

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 656.25:657.6

М. О. БУЛАХ^{1*}

^{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 bulah_marina@ukr.net, ORCID 0000-0003-4264-2303

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ СТАНУ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ НА ЗАЛІЗНИЦІ

Мета. Зважаючи на те, що наявна в Україні методика оцінки рівня безпеки руху поїздів не забезпечує отримання реальної та адекватної картини, а закордонний досвід не відкриває можливостей аналогічного вирішення проблем на українських залізницях, метою роботи є вдосконалення методики оцінки стану безпеки руху поїздів на залізниці. **Методика.** Для вдосконалення методики оцінки стану безпеки руху поїздів на залізниці під час проведення технічного аудиту запропоновано використовувати чотири показники: кількість транспортних подій, на які нараховані збитки; кількість нещасних випадків; кількість транспортних подій, які відбулися протягом року, проте їх наслідки не пов'язані з фінансовими збитками; кількість порушень, що були виявлені ревізорами з безпеки руху. **Результати.** Виконано вдосконалення методики оцінки стану безпеки руху поїздів на залізниці. При цьому для розрахунку рівня безпеки руху поїздів введено чотири показники, з подальшим виконанням їх ранжирування. На основі статистичних даних за взятими показниками, була отримана математична модель інтегральної оцінки безпеки руху поїздів, за допомогою якої виконано порівняльну оцінку безпеки руху в АТ «Укрзалізниця». Як результат, слід відзначити, що динаміка стану безпеки руху у 2015–2018 рр. має іншу картину порівняно зі звичайною кількістю транспортних подій в АТ «Укрзалізниця». Удосконалена методика оцінки стану безпеки руху поїздів на залізниці дозволяє виконати адекватні розрахунки та встановити реальний стан безпеки руху під час проведення технічного аудиту. **Наукова новизна.** Удосконалено методику оцінки стану безпеки руху поїздів на залізниці, яка може бути застосована під час проведення технічного аудиту. **Практична значимість.** Зазначена методика дозволяє виконувати оцінювання загального рівня безпеки руху поїздів та встановлювати в процесі технічного аудиту реальні загрози й ризики, які в подальшому можуть бути усунуті шляхом розробки відповідних заходів і дій.

Ключові слова: залізничний транспорт; безпека руху; технічний аудит; процеси перевезення; комплексний показник

Вступ

У сучасних умовах розвитку суспільства транспорт і транспортна інфраструктура займають одне з найважливіших місць у сфері послуг. Незважаючи на те, що ця складова сфери не пов'язана зі створенням безпосередніх матеріальних цінностей, її роль не можна заперечувати з огляду на багатогранність виконуваних функцій [13]. Забезпечення потреб населення та

економічних суб'єктів можливостями обміну не тільки матеріальними, але й духовними цінностями як на державному, так і на міжнародному рівнях надають транспорту особливого значення та створюють передумови для того, щоб його розвиток став одним із пріоритетних завдань країни.

Транспорт не тільки підвищує якість життя людини, але й часто рятує його, особливо в критичних умовах: хвороба, нещасний випа-

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

док, стихійне лихо, надзвичайна ситуація тощо. Проте неможливо та недоцільно розглядати транспорт виключно як «рятівника» та відхилити ймовірність його причетності до створення критичних умов.

На тлі інших видів транспорту залізничний – найбільш безпечний, що становить одну з його головних переваг. Проте ця перевага формується з багатьох факторів, одним із яких є постійна робота над забезпеченням безпечних умов функціонування.

Науковці та фахівці всього світу динамічно працюють над розробкою власних або адаптацією закордонних методів і методик забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті [8, 10–12], а також над пошуком підходів її оцінки [14–16]. Не останнє місце в цьому процесі займає вивчення світової практики.

Серед українських науковців досить жваво обговорюється питання оцінки стану безпеки на залізничному транспорті, проте майже всі роботи мають певну спеціалізовану спрямованість. Так, у роботі [9] автори описали методику формування показника, який відображає загальний рівень стану безпеки в локомотивному господарстві. Автори [4] безпеку руху на залізничному транспорті розглядають під кутом взаємодії колії та рухомого складу. Робота [1] присвячена проблемним питанням безпеки руху під час організації міжнародних вантажних перевезень. Крім цього, ряд робіт [2, 3, 5] присвячено безпеці руху на залізничних переїздах.

Аналіз вищезгаданих робіт свідчить про те, що питання забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті та підвищення її рівня є не тільки актуальним в Україні і світі, але й включає широке коло завдань, для вирішення яких потрібні подальші дослідження.

Для реалізації законодавчо закріплених методів оцінки стану безпеки на залізничному транспорті України сьогодні застосовують абсолютні показники, такі як [6, 7]: кількість транспортних подій та кількість постраждалих осіб, що загинули або були травмовані в їх результаті; питомі показники – кількість транспортних подій на 1 млн приведених т.км та кількість загиблих і травмованих на 100 подій.

Аналіз зазначених показників указує на те, що протягом 2010–2018 рр. у динаміці першого

показника відзначається щорічне зменшення кількості транспортних подій. Загальний рівень зниження показника протягом розглянутих років складає майже 40 %. Аналогічне зменшення характерне і для відповідного питомого показника. Оскільки абсолютний показник кількості осіб, що загинули в результаті транспортної події протягом аналізованого періоду відсутній, розрахунок відповідного питомого показника неможливий. Аналіз наступного показника, а саме кількості травмованих осіб, свідчить про його відсутність у 2013–2014 рр., на тлі якої у 2017 році, у зв'язку з допущенням катастрофи, відбулося значне зростання. На фоні цього факту для подальшої динаміки цього показника стане характерним його зменшення.

Зважаючи на те, що політикою АТ «Укрзалізниця» підвищення безпеки руху визначено як один із пріоритетних напрямів діяльності, а також враховуючи малоінформативність розглянутих показників, інтегровані звіти товариства насичені додатковими показниками, проте, як правило, кожен із них свідчить про стійку динаміку зниження аварійності. Загальні позитивні обставини підвищення стану безпеки руху надійно підкріплені інформацією про обсяги капіталовкладень на оновлення й капітальний ремонт рухомого складу та інфраструктури, а також підвищення кваліфікації працівників, у тому числі і з питань безпеки руху. Безперечно, ці заходи мають неабиякий вплив на підвищення безпеки, але іноді їх висвітлення викликає ще більше питань. З іншого боку, зрозуміло, що у випадку, коли підприємство не зобов'язане оприлюднювати певні дані та має право вибору, обрані будуть тільки ті з них, які поліпшують загальну картину. Проте розглядаючи одні й ті самі показники під різними кутами зору, можемо дійти іншого висновку.

Наприклад, АТ «Укрзалізниця» відзначає зниження кількості транспортних подій протягом 2010–2018 рр., відповідне зменшення кількості транспортних подій на 1 млн т.км та на добу тощо. Проте аналіз динаміки цього показника відносно до середньооблікової кількості працівників експлуатаційної роботи показує зовсім іншу картину (рис. 1).

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

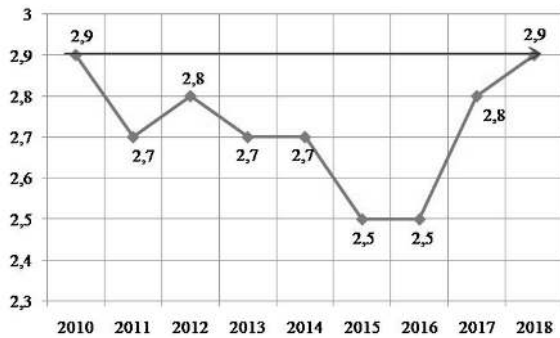


Рис. 1. Кількість транспортних подій на залізничному транспорті в розрахунку на тисячу працівників експлуатаційної роботи у 2010–2018 рр.

Fig. 1. The number of transport accidents at railway transport per thousand employees of operational work in 2010–2018.

Дані, наведені на рис. 1, свідчать про те, що кількості транспортних подій у розрахунку на 1 тис. працівників, характерні деякі коливання в бік зменшення; у 2018 році – значення цього показника повернулося на рівень 2010 року, незважаючи на реалізацію вищенаведених заходів. Таким чином, реальна картина стану безпеки руху в АТ «Укрзалізниця» має зовсім інший вигляд.

У роботі [6] розроблено методику інтегральної оцінки стану безпеки руху поїздів в умовах АТ «Укрзалізниця» для проведення технічного аудиту. На основі наведеної роботи покажемо можливість розширення запропонованої методики з наступним її вдосконаленням.

Мета

Зважаючи на те, що наявна в Україні методика оцінки рівня безпеки руху поїздів не забезпечує отримання реальної та адекватної картини, а закордонний досвід не відкриває можливостей аналогічного вирішення проблем на українських залізницях, метою роботи є вдосконалення методики оцінки стану безпеки руху поїздів на залізниці, що дозволить з'ясувати рівень фактичної та прогнозованої безпеки.

Методика

Для використання підходу, запропонованого в роботі [6], оберемо показники, які не використовуються АТ «Укрзалізниця» для аналізу стану безпеки руху, а саме: кількість транспор-

тних подій, на які не нараховані збитки (I), кількість транспортних подій, на які нараховані збитки (II), кількість нещасних випадків на виробництві (III) та кількість порушень, що були виявлені ревізорами з безпеки руху (IV).

Проведення подальшої оцінки вимагає визначення рівня значущості або величину впливу показника. Для цього застосуємо метод ранжирування з такими критеріями:

- шкода життю та здоров'ю людини;
- шкода навколишньому середовищу;
- фінансові витрати на ліквідацію наслідків;
- прямі збитки від пошкодження основних засобів;
- частота виникнення фактора.

Оскільки дані ранжирування будуть використані для встановлення значущості показника під час проведення подальших розрахунків, застосуємо шкалу цифрових значень від 1 до 4, де число 1 відповідає першому місцю в черзі та присвоюється показнику, який має найменшу суму за критеріями оцінки.

Результати ранжирування наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати ранжирування показників за критеріями оцінки

Table 1

The results of ranking indicators by evaluation criteria

Критерії оцінки	I	II	III	IV
Шкода життю та здоров'ю людини	3	2	1	4
Шкода навколишньому середовищу	2	1	4	3
Фінансові витрати ліквідацію наслідків дії показника	3	2	1	4
Збитки від пошкодження основних засобів	4	1	2	3
Частота виникнення	2	3	4	1
Сума значень	14	13	11	16
Порядковий номер для проведення подальших розрахунків	3	1	2	4

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Таким чином, узяті показники будемо розглядати в порядку результатів даних табл. 1.

Ураховуючи те, що три з обраних показників можна розглядати як події, що фактично відбулися, тобто мали місце в певний період часу і в певному місці, для адекватності проведення розрахунків визначимо можливість переходу четвертого показника до категорії обраних подій. Для цього визначимо ймовірність переходу порушень, що були виявлені ревізорами з безпеки руху, до категорії реальних транспортних подій за такою формулою:

$$P = \frac{A}{A+k}, \quad (1)$$

де A – кількість транспортних подій; k – кількість порушень, що були виявлені ревізорами з безпеки руху.

Для визначення кількості порушень, які могли перейти до категорії реальних транспортних подій, застосуємо формулу:

$$N = k \times P, \quad (2)$$

У табл. 2 наведено вихідні дані показників АТ «Укрзалізниця» за 2015–2018 рр., що будуть використані для подальших розрахунків.

Таблиця 2

Вихідні показники безпеки руху поїздів в АТ «Укрзалізниця» за 2015–2018 рр.

Table 2

Initial indicators of train safety in Ukrzaliznytsia JSC for 2015-2018.

Рік	II, од.	III, од.	I, од.	IV (визначено за (1) і (2)), од.
	x_1	x_2	x_3	x_4
2015	180	69	422	600
2016	144	71	406	549
2017	178	79	363	540
2018	192	61	289	480

Оскільки необхідно провести аналіз стану безпеки руху за декілька років, визначимо кількість рівнів із використанням формули Стерджеса:

$$n = 1 + 3,322 \times \lg T, \quad (3)$$

де T – аналізований період часу; $n = 1 + 3,322 \times \lg 4 = 3$.

Кількість рівнів беремо рівним $n = 3$. Для всіх наведених показників у табл. 2 період часу однаковий, у зв'язку з чим кількість груп також буде однакою.

Діапазон необхідного інтервалу відповідно до [6] визначаємо за формулою:

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

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

Результати

Виконаємо розрахунок діапазонів усіх інтервалів показників безпеки руху поїздів за наведеною формулою (4), а результати подамо в табл. 3.

Таблиця 3

Діапазони інтервалів показників безпеки руху поїздів

Table 3

Ranges of intervals of traffic safety indicators of the trains

h_1	h_2	h_3	h_5
16,00	6,00	44,33	40,00

Визначивши діапазони інтервалів показників безпеки руху поїздів, побудуємо залежності показників за роками з розподіленням за рівнями. Результати наведено на рис. 2–5.

Для встановлення єдиного значення показника безпеки руху поїздів в АТ «Укрзалізниця» використаємо принцип критерію мінімуму його дисперсії, урахувавши при цьому коефіцієнти ваги для всіх, наведених у табл. 2, показників щоб з'ясувати інтегральну оцінку під час проведення технічного аудиту.

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

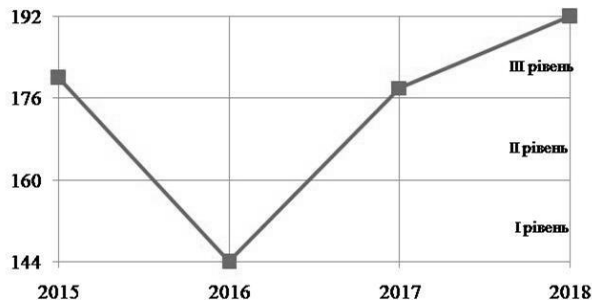


Рис. 2. Залежність кількості транспортних подій, на які нараховані збитки в АТ «Укрзалізниця» за роками з розподіленням за рівнями

Fig. 2. Dependence of the transport accidents number on which losses are accrued in Ukrzaliznytsia JSC by years with distribution by levels

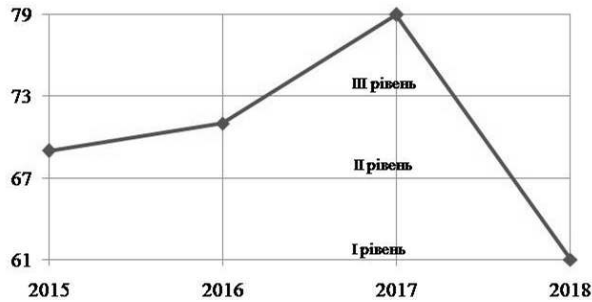


Рис. 3. Залежність кількості нещасних випадків в АТ «Укрзалізниця» за роками з розподіленням за рівнями

Fig. 3. Dependence of the accidents number in Ukrzaliznytsia JSC by years with distribution by levels

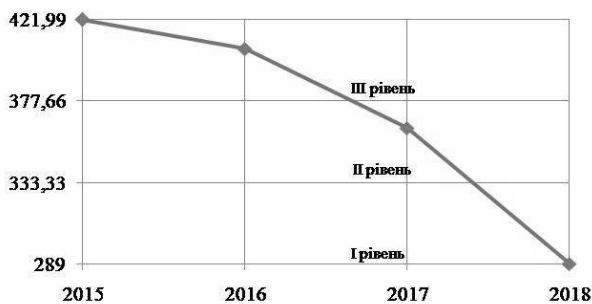


Рис. 4. Залежність кількості транспортних подій за роками, що сталися в АТ «Укрзалізниця», але до фінансових збитків не призвели, із розподіленням за рівнями

Fig. 4. Dependence of the number of transport accidents by years that occurred in Ukrzaliznytsia JSC, but did not result in financial losses, with the distribution by levels

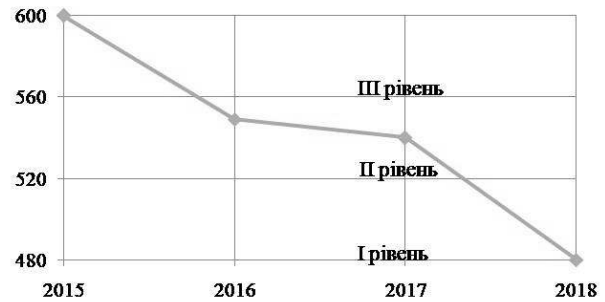


Рис. 5. Залежність кількості порушень, що були виявлені ревізорами з безпеки руху за роками з розподіленням за рівнями

Fig. 5. Dependence of the number of violations detected by traffic safety auditors by years with distribution by levels

Прийнято вважати, що інтегральному показнику характерна деяка лінійна комбінація відповідних установлених рівнів показників безпеки руху поїздів, яку можна записати таким 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, причому $\sum_{i=1}^n \beta_i = 1$; n – кількість досліджуваних показників безпеки руху поїздів.

Кожний показник x_i характеризується відповідною оцінкою значущості, яка визначаємо ранжуванням за спаданням (для взятих і розглянутих показників $x_1 > x_2 > x_3 > x_4$), із подальшим визначенням вагових коефіцієнтів β_i .

Вагові коефіцієнти β_i можуть бути визначені за допомогою шкали Фішберна:

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

де k – взята кількість показників (табл. 1, 2)

Тоді відповідно до наведеного виразу (6) вагові коефіцієнти для обмежених рівнів чотирьох параметрів дорівнюватимуть:

$$\beta_1 = 0,4; \beta_2 = 0,3; \beta_3 = 0,2; \beta_4 = 0,1.$$

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

У результаті отримаємо вираз для інтегральної оцінки безпеки руху поїздів:

$$I_p = 0,4x_1 + 0,3x_2 + 0,2x_3 + 0,1x_4. \quad (7)$$

За отриманими рівнями показників безпеки руху поїздів в АТ «Укрзалізниця» (рис. 2–4) та розрахованими значеннями вагових коефіцієнтів виконаємо обчислення інтегральної оцінки ризику або комплексного показника стану безпеки руху поїздів із використанням формули (7). Результати порівняно із загальною кількістю транспортних подій в АТ «Укрзалізниця» та наведено на рис. 6.

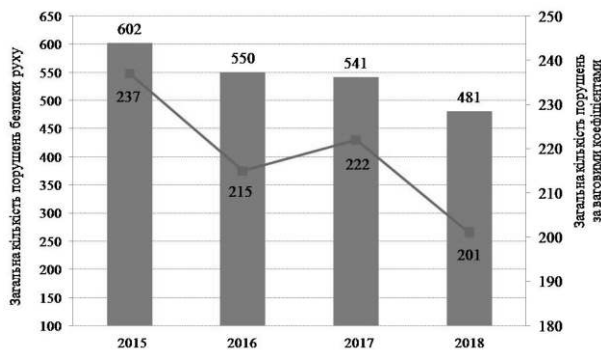


Рис. 6. Залежність інтегральної оцінки комплексного показника стану безпеки руху поїздів порівняно із загальною кількістю транспортних подій в АТ «Укрзалізниця»

Fig. 6. Dependence of the integral estimate of the complex indicator of the train safety state compared to the total number of transport accidents in Ukrzaliznytsia JSC

За рис. 6 можемо спостерігати, що інтегральна оцінка комплексного показника стану безпеки руху поїздів порівняно із загальною кількістю транспортних подій в АТ «Укрзалізниця» є більш адекватною та не має стійкої тенденції до зниження, оскільки враховує вплив на безпеку руху не одного, а декількох показників.

Наукова новизна та практична значимість

Набула подальшого розвитку методика оцінки стану безпеки руху поїздів на залізниці, яка може бути застосована під час проведення технічного аудиту. Удосконалена методика дозволяє виконувати оцінювання загального рівня безпеки руху поїздів та встановлювати в процесі аудиту реальні загрози й ризику, які, в подальшому можуть бути усунуті шляхом розробки відповідних заходів і дій.

Висновки

У роботі виконано вдосконалення методики оцінки стану безпеки руху поїздів на залізниці. При цьому введено та проранжировано для розрахунку рівня безпеки руху поїздів чотири показники: кількість транспортних подій, на які нараховані збитки; кількість нещасних випадків; кількість транспортних подій, які відбулися протягом року проте їх наслідки не пов'язані з фінансовими збитками; кількість порушень, що були виявлені ревізорами з безпеки руху. Використовуючи статистичні дані за взятими показниками, отримано математичну модель інтегральної оцінки безпеки руху поїздів, на основі якої виконано порівняльну оцінку безпеки руху в АТ «Укрзалізниця». Як результат, слід відзначити, що динаміка стану безпеки руху у 2015–2018 рр. має іншу картину порівняно із звичайною кількістю транспортних подій в АТ «Укрзалізниця». Удосконалена методика оцінки стану безпеки руху поїздів на залізниці дозволяє виконати адекватні розрахунки та встановити реальний стан безпеки руху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Болжеларський Я. В. Проблемні питання безпеки руху у міжнародних вантажних залізничних перевезеннях. *Транспортні системи і технології перевезень*. 2019. № 18. С. 5–15. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2019/182576>
2. Возняк О. М., Гаврилюк В. І. *Забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах*: монографія. Дніпро: ДНУЗТ, 2019. 282 с.
3. Возняк О. М. Оцінка стану безпеки руху на залізничних переїздах. *Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті*. 2015. № 10. С. 69–76. DOI: <https://doi.org/10.15802/ecsrt2015/73859>

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

4. Кузишин А. Я., Батіг А. В. Аналіз існуючих підходів щодо розрахунку критеріїв безпеки руху на залізничному транспорті. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*. 2018. № 4 (6). P. 50–56. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.6.050>
5. Лужицький О. Ф. Забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах. *Українська залізниця*. 2016. № 7 (37). С. 52–56.
6. Окороків А. М., Булах М. О. Інтегральна оцінка стану безпеки руху поїздів на залізниці під час технічного аудиту. *Наука та прогрес транспорту*. 2019. № 5 (83). С. 99–107. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2019/184389>
7. Окороків А. М., Булах М. О. Розширення цілей практичного застосування технічного аудиту на підприємствах залізничного транспорту. *Наука та прогрес транспорту*. 2017. № 6 (72). С. 30–39. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2017/117551>
8. Andrić J. M., Wang J., Zhong R. Identifying the Critical Risks in Railway Projects Based on Fuzzy and Sensitivity Analysis : A Case Study of Belt and Road Projects. *Sustainability*. 2019. Vol. 11. Iss. 5. P. 1–18. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11051302>
9. Bodnar B., Bolzhelarskyi Ya., Ochkasov O., Hryshechka T., Černiauskaitė L. Determination of Integrated Indicator for Analysis of the Traffic Safety Condition for Traction Rolling Stock. *Intelligent Technologies in Logistics and Mechatronics Systems (ITELMS'2018)*. The 12th International Scientific Conf. April 26–27 2018. Panevėžys, 2018. P. 45–54.
10. Jamshidi A., Faghih-Roohi S., Hajizadeh S., Núñez A., Babuška R., Dollevoet R., Li Z., De Schutter B. A Big Data Analysis Approach for Rail Failure Risk Assessment. *Risk Analysis*. 2017. Vol. 37. Iss. 8. P. 1495–1507. DOI: <https://doi.org/10.1111/risa.12836>
11. Leitner B. A general model for railway systems risk assessment with the use of railway accident scenarios analysis. *Procedia engineering*. 2017. Vol. 187. P. 150–159. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.361>
12. Licciardello R., Baldassarra A., Vitali P., Tieri A., Cruciani M., Vasile A. N. Limits and opportunities of risk analysis application in railway systems. *Safety and Security Engineering V*. 2013. Vol. 134. P. 133–144. DOI: <https://doi.org/10.2495/safe130131>
13. Okorokov A. M., Bulakh M. O. Proposals for improving the process of forming programs of reforming the railway transport industry. *Наука та прогрес транспорту*. 2018. № 2 (74). P. 57–66. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2018/130463>
14. Otto A., Kellermann P., Thieken A., Mániz Costa M., Carmona M., Bubeck P. Risk reduction partnerships in railway transport infrastructure in an alpine environment. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2019. Vol. 33. P. 385–397. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.10.025>
15. Sasidharan M., Burrow M., Ghataora G., Eskandari T. A Review of Risk Management Applications for Railways. *14th International Conference of Railway Engineering – 2017*. 2017. P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.25084/raileng.2017.0065>
16. Smoczyński P., Kadziński A. Introduction to the risk management in the maintenance of railway tracks. *Journal of mechanical and transport engineering*. 2016. Vol. 68, No 4. P. 65–80. DOI: <https://doi.org/10.21008/j.2449-920x.2016.68.4.06>

^{1*}М. А. БУЛАХ

^{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 bulah_marina@ukr.net, ORCID 0000-0003-4264-2303

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Цель. С учётом того, что существующая в Украине методика оценки уровня безопасности движения поездов не обеспечивает получения реальной и адекватной картины, а зарубежный опыт не открывает возможностей аналогичного решения проблем на украинских железных дорогах, целью работы является усовершенствование методики оценки состояния безопасности движения поездов на железной дороге.

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Методика. Для удосконалення методики оцінки стану безпеки руху поїздів на залізничній дорозі при проведенні технічного аудиту запропоновано використовувати чотири показателя: кількість транспортних происшествий, на які нараховані збитки; кількість нещасливих випадків; кількість транспортних происшествий, які відбулися впродовж року, але їх наслідки не пов'язані з фінансовими збитками; кількість порушень, виявлених ревизорами з безпеки руху.

Результати. Виконано удосконалення методики оцінки стану безпеки руху поїздів на залізничній дорозі. При цьому для розрахунку рівня безпеки руху поїздів введено чотири показателя з їх послідовним ранжуванням. На основі статистичних даних за прийнятими показателями була отримана математична модель інтегральної оцінки безпеки руху поїздів, з допомогою якої виконано порівняльну оцінку безпеки руху поїздів в АО «Укрзалізниця». В результаті слід зауважити, що динаміка стану безпеки руху поїздів в 2015–2018 рр. має іншу картину порівняно з звичайним рівнем транспортних происшествий в АО «Укрзалізниця». Удосконалена методика оцінки стану безпеки руху поїздів на залізничній дорозі дозволяє виконати адекватні розрахунки і встановити реальний стан безпеки руху поїздів при проведенні технічного аудиту.

Научна новизна. Вказана методика оцінки стану безпеки руху поїздів на залізничній дорозі, яка може бути застосована при проведенні технічного аудиту.

Практична значимість. Удосконалена методика дозволяє виконувати оцінку загального рівня безпеки руху поїздів і встановлювати в процесі технічного аудиту реальні загрози і ризики, які в подальшому можуть бути усунуті шляхом розробки відповідних заходів і дій.

Ключові слова: залізничний транспорт; безпека руху поїздів; технічний аудит; процеси перевезень; комплексний показник

M. O. BULAKH^{1*}

^{1*}Dep. «Management of Operational Work», Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 70, e-mail bulah_marina@ukr.net, ORCID 0000-0003-4264-2303

IMPROVING THE METHODOLOGY FOR ASSESSING THE TRAIN TRAFFIC SAFETY AT THE RAILWAY

Purpose. Despite the fact that the current methodology in Ukraine for assessing the train traffic safety at the railway does not provide a real and adequate picture, and foreign experience does not open up the possibility of a similar solution to the problems at Ukrainian railways, the goal has been set to improve the methodology for assessing the train traffic safety at the railway. **Methodology.** To improve the methodology for assessing the train traffic safety at the railway during a technical audit, the use of four indicators is proposed: the number of accidents for which losses are accrued; number of casualties; the number of traffic accidents that occurred during the year, but their consequences are not related to financial losses; number of violations identified by traffic safety auditors.

Findings. The author has improved the methodology for assessing the train traffic safety at the railway. At the same time, four indicators were introduced in the methodology to calculate the train traffic safety at the railway. The ranking of these indicators was also performed. Using statistical data on the adopted indicators, a mathematical model was obtained for the integral assessment of train safety, on the basis of which a comparative assessment of traffic safety was performed at Ukrzaliznytsia JSC. As a result, it should be noted that the dynamics of the state of traffic safety in 2015-2018 has a different picture compared to the usual number of traffic accidents in Ukrzaliznytsia JSC. An improved methodology for assessing the state of train traffic safety at the railway allows us to perform adequate calculations and establish the real state of traffic safety during a technical audit. **Originality.** The author has improved the methodology for assessing the train traffic safety at the railway, which can be applied during the technical audit. **Practical value.** The improved methodology makes it possible to assess the general level of train traffic safety and establish real threats and risks in the process of technical audit, which, in the future, can be eliminated when developing appropriate measures and actions.

Keywords: railway transport; traffic safety; technical audit; transportation processes; integrated indicator

REFERENCES

1. Bolzhelarskyi, Ya. V. (2019). Problematic issues of the international freight rail transportation traffic safety. *Transport systems and transportation technologies*, 18, 5-15. DOI: <https://doi.org/10.15802/tsst2019/182576> (in Ukrainian)
2. Voznjak, O. M., & Ghavryljuk, V. I. (2019). *Zabezpechennja bezpeky rukhu na zaliznychnykh perejizdakh: monohrafija*. Dnipro: DNUZT. (in Ukrainian)
3. Voznyak, O. M. (2015). Ocinka stanu bezpeky rukhu na zaliznychnykh perejizdakh. *Electromagnetic compatibility and safety on railway transport*, 10, 69-76. DOI: <https://doi.org/10.15802/ecsrt2015/73859> (in Ukrainian)
4. Kuzishin, A. Ya., & Batig, A. V. (2018). The analysis of existing approaches to calculating traffic safety criteria in the railway sector. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, 4(6), 50-56. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.6.050> (in Ukrainian)
5. Luzhycykj, O. F. (2016). Zabezpechennja bezpeky rukhu na zaliznychnykh perejizdakh. *Ukrajinsjka zaliznycja*, 7(37), 52-56. (in Ukrainian)
6. Okorokov, A. M., & Bulakh, M. O. (2019). *Integral assessment of the state of railway train safety during technical audit*. *Science and Transport Progress*, 5(83), 99-107. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2019/184389> (in Ukrainian)
7. 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: <https://doi.org/10.15802/stp2017/117551> (in Ukrainian)
8. Andrić, J. M., Wang, J., & Zhong, R. (2019). Identifying the Critical Risks in Railway Projects Based on Fuzzy and Sensitivity Analysis: A Case Study of Belt and Road Projects. *Sustainability*, 11(5), 1-18. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11051302> (in English)
9. Bodnar, B., Bolzhelarskyi, Ya., Ochkasov, O., Hryshechkina, T., & Černiauskaitė L. (2018 April). Determination of Integrated Indicator for Analysis of the Traffic Safety Condition for Traction Rolling Stock. *Intelligent Technologies in Logistics and Mechatronics Systems (ITELMS'2018)* (pp. 45-54). Panevėžys. (in English)
10. Jamshidi, A., Faghih-Roohi, S., Hajizadeh, S., Núñez, A., Babuska, R., Dollevoet, R., ... & De Schutter, B. (2017). A Big Data Analysis Approach for Rail Failure Risk Assessment. *Risk Analysis*, 37(8), 1495-1507. DOI: <https://doi.org/10.1111/risa.12836> (in English)
11. 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: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.361> (in English)
12. Licciardello, R., Baldassarra, A., Vitali, P., Tieri, A., Cruciani, M., & Vasile, A. N. (2013). Limits and opportunities of risk analysis application in railway systems. *Safety and Security Engineering V*, 134, 133-144. DOI: <https://doi.org/10.2495/safe130131> (in English)
13. 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: <https://doi.org/10.15802/stp2018/130463> (in English)
14. Otto, A., Kellermann, P., Thieken, A., Mániz Costa, M., Carmona, M., & Bubeck, P. (2019). Risk reduction partnerships in railway transport infrastructure in an alpine environment. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 33, 385-397. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.10.025> (in English)
15. Sasidharan, M., Burrow, M., Ghataora, G., & Eskandari, T. (2017). A Review of Risk Management Applications for Railways. *14th International Conference of Railway Engineering-2017*, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.25084/raileng.2017.0065> (in English)
16. Smoczyński, P., & Kadziński, A. (2016). Introduction to the risk management in the maintenance of railway tracks. *Journal of mechanical and transport engineering*, 68(4), 65-80. DOI: <https://doi.org/10.21008/j.2449-920x.2016.68.4.06> (in English)

Надійшла до редколегії: 28.01.2020

Прийнята до друку: 03.06.2020