



Методика встановлення моменту загрози безпеці руху для машиністів поїздів та водіїв рухомого складу залізниці

Ярослав Болжеларський

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри залізничного транспорту, Національний університет «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України, провідний науковий співробітник лабораторії залізнично-транспортних досліджень, Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз Міністерства юстиції України, м. Львів, Україна, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4787-1781>, e-mail: yaroslav.v.bolzhelarskyi@lpnu.ua

Олег Джус

завідувач лабораторії залізнично-транспортних досліджень, Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз Міністерства юстиції України; старший викладач кафедри залізничного транспорту, Національний університет «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України, м. Львів, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7577-4049>, e-mail: djusov22@gmail.com

Андрій Куйбіда

судовий експерт лабораторії автотехнічних досліджень, Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз Міністерства юстиції України, м. Львів, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1450-9122>, e-mail: andriykuibida@ukr.net

Запропоновано методику встановлення моменту загрози безпеці руху за зіткнень та наїздів на залізниці. В основу методики покладено математичний апарат нечіткої логіки.

Ключові слова: загроза безпеці руху; зіткнення; наїзд; машиніст; водій; особа; методика; нечітка логіка.

Methodology for Determining the Moment of Safety Threat for Train Drivers and Railway Rolling Stock Operators

Yaroslav Bolzhelarskyi, Oleh Dzhus, Andrii Kuibida

A methodology for determining the moment when a traffic safety threat arises in the case of collisions and run-overs on railways is proposed. The methodology is based on the mathematical apparatus of fuzzy logic.

Keywords: traffic safety threat; collision; locomotive driver; driver; person; methodology; fuzzy logic.

Визначення моменту виникнення загрози безпеці руху (згідно з термінологією, усталеною у судовій автотехнічній експертизі — *небезпеки для руху*) у судових транспортних експертизах є відомою проблемою, для розв'язання якої наявні різні підходи.

У чинних науково-методичних рекомендаціях з автотехнічної експертизи зазначено, що «*момент виникнення небезпеки для руху, як правило, має зазначатися у документі про призначення експертизи (залучення експерта)*» [1]. Зважаючи та те,



що визначення моменту виникнення небезпеки потребує спеціальних технічних знань, згадані вище рекомендації передбачають можливість визначення моменту виникнення небезпеки для руху самим експертом.

Як свідчить практика, пряме застосування підходів автотехнічної експертизи [2—5] до визначення моменту виникнення загрози безпеці руху щодо машиністів (водіїв) рухомого складу залізниць є неприйнятним. Відсутність єдиних методичних підходів до вирішення даного питання в залізнично-транспортній експертизі становить певну проблему, особливо у випадках зіткнень на залізничних переїздах і наїздах на людей, що перебувають на колії. Під час ведення поїзда машиніст має забезпечити безпеку пасажирів [6], а кожен випадок екстреного гальмування може призвести до травмування пасажирів унаслідок, наприклад, падіння з полиць або травмувань внутрішнім обладнанням вагона. Автомобіль може встигнути покинути межі небезпечної зони до наближення поїзда. З іншого боку, якщо зіткнення відбудеться, то це може призвести до гірших наслідків. Тому перед машиністом завжди постає проблема вибору рішення за короткий час, а перед експертом (у разі залізнично-транспортної пригоди) — проблема визначення моменту виникнення реальної загрози безпеці руху.

Протягом 2023—2024 років у Львівському НДІСЕ була виконана науково-дослідна робота IV.2.2-2023/2 «Розробка методики встановлення моменту загрози безпеці руху

для машиністів та водіїв рухомого складу залізниці». Головним завданням даної науково-дослідної роботи було створення експертної методики встановлення моменту загрози безпеці руху для машиністів (водіїв) залізничних транспортних засобів (рухомого складу залізниць). В основу методики покладено законодавство й нормативно-правові акти, які регулюють діяльність судових експертів; нормативно-технічну документацію, що визначає швидкісний режим залізничного-рухомого складу та дорожніх транспортних засобів, а також поведінку осіб (пасажирів, працівників залізничного транспорту та сторонніх осіб) під час перебування їх на об'єктах залізничного транспорту [6—8]. Під час створення методики застосовано понятійний та математичний апарат нечіткої логіки [9—10].

Зазначені нормативні документи, понятійний та математичний апарат стали основою для визначення *функцій належності* для значень «*велика*», «*середня*» та «*мала*» лінгвістичних змінних, «*швидкість*» та «*відстань*» для усіх категорій місць зіткнень та наїздів (залізничний переїзд, технологічний проїзд, технологічний прохід, перехід через колії, ділянка колії, не призначена для її перетину, та категорій осіб (пасажир, працівник залізничного транспорту, стороння особа).

Лінгвістичні змінні описані набором

$$[\chi, \dot{O}(\chi), U, G, M] \quad (1),$$

де χ — назва лінгвістичної змінної; $\dot{O}(\chi)$ — терм-множина (сукупність



значень лінгвістичної змінної χ ; U — універсальна множина; G — синтаксичне правило, яке породжує терми терм-множини $\dot{O}(\chi)$; M — семантичне правило, яке кожному лінгвістичному значенню X ставить у відповідність його зміст $M(X)$, до того ж $M(X)$ позначає нечітку підмножину множини U .

Для прикладу набір (1) для лінгвістичної змінної «швидкість дорожнього транспортного засобу», який прийнято з урахуванням вимог [11], має вигляд: χ — швид-

кість д.т.з.; $\dot{O}(\chi)$ — терм-множина {«мала швидкість д.т.з.», «середня швидкість д.т.з.», «велика швидкість д.т.з.»}; $U = [0,120]$; G — синтаксична процедура утворення нових термінів «І», «АБО», «ДУЖЕ», «НЕ ДУЖЕ»; M — семантична процедура задання на U нечітких множин: $V_{\text{а.о.ф.-і адо.1}} =$ «мала швидкість

д.т.з.»; $V_{\text{а.о.ф.-і адо.1}} = \{(0|1,0), (10|0,83), (20|0,667), (30|0,5), (40|0,333), (50|0,167), (60|0,0)\}$; $V_{\text{а.о.ф.-і адо.2}} =$ «се-

редня швидкість д.т.з.»; $V_{\text{а.о.ф.-і адо.2}} = \{(30|0,0), (40|0,33), (50|0,667), (60|1,0), (70|0,667), (80|0,333), (90|0,0)\}$; $V_{\text{а.о.ф.-і адо.3}} =$ «велика швид-

кість д.т.з.»; $V_{\text{а.о.ф.-і адо.3}} = \{(60|0,0), (70|0,163), (80|0,333), (90|0,5), (100|0,667), (110|0,833), (120|1,0)\}$.

На основі аналізу комбінації значень лінгвістичних змінних «швидкість» та «відстань» було визначено значення лінгвістичної змінної

«загроза безпеці руху». Прийнято, що моментом виникнення загрози безпеці руху є набуття лінгвістичною змінною «загроза безпеці руху» значення «середня» або «велика». Запропоновано алгоритм установлення значень цих лінгвістичних змінних.

Методика передбачає викладення результатів виконаних досліджень у строгій відповідності з нормативними документами, що регламентують права судових експертів, проведення експертиз (досліджень) та оформлення їх висновків.

Розроблено також рекомендації щодо дій машиніста за виявлення потенційної загрози безпеці руху, що можуть бути застосовані для профілактики настання даних випадків. Дії машиніста мають залежати від швидкості руху поїзда, відстані до переїзду та швидкості руху об'єкта. Можливі дії машиніста наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Можливі дії машиніста та їх коди за виявлення потенційної небезпеки для руху

Назва дії	Код дії
Подати сигнал великої гучності	1
Приготуватися до застосування гальмування	2
Застосувати службове гальмування для зниження швидкості	3
Застосувати екстрене гальмування для зупинки поїзда	4

Фрагмент алгоритму дій машиніста, з урахуванням вимог нормативних документів [6—8] та ін., наведено в табл. 2.



Таблиця 2

**Значення лінгвістичних змінних та алгоритм дій машиніста (водія) з.р.с.
за виявлення об'єкта в межах габариту рухомого складу**

Швидкість руху з.р.с.	Відстань від з.р.с. до об'єкта (д. т. з, особи)	Швидкість руху об'єкта (д.т.з, особи) у перпендикулярному до осі колії напрямку	Загроза безпеці руху	Дії машиніста та їх послідовність (коди — див. табл. 1)
Велика	Велика	Велика	Мала	1, 2
Велика	Велика	Середня	Мала	1, 2
Велика	Велика	Мала	Середня	1, 3

Подальшим розвитком даних досліджень є автоматизація розрахунку функцій належності лінгвістичних змінних та розрахунок функції належності лінгвістичної змінної «*небезпека для руху*» із застосуванням операцій над нечіткими числами. Це стане основою для розроблення систем автоматизованого прийняття рішень системами автоматичного ведення

поїздів на основі алгоритмів нечіткої логіки, що призведе до розв'язання актуальної науково-практичної задачі підвищення безпеки руху.

Розроблені рекомендації щодо дій машиніста можуть стати основою для змін у нормативно-технічній документації, яка сьогодні не містить чітких указівок щодо дій машиніста за виникнення небезпеки.

Перелік джерел посилання

1. Науково-методичні рекомендації з питань підготовки та призначення судових експертів та експертних досліджень : затв. наказ. Мін'юсту України від 08.10.1998 р. № 53/5 (зі змін. та допов.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0705-98#Text> (дата звернення: 15.09.2025).
2. Шевцов С. О. Критерії визначення моменту виникнення небезпеки для руху у різних дорожньо-транспортних ситуаціях. *Вісник ОНДІСЕ*. 2018. Вип. 3. С. 90—94. URL: <http://ondise.od.ua/DOC/vipusk3/Vizna4enyamomentunebezpekidyaruhu.pdf> (дата звернення: 15.09.2025).
3. Туренко А. М., Клименко В. І., Сараєв О. В., Данець С. В. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП : підруч. для вищ. навч. закл. Харків, 2013. 320 с.
4. Шевцов С. А., Дубонос К. В. Дорожно-транспортные происшествия. Критерии оценки действий водителя. Харьков, 2003.
5. Жилінський Г. В., Придиба В. Т. Встановлення моменту виникнення небезпеки для руху на основі вимог правил дорожнього руху України. *Теорія та практика судової експертизи і криміналістики*. 2010. Вип. 10. С. 468—475. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tpsek_2010_10_69 (дата звернення: 15.09.2025).
6. Правила технічної експлуатації залізниць України : затв. наказ. Мінтрансу України від 20.12.1996 р. № 411 (зі змін. та допов.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0050-97#Text> (дата звернення: 15.09.2025).
7. Інструкція локомотивній бригаді : затв. наказ. Укрзалізниці від 22.11.2004 р. № 876/ЦЗ
8. ЦТ ЦВ ЦЛ 0015 Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України (зі змін. та допов.). Київ, 2002. 145 с. URL: <https://raillog.uz.ua/docs/tst-tsv-tsl-0015-instruktsiya-z-ekspluatatsii>



- halm-rukhomoho-skladu-na-zaliznytsyakh-ukrainy/ (дата звернення: 15.09.2025).
9. Желдак Т. А., Коряшкіна Л. С., Ус С. А. Нечіткі множини в системах управління та прийняття рішень : навч. посіб. / за ред. С. А. Ус. Дніпро, 2020. 387 с. URL: <https://ir.nmu.org.ua/entities/publication/829f0bc0-9a83-4fe1-852a-0ae751eade02> (дата звернення: 15.09.2025).
 10. Коротка Л., Зеленцов Д., Науменко Н., Ляшенко О., Солодка Н.. Обчислювальний інтелект: теорія нечітких множин : навч. посіб. Дніпро, 2020. 167 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/348488739_Obcislualnij_intelekt_teorija_necitkih_mnoziny (дата звернення: 15.09.2025).
 11. Правила дорожнього руху : затв. постанов. КМУ від 10.10.2001 р. № 1306 (зі змін. та допов.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF#Text> (дата звернення: 15.09.2025).