим варіантом є розподілення транспортних подій за критерієм матеріального збитку на три кластери, а саме:  $K_1 = \{I_1\}$ ,  $K_2 = \{I_2\}$ ,  $K_{3-25} = \{I_{3-25}\}$ . Це підтверджується також практикою, яка склалася відносно розподілення транспортних подій за тяжкістю їх наслідків на катастрофи, аварії й інциденти.

Таблиця 3

## Матриця відстаней, крок другий

Table 3

## Matrix of distances, step two

№ кла- стера	1	...	4, 23	...	16	17	...	21	...	25
1	0	...	1131,3	...	1190,8	1211	...	1211,9	...	1084,8
2	701,7	...	429,62	...	489,09	509,3	...	510,18	...	383,12
3	886,44	...	245,2	...	304,4	324,5	...	325,44	...	198,38
4	1131	...	0	...	59,15	79,33	...	80,24	...	46,5
5	1180	...	48,59	...	10,56	30,74	...	31,56	...	95,41
6	1111	...	20,7	...	80,17	100,4	...	101,26	...	25,8
7	1245,2	...	113,59	...	54,44	34,26	...	33,35	...	160,41
8	1223,9	...	92,28	...	33,13	12,95	...	12,04	...	139,1
9	1232,3	...	100,66	...	41,51	21,33	...	22,63	...	147,48
10	812,67	...	318,65	...	378,12	398,3	...	399,21	...	272,15
11	1203,1	...	71,46	...	13,31	7,87	...	8,78	...	118,28
12	1250,7	...	119,07	...	59,92	39,74	...	38,83	...	165,89
13	1258,1	...	126,5	...	67,35	47,17	...	46,26	...	173,32
14	1072,1	...	59,27	...	118,74	138,9	...	139,83	...	12,77
15	961,81	...	169,51	...	228,98	249,2	...	250,07	...	123,01
16	1190,8	...	59,15	...	0	20,18	...	21,09	...	105,97
17	1211	...	79,33	...	20,18	0	...	0,91	...	126,15
18	1040,9	...	90,42	...	149,89	170,07	...	170,98	...	43,92
19	1100,6	...	30,7	...	90,17	110,35	...	111,26	...	15,8
20	1059,2	...	72,1	...	131,57	151,75	...	152,66	...	25,6
21	1211,9	...	80,24	...	21,09	0,91	...	0	...	127,06
22	1113	...	18,25	...	77,72	97,9	...	98,81	...	28,25
24	1175,7	...	44,13	...	15,02	35,2	...	36,11	...	90,95
25	1084,8	...	46,5	...	105,97	126,15	...	126,06	...	0



## НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

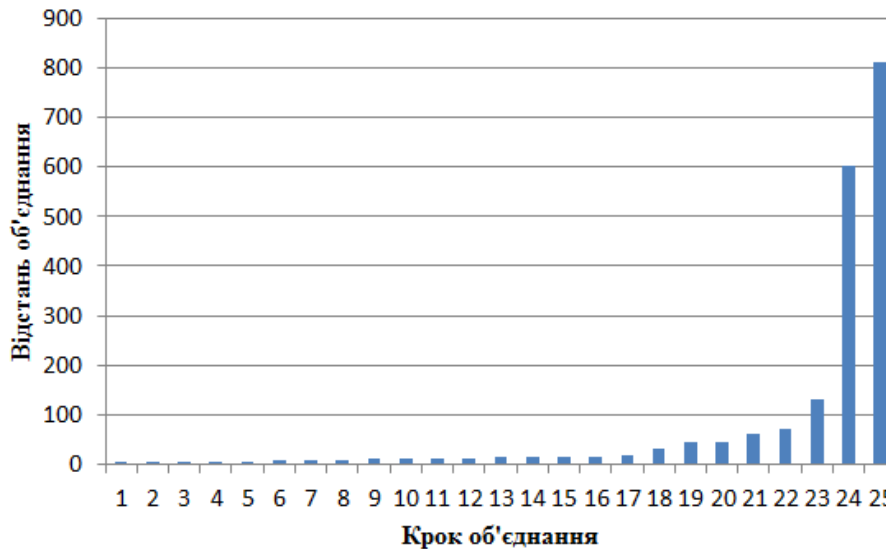


Рис. 2. Об'єднання транспортних подій у кластери за критерієм матеріального збитку

Fig. 2. Clustering of transport accidents according to criterion of material damage

За результатами кластеризації визначимо значення фінансових меж видів порушень безпеки руху між трьома групами (табл. 4).

Таблиця 4

#### Значення фінансових меж під час розподілення транспортних подій на три кластери

Table 4

#### Value of financial limits in the distribution of transport accidents into three clusters

№ кластера	Значення фінансової межі, тис. грн.
1	812,7
2	601,7

Усі можливі випадки порушення безпеки руху можна поділити на три групи. Пропонуємо встановлення фінансових границь у таких розмірах: перша група – події, матеріальні збитки від яких склали менше 500 тис. грн. У другій групі + розмір збитків від транспортних подій варіюється в проміжку від 500 тис. до 1 млн грн. Третя група – події, від яких матеріальні збитки перевищили суму в 1 млн грн.

Порівняно з наявною системою класифікації транспортних подій на залізницях України за-

пропонований підхід дає можливість оцінити транспортні події не тільки за тяжкістю їх наслідків, а й за критерієм матеріального збитку. Після оцінки розміру матеріальних збитків цей підхід дасть можливість однозначно віднести цю транспортну подію до однієї з трьох запропонованих груп.

#### Наукова новизна та практична значимість

У роботі вдосконалено методику розподілення транспортних подій за категоріями залежно від матеріальних збитків від них. Усі транспортні події поділено на три групи. Доцільність такого розподілення підтверджена наявною класифікацією транспортних подій на залізницях України, яка базується на тяжкості наслідків. На основі отриманих результатів можливий подальший розвиток системи класифікації транспортних подій, а також її інтегрування в європейську систему класифікації.

#### Висновки

Остаточним результатом будь-якої транспортної події є фінансові витрати на усунення збитків від неї. Найбільш перспективним є варіант класифікації залізничних транспортних

## НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

подій за критерієм їх середнього матеріального збитку. Цей підхід дає змогу оцінити стан безпеки руху на окремих ділянках, станціях чи дирекціях залізниці.

Після проведення кластеризації за принципом найближчого сусіда транспортні події розподілені на три кластери. Актуальність кластеризації транспортних подій підтверджується чинним наказом Міністерства інфраструктури України від 25 липня 2017 року № 235 «Про затвердження Положення про класифікацію транспортних подій на залізничному транспорті», за яким усі транспортні події поділяють також на три групи: катастрофи (аварії із серйозними наслідками), аварії й інциденти.

Розвиток системи класифікації транспортних подій відповідно до запропонованого в статті підходу базується на встановленні фінан-

сових меж. Подальші дослідження потрібно спрямувати на підтвердження їх розмірів.

Для розробки запропонованої класифікації автори використали обробки статистичні дані, отримані зі звітів про стан безпеки руху залізниць. Однак деякі звіти не містять достовірної інформації про відмови технічних пристроїв, зокрема про технічні відмови вагонних уповільнювачів. У звітах такі відмови майже не зазначають, а це суперечить основному принципу безпеки і свідчить про відсутність ідеальної безпечної системи. Тому деякі звіти можна поставити під сумнів.

Зважаючи на це запропонований метод класифікації транспортних подій можна використовувати тільки за наявності достовірної інформації про їх кількість і збитки від них.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вырков, С. А. Классификация железнодорожных транспортных происшествий по критерию материального ущерба / С. А. Вырков // Изв. Петербург. ун-та путей сообщения. – 2015. – Вып. 1. – С. 12–19.
2. Гуриев, С. М. Мифы экономики: заблуждение и стереотипы, которые распространяют СМИ и политики / С. М. Гуриев. – Москва : Юнайтед Пресс, 2010. – 120 с.
3. Дюран, Б. Кластерный анализ / Б. Дюран, П. Оделл. – Москва : Статистика, 1977. – 128 с.
4. Про затвердження Положення про класифікацію транспортних подій на залізничному транспорті [Електронний ресурс] : Наказ М-ва інфраструктури України від 03.07.2017 р. № 235. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0904-17> – Назва з екрана. – Перевірено : 28.05.2018.
5. О внесении изменений в Положение о классификации, порядке расследования и учета транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, утвержденное приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 18 декабря 2014 г. № 344 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cdnimg.rg.ru/pril/130/47/94/43349.pdf> – Назва з екрана. – Перевірено : 28.05.2018.
6. О внесении изменений и дополнения в приказ исполняющего обязанности Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 26 марта 2015 года № 334 «Об утверждении Правил безопасности на железнодорожном транспорте» [Електронний ресурс] : Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 21 февраля 2017 года № 105. – Режим доступу: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1700014981> – Назва з екрана. – Перевірено : 28.05.2018.
7. Розсоха, О. В. Аналіз і особливості існуючих наукових підходів щодо визначення рівня безпеки руху / О. В. Розсоха, Ю. В. Смачило // Зб. наук. пр. Держ. економ.-технолог. ун-ту трансп. Серія: Транспортні системи і технології. – Київ, 2016. – Вип. 28. – С. 202–214.
8. Шмаков, Д. И. Оценка экономического ущерба в результате смертности населения от несчастных случаев, отравлений и травм / Д. И. Шмаков // Научные труды / Ин-т народнохозяйств. прогнозирования РАН. – Москва, 2003. – Вып. 1. – С. 377–385.
9. An extended system-theoretic hazard analysis method for the safety of high-speed railway train control systems / Jin Tao Liu, Tao Tang, Jie Bei Zhu, Lin Zhao // Proc. of the Institution of Mechanical Engineers. Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. – 2016. – Vol. 231. – Iss. 8. – P. 821–834. doi: 10.1177/0954409716664931
10. Commission Directive 2009/149/EC of 27 November 2009 [Електронний ресурс] // Official Journal of the European Union. – 2009. – Режим доступу: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:313:0065:0074:EN:PDF> – Назва з екрана. – Перевірено : 28.05.2018.

## НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

11. Directive 2004/49/EC of the European Parliament and of the council of 24 April 2004 [Електронний ресурс] // Official Journal of the European Union. – 2004. – P. 1–24. – Режим доступу: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:220:0016:0039:EN:PDF> – Назва з екрана. – Перевірено : 28.05.2018.
12. Leitner, B. A general model for railway systems risk assessment with the use of railway accident scenarios analysis / B. Leitner // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 187. – P. 150–159. doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.361
13. Risk Assessment of Railway Transportation Systems Using Timed Fault Trees / Zhaoguang Peng, Yu Lu, Alice Miller, Chris Johnson, Tingdi Zhao // Quality and Reliability Engineering International. – 2014. – Vol. 32. – Iss. 1. – P. 181–191. doi: 10.1002/qre.1738
14. Risk Evaluation of Railway Rolling Stock Failures Using FMECA Technique: A Case Study of Passenger Door System / Fateme Dinmohammadi, Babakalli Alkali, Mahmood Shafiee, Christophe Bérenguer, Ashraf Labib // Urban Rail Transit. – 2016. – Vol. 2. – Iss. 3-4. – P. 128–145. doi: 10.1007/s40864-016-0043-z
15. 2012 report on railway safety in Poland [Електронний ресурс] // Rail Transport Office. – 2013. – P. 1–111. – Режим доступу: <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/NSA%20Annual%20Report%202012%20Poland.pdf> – Назва з екрана. – Перевірено : 28.05.2018.

А. Н. ОГАР<sup>1\*</sup>, А. В. РОЗСОХА<sup>2\*</sup>, А. В. ШАПОВАЛ<sup>3\*</sup>, Ю. В. СМАЧИЛО<sup>4\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Железнодорожные станции и узлы», Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, пл. Фейербаха, 7, Харьков, Украина, 61001, тел. +38 (057) 730 10 42, эл. почта [ogar.07.12@gmail.com](mailto:ogar.07.12@gmail.com), ORCID 0000-0003-1967-5828

<sup>2\*</sup>Каф. «Железнодорожные станции и узлы», Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, пл. Фейербаха, 7, Харьков, Украина, 61001, тел. +38 (057) 730 10 42, эл. почта [alexroz2010@gmail.com](mailto:alexroz2010@gmail.com), ORCID 0000-0001-6281-0226

<sup>3\*</sup>Каф. «Железнодорожные станции и узлы», Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, пл. Фейербаха, 7, Харьков, Украина, 61001, тел. +38 (057) 730 10 42, эл. почта [ann.shapoval@ukr.net](mailto:ann.shapoval@ukr.net), ORCID 0000-0002-7884-6781

<sup>4\*</sup>Каф. «Железнодорожные станции и узлы», Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, пл. Фейербаха, 7, Харьков, Украина, 61001, тел. +38 (057) 730 10 42, эл. почта [smachilo.julia@gmail.com](mailto:smachilo.julia@gmail.com), ORCID 0000-0003-1042-2170

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ УКРАИНЫ ПО КАТЕГОРИЯМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЯЖЕСТИ ПОСЛЕДСТВИЙ

**Цель.** Статья предусматривает разработку методики распределения транспортных происшествий по критерию среднего материального ущерба и установления финансовых границ между существующими видами транспортных происшествий. **Методика.** В наше время на железных дорогах Украины транспортные происшествия классифицируются по тяжести последствий и выражаются в натуральных величинах. Существующая система классификации уступает системе классификации транспортных происшествий, которая действует на территории стран Европейского Союза (ЕС). Транспортные происшествия в странах ЕС классифицируют как по типу, так и по критерию материального ущерба. Для распределения транспортных происшествий на железных дорогах Украины по категориям в зависимости от тяжести последствий используют метод ближайшего соседа. Он учитывает средние убытки от транспортного происшествия, его особенностью является возможность установки финансовых границ. **Результаты.** Предложен эффективный метод распределения транспортных происшествий на железных дорогах Украины по категориям в зависимости от тяжести последствий с использованием кластерного анализа. Представленные результаты расчетов позволяют распределить транспортные происшествия на три группы и установить финансовые границы между ними. **Научная новизна.** Усовершенствована методика распределения транспортных происшествий по категориям в зависимости от материального ущерба от них. Согласно ей транспортные происшествия разделены на три группы. Впервые были предложены финансовые границы между группами транспортных проис-

## НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

шествий. Дальнейшие исследования предлагаем направить в подтверждение размеров финансовых границ. **Практическая значимость.** В результате исследований появилась возможность оценить транспортные происшествия не только по тяжести их последствий, но и по критерию материального ущерба. Этот подход позволяет также оценить состояние безопасности движения на отдельных участках, станциях или дирекциях железной дороги. На основе полученных результатов возможно дальнейшее развитие системы классификации транспортных происшествий, а также ее интеграции в европейскую систему классификации.

*Ключевые слова:* классификация транспортных происшествий; железнодорожный транспорт; материальный ущерб

О. М. ОГАР<sup>1\*</sup>, О. В. РОЗСОХА<sup>2\*</sup>, Г. В. ШАПОВАЛ<sup>3\*</sup>, Ю. В. СМАЧИЛО<sup>4\*</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Railway Stations and Nodes», Ukrainian State University of Railway Transport, Feierbakh Sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61001, tel. +38 (057) 730 10 42, e-mail ogar.07.12@gmail.com, ORCID 0000-0003-1967-5828

<sup>2\*</sup>Dep. «Railway Stations and Nodes», Ukrainian State University of Railway Transport, Feierbakh Sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61001, tel. +38 (057) 730 10 42, e-mail alexroz2010@gmail.com, ORCID 0000-0001-6281-0226

<sup>3\*</sup>Dep. «Railway Stations and Nodes», Ukrainian State University of Railway Transport, Feierbakh Sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61001, tel. +38 (057) 730 10 42, e-mail ann.shapoval@ukr.net, ORCID 0000-0002-7884-6781

<sup>4\*</sup>Dep. «Railway Stations and Nodes», Ukrainian State University of Railway Transport, Feierbakh Sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61001, tel. +38 (057) 730 10 42, e-mail smachilo.julia@gmail.com, ORCID 0000-0003-1042-2170

## TRANSPORT ACCIDENTS DISTRIBUTION AT UKRAINIAN RAILWAYS ACCORDING TO CATEGORIES DEPENDING ON SEVERITY OF CONSEQUENCES

**Purpose.** The article aimed at developing a methodology for transport accidents distribution according to criterion of average material damage and establish financial limits between the existing types of transport accidents. **Methodology.** Nowadays, at the Ukrainian railways, transport accidents are classified according to the severity of consequences which are expressed in physical quantities. The existing classification system is inferior to the classification system of transport accidents, which operates in the territory of the European Union (EU). Transport accidents in the EU countries are classified both by type and by criterion of material damage. To distribute transport accidents by categories depending on the severity of the consequences at the Ukrainian railways the method of the nearest neighbor is used. It takes into account average losses from transport accident, its feature is the possibility of establishing financial limits. **Findings.** The article proposes an efficient method for distributing transport accidents at the Ukrainian railways according to the categories depending on the severity of consequences using cluster analysis. The presented results of calculations allow us to distribute the transport accidents into three groups and establish the financial limits between them. **Originality.** It was improved the method of distribution of transport accidents by categories depending on material losses. According to it, transport accidents are divided into three groups. For the first time, financial limits were proposed between groups of transport events. We propose further research to confirm the size of financial limits. **Practical value.** As a result of research, it was possible to evaluate transport accidents not only by severity of their consequences, but also by the criterion of material damage. This approach also enables us to evaluate the state of traffic safety at certain sections, stations or railway directions. On the basis of obtained results, further development of classification system of transport accidents, as well as its integration into the European classification system, is possible.

*Keywords:* transport accident classification; railway transport; material damages

### REFERENCES

1. Vyrkov, S. A. (2015). Klassifikatsiya zheleznodorozhnykh transportnykh proisshestviy po kriteriyu materialnogo ushcherba. *Proceedings of Petersburg Transport University, 1*, 12-19. (in Russian)
2. Guriev, S. M. (2010). *Mify ekonomiki: zabluzhdenie i stereotipy, kotorye rasprostranyayut SMI i politiki*. Moscow: Yunayted Press. (in Russian)
3. Dyuran, B., & Odell, P. (1977). *Klasternyy analiz*. Moscow: Statistika. (in Russian)

## НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

4. Pro zatverdzhennia Polozhennia pro klasyfikatsiiu transportnykh podii na zaliznychnomu transporti. № 235. (2017). Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0904-17> (in Ukrainian)
5. O vnesenii izmeneniy v Polozhenie o klassifikatsii, poryadke rassledovaniya i ucheta transportnykh proisshestviy i inykh sobytii, svyazannykh s narusheniem pravil bezopasnosti dvizheniya i ekspluatatsii zheleznodorozhnogo transporta, utverzhdennoe prikazom Ministerstva transporta Rossiyskoy. № 344. (2014). Retrieved from <https://cdnimg.rg.ru/pril/130/47/94/43349.pdf> (in Russian)
6. Ob utverzhdenii Pravil bezopasnosti na zheleznodorozhnom transporte. № 334. (2015). Retrieved from <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1700014981> (in Russian)
7. Rozsoha, O. V., & Smachilo, Y. V. (2016). Analysis and features of existing scientific approaches to determining the level of traffic safety. *Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnoho ekonomiko-tekhnologichnoho universytetu transportu*, 28, 202-212. (in Ukrainian)
8. Shmakov, D. I. (2003). Otsenka ekonomicheskogo usherba v rezultate smertnosti naseleniya ot neschastnykh sluchaev, otravleniy i travm. *Nauchnye trudy: Institut narodnokhozyaystvennogo prognozirovaniya RAN*, 1, 377-385. (in Russian)
9. Lui, J. T., Tang, T., Zhu, J. B., & Zhao, L. (2016) An extended system-theoretic hazard analysis method for the safety of high-speed railway train control systems. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 231(8), 821–834. doi: 10.1177/0954409716664931 (in English)
10. Commission Directive 2009/149/EC of 27 November 2009. (2009). *Official Journal of the European Union*, 313, 65-74. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:313:0065:0074:EN:PDF> (in English)
11. Directive 2004/49/EC of the European Parliament and of the council of 24 April 2004. *Official Journal of the European Union*, 220, 16-39. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:220:0016:0039:EN:PDF> (in English)
12. Leitner, B. (2017). A general model for railway systems risk assessment with the use of railway accident scenarios analysis. *Procedia Engineering*, 187, 150–159. doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.361 (in English)
13. Peng, Z., Lu, Y., Miller, A., Johnson, C., & Zhao, T. (2014). Risk Assessment of Railway Transportation Systems Using Timed Fault Trees. *Quality and Reliability Engineering International*, 32(1), 181–191. doi: 10.1002/qre.1738 (in English)
14. Dinmohammadi, F., Alkali, B., Shafiee, M., Berenguer, C., & Labib, A. (2016). Risk Evaluation of Railway Rolling Stock Failures Using FMECA Technique: A Case Study of Passenger Door System. *Urban Rail Transit*, 2(3-4), 128–145. doi: 10.1007/s40864-016-0043-z (in English)
15. 2012 report on railway safety in Poland. (2013). Warsaw: Rail Transport Office Publisher. Retrieved from <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/NSA%20Annual%20Report%202012%20Poland.pdf> (in English)

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Д. Н. Козаченком (Україна)*

Надійшла до редколегії: 06.02.2018

Прийнята до друку: 22.05.2018