

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 656.2.08:657.6

А. М. ОКороков^{1*}, М. О. Булах^{2*}

^{1*}Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 70, ел. пошта andrew.okorokoff@gmail.com, ORCID 0000-0002-3111-5519

^{2*}Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 70, ел. пошта bulah_marina@mail.ru, ORCID 0000-0003-4264-2303

ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА СТАНУ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ НА ЗАЛІЗНИЦІ ПІД ЧАС ТЕХНІЧНОГО АУДИТУ

Мета. Дослідження спрямовано на розробку інтегральної оцінки стану безпеки руху поїздів на залізниці під час проведення технічного аудиту. **Методика.** Для розробки інтегральної оцінки стану безпеки руху поїздів на залізниці під час проведення технічного аудиту запропоновано використовувати вагові коефіцієнти, які пропорційні впливу негативних наслідків катастроф, аварій, інцидентів, що характеризують стан порушення безпеки руху. Також запропоновано орієнтування на основні показники безпеки руху поїздів АТ «Українська залізниця», до яких віднесено: матеріальний збиток, кількість порушень безпеки руху та відмов технічних засобів. **Результати.** Автори розробили інтегральну оцінку стану безпеки руху поїздів в умовах АТ «Українська залізниця», яка являє собою комплексну величину, призначену для оцінювання загального рівня безпеки руху під час проведення технічного аудиту. Також сформували моделі для інтегральної оцінки безпеки руху поїздів в АТ «Українська залізниця» з ваговими коефіцієнтами, що дозволяють більш адекватно відображати стан безпеки. Ці моделі можна використати під час проведення технічного аудиту всієї залізниці чи її окремого підприємства для з'ясування реальних загроз і ризиків, які вже виникли і на які необхідно звернути увагу для гарантування вищого рівня безпеки руху поїздів. **Наукова новизна.** Автори вперше запропонували під час проведення технічного аудиту використовувати розроблені моделі для інтегральної оцінки безпеки руху поїздів АТ «Українська залізниця» з ваговими коефіцієнтами, які дозволяють виконувати оцінювання загального рівня безпеки руху та встановлювати у процесі аудиту реальні загрози й ризики. **Практична значимість.** На основі отриманих моделей для інтегральної оцінки безпеки руху поїздів можна провести технічний аудит усієї залізниці чи її окремого підрозділу із запропонованням реалізації відповідних заходів впливу на наявні джерела небезпеки з метою зниження ризиків й підвищення локального чи загального рівня безпеки руху поїздів.

Ключові слова: безпека руху поїздів; технічний аудит; інтегральна оцінка; ризики; транспортні події; залізничний транспорт

Вступ

Після здобуття незалежності Україна, одна з небагатьох країн колишнього Радянського Союзу, отримала у спадок добре розвинену залізничну інфраструктуру та відносно непогане матеріально-технічне оснащення залізниць.

Будучи однією з базових галузей економіки України, залізничний транспорт забезпечує її

внутрішні та зовнішні транспортно-економічні зв'язки й потреби населення у перевезеннях. Ефективність його діяльності значною мірою впливає на функціонування всіх галузей суспільного виробництва, соціальний та економічний розвиток і зміцнення обороноздатності держави, а також на міжнародне співробітництво.

Взаємодіючи з іншими видами транспорту, підприємства залізниці забезпечують своєчасність і якість перевезення пасажирів і вантажів, розвиток сфери транспортного обслуговування й безпеку руху. Саме безпечність є одним із головних принципів функціонування залізничного транспорту в Україні [10–13]. Норми чинного в галузі залізничного транспорту законодавства безпеку руху визначають як комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безаварійної роботи й утримання в постійній справності залізничних споруд, колій, рухомого складу, обладнання, механізмів і пристроїв [7, 12]. З огляду на обраний Україною курс до євроінтеграції, із врахуванням реформаційних змін, які зараз відбуваються в галузі залізничного транспорту, виникає необхідність впровадження нових підходів до гарантування безпеки руху, а також нових підходів до оцінки безпеки руху поїздів.

Згідно з чинним Положенням про систему управління безпекою руху поїздів на залізницях України [6, 7] для оцінки стану безпеки руху поїздів застосовують абсолютні й питомі показники. Як абсолютні під час проведення щорічного аналізу стану безпеки руху в структурі АТ «Українська залізниця» використовують статистичні показники, а саме: кількість транспортних подій та кількість постраждалих осіб, що загинули або були травмовані.

Оскільки наявна методика не забезпечує комплексного підходу в оцінці рівня безпеки руху поїздів, тема розробки методів, моделей та підходів до оцінки стану безпеки, які дозволять виявити рівень фактичної та прогнозованої безпеки, набуває все більшої актуальності. Новий комплексний підхід до оцінки рівня безпеки руху поїздів на залізницях можна застосувати під час проведення технічного аудиту, який набув широкого застосування в інших галузях народного господарства [3, 4, 8, 9, 12].

Мета

Ураховуючи вищезгадане, метою роботи є розробка інтегральної оцінки стану безпеки руху поїздів на залізниці під час проведення технічного аудиту.

Методика

Стан безпеки руху на залізницях України прийнято оцінювати числом транспортних подій. Відповідно до класифікації 2017 року, до таких належать катастрофи, аварії, інциденти.

На основі використання класифікації транспортних подій як порушення безпеки руху поїздів можна надати оцінку загального стану її рівня з розробленням та впровадженням заходів, направлених на усунення можливих передумов чи зменшення ризику їх виникнення для транспортних подій, що вже відбулися.

Інтегральну оцінку ризиків або рівня безпеки руху поїздів можна здійснити в разі використання вагових коефіцієнтів до кожного виду транспортної події, а також у разі використання даних про кількість наявних порушень безпеки руху поїздів відповідно до встановленої класифікації та їх сукупних показників, наприклад, величини матеріальних збитків залізниці, кількості жертв або постраждалих, кількості відмов, нанесення шкоди навколишньому середовищу. Оскільки транспортні події на залізничному транспорті, які класифіковано на катастрофи, аварії, інциденти, є нерівноцінними як за ступенем небезпеки, так і тяжкістю можливих наслідків, то їх звичайне додавання показує загальну кількість транспортних подій і не подає загальної картини стану безпеки руху поїздів на залізницях. Тому для представлення адекватної картини про стан безпеки руху поїздів необхідно для кожного виду транспортної події використовувати вагові коефіцієнти, які будуть пропорційними впливу негативних наслідків катастроф, аварій, інцидентів. Подамо це твердження у вигляді наступного виразу, що буде являти собою інтегральну оцінку безпеки руху поїздів на залізницях:

$$I = \alpha_k N_k + \alpha_a N_a + \alpha_i N_i, \quad (1)$$

де $\alpha_k, \alpha_a, \alpha_i$ – вагові коефіцієнти транспортних подій: катастроф, аварій, інцидентів відповідно; N_k, N_a, N_i – кількість транспортних подій – катастроф, аварій, інцидентів відповідно.

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Результати

Визначення вагових коефіцієнтів можна запропонувати, виходячи з матеріальних збитків унаслідок порушення безпеки руху поїздів на залізницях. Відповідно до статистичних даних, середня вартість збитків від однієї транспортної події АТ «Українська залізниця» за 2015–2017 рр., згідно з [1], складає: інциденту 7,01 тис. грн, аварії – 122,43 тис. грн, катастрофи – 3 060,6 тис. грн.

Тоді, узявши за одиницю середнє значення матеріальних збитків для інцидентів ($\alpha_i = 1$), знайдемо інші вагові коефіцієнти α_k, α_a , які, виходячи з цього, будуть мати такі значення: $\alpha_k = 436,6; \alpha_a = 17,46$.

Вираз (1) для наведених значень вагових коефіцієнтів набуде наступного вигляду:

$$I = 436,6N_k + 17,46N_a + N_i. \quad (2)$$

Наведемо на рис. 1 загальну кількість транспортних подій за 2015–2017 рр. та інтегральну оцінку безпеки руху поїздів АТ «Українська залізниця», що розрахована за виразом (2).

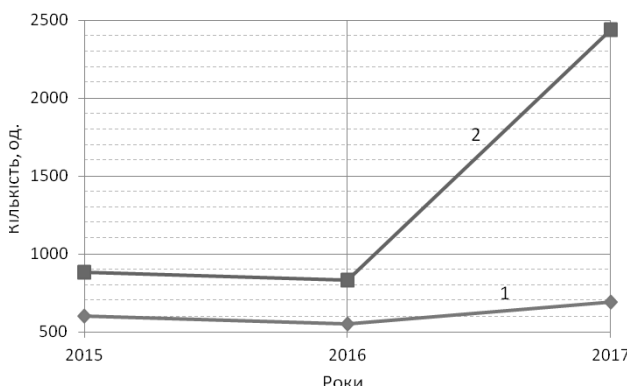


Рис. 1. Стан безпеки руху поїздів АТ «Українська залізниця» у 2015–2017 рр.:

- 1 – за загальною кількістю транспортних подій;
2 – інтегральна оцінка безпеки руху поїздів, що розрахована за виразом (2)

Fig. 1. Train safety condition of Ukrzaliznytsia JSC in 2015–2017:

- 1 – by the total number of transport accidents;
2 – integral assessment of train traffic calculated by expression (2)

З наведеного рис. 1 можемо бачити, що інтегральна оцінка безпеки руху поїздів АТ «Українська залізниця» у 2015–2017 рр. складає вищі значення порівняно із загальною кількістю транспортних подій, тобто розроблена інтегральна оцінка з ваговими коефіцієнтами більш адекватно відображає стан безпеки руху поїздів на залізницях. Таким чином, вираз (2) можна використати під час виконання технічного аудиту окремого підприємства чи АТ «Українська залізниця» загалом для з'ясування реальних загроз і ризиків, які вже виникли і на які необхідно звернути увагу для гарантування вищого рівня безпеки руху поїздів.

Технічний аудит не може відбуватися без комплексної оцінки рівня безпеки руху або ризику, що супроводжується також розвитком у системі обліку й аналізу загального рівня безпеки руху. У наш час під час проведення технічного аудиту кількісну оцінку безпеки руху поїздів можна характеризувати числом або питомим показником транспортних подій, віднесених до одиниці виконаної залізничним транспортом роботи. Однак під час технічного аудиту така оцінка не дає можливості виконувати облік усіх категорій показників, що характеризують рівень безпеки руху поїздів. Так, наприклад, не враховані кількість відмов, порушення технологічного процесу виконання робіт, людського фактора під час управління рухом поїздів, що є першопричиною виникнення транспортних подій – аварій і катастроф. Крім того, у комплексній оцінці безпеки руху поїздів повинні бути враховані фінансові втрати в разі настання транспортних подій, такі як матеріальні збитки, що виникають під час порушень безпеки руху.

Формування такої комплексної оцінки можливе на основі методів непараметричної статистики, за допомогою якої деякі характерні різноманітні показники зводяться до однієї одиниці виміру, щоб надати інтегральну оцінку ризиків або стану безпеки руху поїздів.

Вихідні дані показників безпеки руху поїздів АТ «Українська залізниця» за 2006–2016 рр. для визначення інтегральної оцінки наведені в табл. 1.

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Таблиця 1

Вихідні показники безпеки руху поїздів АТ «Українська залізниця» за 2006–2016 рр.

Table 1

Initial train safety indicators of Ukrzaliznytsia JSC for 2006–2016

Рік	Матеріальний збиток від порушень безпеки руху поїздів, тис. грн	Кількість порушень безпеки руху поїздів	Кількість відмов технічних засобів, од/млн ткм
	x_1	x_2	x_3
2006	1 229,58	891	30
2007	11 601	882	28
2008	1 011	852	28
2009	2 534	820	34
2010	1 650	818	31
2011	1 412	766	26
2012	2 152	764	27
2013	2 015	718	27
2014	6 025	673	28
2015	3 264	602	23
2016	24 649	550	22

Оскільки аналізуємо стан безпеки руху за декілька років, то виконаємо визначення кількості рівнів із використанням формули Стерджеса [2, 5]:

$$n = 1 + 3,22 \lg T, \quad (3)$$

де T – аналізований період часу,

$$n = 1 + 3,22 \lg 11 = 4,3.$$

Кількість рівнів округляємо й приймаємо $n = 4$. Для всіх наведених показників у табл. 1 період часу однаковий, у зв'язку з чим кількість груп також буде однаковою.

Визначимо діапазон потрібного інтервалу відповідно до [2]:

$$h_i = \frac{x_i^{\max} - x_i^{\min}}{n}, \quad (4)$$

де x_i^{\max}, x_i^{\min} – максимальне і мінімальне значення i -го показника стану безпеки руху поїздів відповідно.

На основі наведеної формули (4) виконаємо розрахунок діапазонів усіх інтервалів досліджуваних показників безпеки руху поїздів, а результати наведемо в табл. 2.

Таблиця 2

Діапазони інтервалів досліджуваних показників безпеки руху поїздів

Table 2

Ranges of intervals of the studied train safety indicators

x_1	x_2	x_3
5 909,5	85,25	3

На підставі діапазонів інтервалів досліджуваних показників безпеки руху поїздів побудуємо залежність збитку за роками з розподіленням за рівнями. Результати наведені на рис. 2.

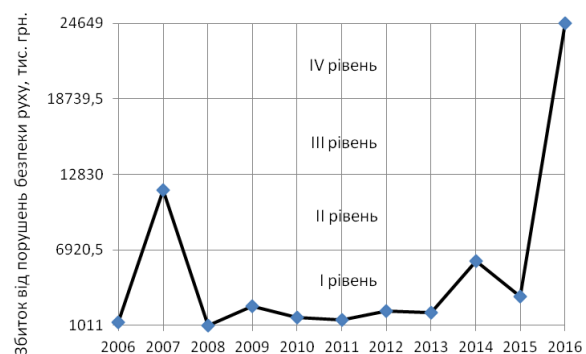


Рис. 2. Залежність матеріального збитку від порушень безпеки руху поїздів АТ «Українська залізниця» за роками з розподіленням за рівнями

Fig. 2. Dependence of material damage on violations of train traffic safety of Ukrzaliznytsia JSC by years with distribution by levels

Також побудуємо залежність кількості порушень безпеки руху поїздів за роками з розподіленням за рівнями, результати якої наведемо на рис. 3, і залежність кількості відмов технічних засобів (рис. 4).

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

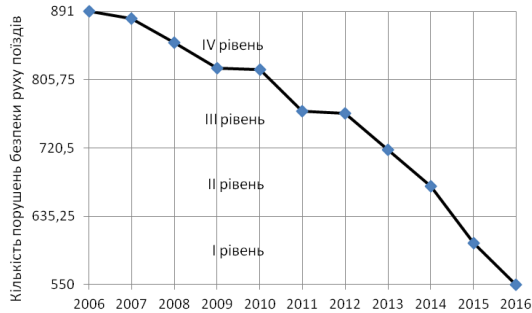


Рис. 3. Залежність кількості порушень безпеки руху поїздів АТ «Українська залізниця» за роками з розподіленням за рівнями

Fig. 3. Dependence of number of train safety violations of Ukrzaliznytsia JSC by years with distribution by levels

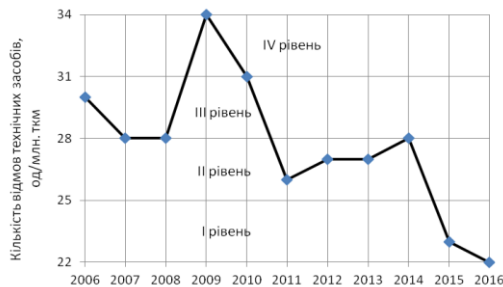


Рис. 4. Залежність кількості відмов технічних засобів АТ «Українська залізниця» за роками з розподіленням за рівнями

Fig. 4. Dependence of the failure number of technical means in Ukrzaliznytsia JSC by years with distribution by levels

Для встановлення єдиного значення показника безпеки руху поїздів АТ «Українська залізниця» використовуємо принцип критерію мінімуму його дисперсії, урахувавши при цьому коефіцієнти ваги для всіх, наведених у табл. 2, показників для виконання інтегральної оцінки під час проведення технічного аудиту. Прийнято вважати [5], що інтегральному показнику характерна деяка лінійна комбінація відповідних встановлених рівнів показників безпеки руху поїздів, яку можна записати наступним чином:

$$I_p = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n = \sum_{i=1}^n \beta_i x_i, \quad (5)$$

де β_i – вагові коефіцієнти рівня для відповідного i -го показника безпеки руху поїздів, при-

чому $\sum_{i=1}^n \beta_i = 1$; n – кількість досліджуваних показників безпеки руху поїздів.

Кожний показник x_i характеризується відповідною оцінкою значущості, яку визначають ранжуванням за спаданням (для прийнятих і розглянутих показників $x_1 > x_2 > x_3$, із наступним визначенням вагових коефіцієнтів β_i .

Вагові коефіцієнти β_i можуть бути визначені за допомогою шкали Фішберна [5]:

$$\beta_i = \frac{2(n-i+1)}{n(n+1)}. \quad (6)$$

Тоді, відповідно до наведеного виразу (6), вагові коефіцієнти для обмежених рівнів трьох параметрів дорівнюватимуть: $\beta_1 = 0,5$; $\beta_2 = 0,33$; $\beta_3 = 0,17$.

За отриманими даними про рівні досліджуваних показників безпеки руху поїздів АТ «Українська залізниця» (рис. 2–4) і розрахованими значеннями вагових коефіцієнтів виконаємо обчислення інтегральної оцінки ризику або комплексного показника стану безпеки руху поїздів із використанням формули (5). Результати порівняно із загальною кількістю транспортних подій АТ «Українська залізниця» наведено на рис. 5.

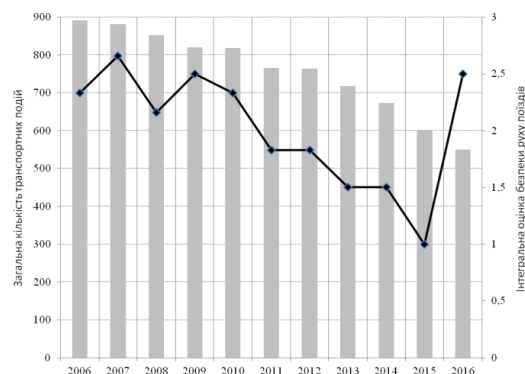


Рис. 5. Залежність інтегральної оцінки комплексного показника стану безпеки руху поїздів порівняно із загальною кількістю транспортних подій АТ «Українська залізниця»

Fig. 5. Dependence of the integral assessment of complex indicator of the train safety state in comparison with the total number of transport accidents of Ukrzaliznytsia JSC

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Із рис. 5 видно, що інтегральна оцінка комплексного показника стану безпеки руху поїздів відрізняється від загальної кількості транспортних подій АТ «Українська залізниця», особливо у 2016 році, оскільки матеріальні збитки від порушень безпеки руху поїздів набули найбільшого значення.

Крім того, слід відзначити більш точно й узагальнене відображення стану безпеки руху поїздів на основі інтегральної оцінки.

Наукова новизна та практична значимість

Автори цієї роботи вперше запропонували під час проведення технічного аудиту використовувати розроблені моделі для інтегральної оцінки безпеки руху поїздів АТ «Українська залізниця» з ваговими коефіцієнтами, які дозволяють виконувати оцінювання загального рівня безпеки руху та встановлювати в процесі аудиту реальні загрози й ризики.

Висновки

Інтегральна оцінка стану безпеки руху поїздів в умовах АТ «Українська залізниця» являє собою комплексну величину, яка призначена

для оцінювання загального рівня безпеки руху під час проведення технічного аудиту.

Розроблені моделі для інтегральної оцінки безпеки руху поїздів АТ «Українська залізниця» з ваговими коефіцієнтами дозволяють більш адекватно відображати стан безпеки. Їх можна використати під час проведення технічного аудиту всієї залізниці, її окремого підприємства чи організації для з'ясування реальних загроз і ризиків, які вже виникли і на які необхідно звернути увагу для гарантування вищого рівня безпеки руху поїздів.

У разі орієнтування на основні показники безпеки руху поїздів АТ «Українська залізниця», до яких у роботі віднесені матеріальний збиток, кількість порушень безпеки руху та відмов технічних засобів, можна робити певні висновки під час проведення технічного аудиту і, за необхідності, пропонувати до розробки й реалізації відповідні заходи впливу на наявні джерела небезпеки у відповідних структурних підрозділах залізниць із метою зниження ризиків та підвищення локального чи загального рівня безпеки руху поїздів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кацман, М. Д. Методологічні засади організації управління екологічною безпекою під час ліквідування наслідків аварійних ситуацій на залізничному транспорті : дис. ... д-ра техн. наук : 21.06.01 / Кацман Михайло Давидович ; Нац. авіац. ун-т. – Київ, 2018. – 420 с.
2. Лисенков, В. М. Статистическая теория безопасности движения поездов / В. М. Лисенков. – Москва : ВИНТИ РАН, 1999. – 330 с.
3. Огороков, А. М. Розширення цілей практичного застосування технічного аудиту на підприємствах залізничного транспорту / А. М. Огороков, М. О. Булах // Наука та прогрес транспорту. – 2017. – № 6 (72). – С. 30–39. doi 10.15802/stp2017/117551
4. Погорелов, І. М. Методика проведення технологічного аудиту інноваційної діяльності / І. М. Погорелов, М. І. Погорелов // Вісн. Нац. техн. ун-ту «ХПІ» (економічні науки). – Харків, 2016. – № 47 (1219). – С. 54–63.
5. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности / С. А. Айван, В. М. Бухштабер, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. – Москва : Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
6. Рачинська, А. В. Класифікація ризиків на залізничному транспорті як основа формування системи економічної безпеки його функціонування / А. В. Рачинська // Економіка і суспільство. – 2016. – № 6. – С. 81–87.
7. Розсоха, О. В. Аналіз і особливості існуючих наукових підходів щодо визначення рівня безпеки / О. В. Розсоха, Ю. В. Смачило // Зб. наук. пр. Держ. екон.-технол. ун-ту трансп. Серія: Транспортні системи і технології. – Київ, 2016. – Вип. 28. – С. 202–214.

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

8. Determination of Integrated Indicator for Analysis of the Traffic Safety Condition for Traction Rolling Stock / B. Bodnar, Ya. Bolzhelarskyi, O. Ochkasov, T. Hryshechka, L. Černiauskaitė // *Intelligent Technologies in Logistics and Mechatronics Systems (ITELMS'2018) : The 12th International Scientific Conference, April 26–27, 2018, Panevėžys / Kaunas University of Technology*. – Panevėžys, 2018. – P. 5–54.
9. Grushevska, K. Institutional rail reform: The case of Ukrainian Railways / K. Grushevska, Th. Notteboom, A. Shkliar // *Transport Policy*. – 2016. – Vol. 46. – P. 7–19. doi: 10.1016/j.tranpol.2015.11.001
10. Okorokov, A. M. Proposals for improving the process of forming programs of reforming the railway transport industry / A. M. Okorokov, M. O. Bulakh // *Наука та прогрес транспорту*. – 2018. – № 2 (74). – С. 57–66. doi: 10.15802/stp2018/130463
11. Ozkan, T. Railway Transport Liberalization: A Case Study of Various Countries in the World / T. Ozkan, G. Yanginlar, S. Kalayci // *Journal of Management and Sustainability*. – 2016. – Vol. 6. – Iss. 4. – P. 140–149. doi: 10.5539/jms.v6n4p140
12. Pittman, R. Railways restructuring and Ukrainian Economic Reform / R. Pittman // *Man and the Economy. The Journal of The Coase Society*. – 2015. – Vol. 2. – Iss. 1. – P. 87–107. doi: 10.1515/me-2015-0006.
13. Safety Performance Analysis of the Movement and Operation of Locomotives / B. Bodnar, O. Ochkasov, Ye. Bodnar, T. Hryshechka, R. Keršys // *Transport Means : Proc. of 22st Intern. Scientific Conf. – Kaunas, 2018*. – P. 839–843.

A. M. ОКОРОКОВ^{1*}, M. A. БУЛАХ^{2*}

^{1*}Каф. «Управление эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепро, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 70, эл. почта andrew.okorokoff@gmail.com, ORCID 0000-0002-3111-5519

^{2*}Каф. «Управление эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепро, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 70, эл. почта bulah_marina@mail.ru, ORCID 0000-0003-4264-2303

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ АУДИТЕ

Цель. Исследование направлено на разработку интегральной оценки состояния безопасности движения поездов на железной дороге при проведении технического аудита. **Методика.** Для разработки интегральной оценки состояния безопасности движения поездов на железной дороге при проведении технического аудита предложено использовать весовые коэффициенты, пропорциональные влиянию негативных последствий катастроф, аварий, инцидентов, которые характеризуют состояние нарушения безопасности движения. Также предложено ориентирование на основные показатели безопасности движения поездов АО «Украинская железная дорога», к которым отнесены: материальный ущерб, количество нарушений безопасности движения и отказов технических средств. **Результаты.** Авторы разработали интегральную оценку состояния безопасности движения поездов в условиях АО «Украинская железная дорога», которая представляет собой комплексную величину, предназначенную для оценки общего уровня безопасности движения во время проведения технического аудита. Также сформировали модели для интегральной оценки безопасности движения поездов АО «Украинская железная дорога» с весовыми коэффициентами, позволяющие более адекватно отражать состояние безопасности. Эти модели можно использовать при проведении технического аудита всей железной дороги или её отдельного предприятия для выяснения реальных угроз и рисков, которые уже возникли и на которые необходимо обратить внимание для обеспечения более высокого уровня безопасности движения поездов. **Научная новизна.** Авторы впервые предложили при проведении технического аудита использовать разработанные модели для интегральной оценки безопасности движения поездов АО «Украинская железная дорога» с весовыми коэффициентами, которые позволяют выполнять оценку общего уровня безопасности движения и устанавливать в процессе аудита реальные угрозы и риски. **Практическая значимость.** На основе полученных моделей для интегральной оценки безопасности движения поездов можно провести технический аудит всей железной дороги или её отдельного подразделения

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

с предложением реализации соответствующих мер воздействия на существующие источники опасности с целью снижения рисков и повышения локального или общего уровня безопасности движения поездов.

Ключевые слова: безопасность движения поездов; технический аудит; интегральная оценка; риски; транспортные происшествия; железнодорожный транспорт

A. M. OKOROKOV^{1*}, M. O. BULAKH^{2*}

^{1*}Dep. «Management of Operational Work», Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail andrew.okorokoff@gmail.com, ORCID 0000-0002-3111-5519

^{2*}Dep. «Management of Operational Work», Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail bulah_marina@mail.ru, ORCID 0000-0003-4264-2303

INTEGRAL ASSESSMENT OF THE STATE OF RAILWAY TRAIN SAFETY DURING TECHNICAL AUDIT

Purpose. The research aims at developing an integrated assessment of the state of train safety at the railway during technical audit. **Methodology.** To develop an integrated assessment of the safety condition of train traffic at the railway during technical audit, it was proposed to use weight coefficients proportional to the impact of the negative consequences of catastrophes, accidents, incidents that characterize the state of train traffic safety violations at the railways. It was also suggested an orientation to the main indicators of train traffic safety in Ukrzaliznytsia JSC, which include: material damage, the number of traffic safety violations and technical equipment failures. **Findings.** The authors have developed an integrated assessment of the train safety state in the conditions of Ukrzaliznytsia JSC, which is a complex value designed to assess the overall level of traffic safety during technical audit. The authors also obtained models for the integrated assessment of train safety in Ukrzaliznytsia JSC with weight coefficients that allow more adequately reflecting the state of safety. These models can be used during technical audit of the entire railway, its individual enterprise or organization to find out the real threats and risks that have already arisen, and which need to be paid more attention to ensure a higher level of train safety. **Originality.** The authors firstly proposed, when conducting a technical audit, to use the developed models for an integrated assessment of train safety in Ukrzaliznytsia JSC with weight coefficients that allow us to assess the overall level of traffic safety and establish real threats and risks. **Practical value.** Based on the obtained models, for an integral assessment of train safety, technical audit of the entire railway or its separate unit can be performed with the proposal to implement appropriate measures to influence existing sources of danger in order to reduce risks and increase the local or general level of train traffic safety.

Keywords: train safety; technical audit; integrated assessment; risks; traffic accidents; railway transport

REFERENCES

1. Katsman, M. D. (2018) *Metodolohichni zasady orhanizatsii upravlinnia ekolohichnoiu bezpekoiu pid chas likviduvannia naslidkiv avariinykh sytuatsii na zaliznychnomu transporti*. (Dysertatsiia doktora tekhnichnykh nauk). Natsionalnyi aviatsiinyi universytet, Kyiv. (in Ukrainian)
2. Lisenkov, V. M. (1999). *Statisticheskaya teoriya bezopasnosti dvizheniya poezdov*. Moskva: VINITI RAN. (in Russian)
3. Okorokov, A. M. & Bulakh, M. O. (2017). Expansion of objectives of the practical application of technical audit at railway transport enterprises. *Science and Transport Progress*, 6 (72), 30-39. doi 10.15802/stp2017/117551. (in Ukrainian)
4. Pohorielov, I. M. & Pohorielov, M. I. (2016). Metodyka provedennia tekhnolohichnoho audytu innovatsiinoi diialnosti. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «Kharkivskiy politekhnichnyi instytut» (ekonomichni nauky)*, 47 (1219), 54-63. (in Ukrainian)
5. Ajvan, S. A., Buxshtaber, V. M., Enyukov, I. S., & Meshalkin, L. D. (1989). *Prikladnaya statistika: Klassifikatsiya i snizhenie razmernosti*. Moskva: Finansy i statistika. (in Russian)
6. Rachynska, A.V. (2016). Klasyfikatsiia ryzykiv na zaliznychnomu transporti yak osnova formuvannia systemy ekonomichnoi bezpeky yoho funktsionuvannia. *Ekonomika i suspilstvo*, 6, 81-87. (in Ukrainian)

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

7. Rozsoha, A. V., & Smachilo, Y. V. (2016). Analysis and features of existing scientific approaches to determining the level of traffic safety. *Proceedings of the State Economic and Technological University of Transport series «Transport Systems and Technologies»*, 28, 202-214. (in Ukrainian)
8. Bodnar, B. Determination of Integrated Indicator for Analysis of the Traffic Safety Condition for Traction Rolling Stock / B. Bodnar, Ya. Bolzhelarskyi, O. Ochkasov, T. Hryshechkina, L. Černiauskaitė // *Intelligent Technologies in Logistics and Mechatronics Systems (ITELMS'2018): The 12th International Scientific Conference, April 26–27, 2018, Panevėžys, Kaunas University of Technology, Panevėžys*, 45-54.
9. Grushevskaya, K., Notteboom, T., & Skhliar, A. (2016). Institutional rail reform: The case of Ukrainian Railways. *Transport Policy*, 46, 7-19. doi: 10.1016/j.tranpol.2015.11.001. (in English)
10. Okorokov, A. M., & Bulakh M. O. (2018). Proposals for improving the process of forming programs of reforming the railway transport industry. *Science and Transport Progress*, 2(74), 57-66. doi: 10.15802/stp2018/130463. (in Ukrainian)
11. Ozkan, T., Yanginlar, G., & Kalayci, S. (2016). Railway Transport Liberalization: A Case Study of Various Countries in the World. *Journal of Management and Sustainability*, 6, 140-149. doi: 10.5539/jms.v6n4p140. (in English)
12. Pittman, R. (2015). Railways restructuring and Ukrainian Economic Reform. Man and the Economy. *The Journal of The Coase Society*, 2, 87-107. doi: 10.1515/me-2015-0006. (in English)
13. Bodnar, B. Ochkasov, O., Bodnar, Ye., Hryshechkina, T., & Keršys, R. (2018). Safety Performance Analysis of the Movement and Operation of Locomotives. *Proceedings of 22st International Conference on Transport Means 2018, Lithuania*, 2, 839-843. (in English)

Надійшла до редколегії: 22.05.2019

Прийнята до друку: 25.09.2019