

УДК 656.2.081-047.44

Я. В. БОЛЖЕЛАРСЬКИЙ^{1*,2*}, М. І. БЕРЕЗОВИЙ^{3*}, П. ГОЛЕМБІОВСКИ^{4*}

^{1*} Каф. Залізничного транспорту, Національний університет «Львівська політехніка», вул. Іванни Блажкевич 12-а м. Львів, Україна, 79052, тел. +38 (050) 678 15 03, ел. пошта: yaroslav.v.bolzhelarskyi@lpnu.ua, ORCID 0000-0002-4787-1781

^{2*} Лабораторія залізнично-транспортних досліджень, Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз, вул. Липинського, 54 м. Львів, Україна, 79000, тел. +38 (050) 678 15 03, ел. пошта: jarik762145@gmail.com, ORCID 0000-0002-4787-1781

^{3*} Каф. «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 371 51 03, ел. пошта: m.i.berezovyi@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-6774-6737

^{4*} Факультет транспорту, Варшавська політехніка, вул. Кошикова, 75, м Варшава, Республіка Польща, 00-662, тел. +48 222347311 ел. пошта: piotr.golebiowski@pw.edu.pl ORCID 0000-0001-6885-7738

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ПЕРШОПРИЧИН ПРИ РОЗСЛІДУВАННІ ЗАЛІЗНИЧНО-ТРАНСПОРТИХ ПРИГОД

Мета. Імплементация базових нормативних документів є одним із завдань, вирішення якого є умовою інтеграції залізничного транспорту України до залізничної транспортної системи Євросоюзу. Не дивлячись на те, що саме в Україні вперше серед країн колишнього СРСР сформувалась залізнично-транспортна експертиза, нормативна документація, що регламентує порядок проведення та методи дослідження залізнично-транспортних пригод (ЗТП), потребує адаптації до вимог директив ЄС і європейських стандартів. Підвищення безпеки руху на залізницях України шляхом впровадження у процеси службового та технічного розслідувань, а також судово-експертної практики методів встановлення першопричин і проміжних причин ЗТП, які передбачені стандартами EN, що прийняті в Україні. **Методи.** Метод побудови механізму ЗТП, методи аналізу першопричин, що відображені у ДСТУ EN 62740:2022, методи аналізу, порівняння та синтезу. **Результати.** На підставі порівняння методу побудови механізму ЗТП, який використовується у теперішній час в Україні для встановлення причин ЗТП та методів аналізу першопричин (МАП), які передбачені ДСТУ EN 62740:2022 встановлено, що МАП дозволяють гнучко підходити до процесу дослідження у залежності від типу ЗТП, досліджувати ЗТП на різних рівнях, враховувати не лише технічні, але й організаційні причини і складні взаємозв'язки між ними. **Наукова новизна.** Вперше проведено порівняння методів встановлення причин залізнично-транспортних пригод, які застосовуються на залізницях України та методів, передбачених ДСТУ EN 62740:2022 для встановлення причин аварій та інцидентів на залізницях Європи. **Практична значимість.** Використання методів аналізу першопричин відповідно до ДСТУ EN 62740:2022 при службових та технічних розслідуваннях ЗТП а також у судово-експертній практиці залізнично-транспортної експертизи забезпечить відповідність процесу досліджень вимогам європейських нормативних документів, які прийняті в Україні у якості державних стандартів. Запропоновані у ДСТУ EN 62740:2022 методи дозволяють глибоко дослідити різні типи причин, які призвели до ЗТП і обґрунтувати заходи з їх профілактики, що сприятиме підвищенню безпеки руху.

Ключові слова: безпека руху, залізнично-транспортна пригода, механізм, причина, методи, службове розслідування, технічне розслідування, залізнично-транспортна експертиза

Вступ

Інтеграція залізниць України у європейську транспортну систему вимагає імплементации базових нормативних документів, що регулюють діяльність залізничного транспорту у ЄС, зокрема Директиви (ЄС) 2016/798 «Про залізничну безпеку» [1]. Глава 5 даної Директиви визначає загальні принципи розслідування залізнично-транспортних пригод (ЗТП). Основною метою проведення розслідування ЗТП є зниження ймовірності подібних випадків у майбутньому шляхом оцінювання ризиків.

Україна стала першою поміж держав

колишнього СРСР, у якій сформувалась залізнично-транспортна експертиза як окремий вид судових експертиз [2]. Основна наукова робота у даному напрямку проводилась під керівництвом д.т.н. Сокола Е.М. у Львівському науково-дослідному інституті судових експертиз у співпраці з Українським державним університетом науки і технологій [3-4] та ін. За період з 1999 по 2011 роки Соколом Е.М. та його учнями було опубліковано більше 100 наукових праць, які присвячені розвитку та удосконаленню методів дослідження ЗТП. Підсумком цієї роботи стала трилогія [5-7], у якій акумульовані результати

усього наукового доробку очолюваного Соколом Е.М. колективу у галузі удосконалення методів дослідження залізнично-транспортних пригод.

Однак, знаходячись у той час у певній інформаційній ізоляції від напрямків розвитку питань безпеки залізничного транспорту у ЄС, Е.М. Сокол та його учні, не пов'язували питання методів дослідження ЗТП з методами оцінки ризиків, як це було передбачено попередніми редакціями Директиви [1], а також чинними на той час європейськими стандартами. Вказані принципи відображені і у актуальних версіях даних нормативних документів [8, 9].

Імплементация директив ЄС і європейських стандартів, у тому числі Директиви [1], стандартів [8, 9] вимагає адаптації методів дослідження ЗТП, які сформувався в Україні, до вимог вказаних нормативних документів.

Постановка завдання дослідження

У теперішній час в Україні передбачено проведення наступних типів досліджень ЗТП, метою яких є встановлення причин їх настання:

- службове розслідування підприємством залізничного транспорту;
- технічне розслідування Державною службою України з безпеки на транспорті (Укртрансбезпекою);
- експертне дослідження атестованими судовими експертами або особами, які прирівняні до них відповідно до Закону України «Про судову експертизу»;
- судова залізнично-транспортна експертиза, що проводиться у експертних установах Міністерства юстиції України чи атестованими судовими експертами, які не є працівниками цих установ.

Проведення службових та технічних розслідувань регламентується відповідно Положенням [10] та Порядком [11]. Проведення судових залізнично-транспортних експертиз та експертних досліджень регламентується інструкціями [12, 13] та Науково-методичними рекомендаціями [14]. Причому судова залізнично-транспортна експертиза проводиться, як правило, з використанням атестованих методик судових експертиз, які включені до Реєстру методик проведення судових експертиз. Ведення даного реєстру регламентується Порядком [15], однак самі методики на даний час закриті для вільного доступу. Слід зазначити, що поряд з атестованими методиками експерти мають право використовувати інші методики досліджень, наукову та науково-технічну літературу і нормативні

документи, однак їх застосування може вимагати обґрунтування, особливо при наявності атестованої методики.

Науково-методичні рекомендації [14] передбачають, що результати службового розслідування є джерелом вихідних даних для судової залізнично-транспортної експертизи.

Слід зазначити, що стандарти [8, 9] уже прийняті в Україні у якості національних стандартів. Однак на даний час їх положення не застосовуються ні при проведенні розслідувань ЗТП відповідно до Положення [10] чи Порядку [11] ні при проведенні судових залізнично-транспортних експертиз для побудови механізму ЗТП.

Завданням даного дослідження є аналіз положень стандарту [9] у стосунку до його застосування для встановлення першопричини і проміжних причин настання ЗТП.

Мета дослідження

Метою дослідження є підвищення безпеки руху на залізницях України шляхом впровадження у процеси службового та технічного розслідувань, а також судово-експертної практики методів встановлення першопричин і проміжних причин ЗТП, які передбачені стандартами [8, 9].

Аналіз вітчизняної нормативно-правової документації щодо порядку та методів дослідження ЗТП.

Аналіз процедур службового розслідування.

Відповідно до Положення [10], на кожному підприємстві залізничного транспорту призначається керівник з безпеки руху, до обов'язків якого, серед іншого, входить організація службового розслідування ЗТП.

До складових системи управління безпекою руху (СУБР), серед іншого входять процедури розслідування ЗТП. Вказані процедури впроваджуються на четвертому (заключному) етапі реалізації СУБР, який може тривати до 6 місяців і закінчиться через 21 місяць після впровадження СУБР на підприємстві.

Результати службового розслідування ЗТП є внутрішнім джерелом інформації для ідентифікації небезпечних факторів або загроз, а звіти з технічного розслідування ЗТП відносяться до зовнішніх джерел інформації.

Порядок розслідування ЗТП, а також ознайомлення з національним та європейським законодавством з питань безпеки руху є складовою програм базового навчання для керівників

підприємств та персоналу служби з безпеки руху.

Положення [10] також передбачає процедури обов'язкової звітності та розслідування ЗТП. Положенням передбачено здійснення службового розслідування ЗТП, що сталися з рухомим складом підприємства та/або на об'єктах інфраструктури даного підприємства.

Вказане розслідування проводить комісія, за результатами розслідування складається акт службового розслідування, форма якого передбачена Положенням [10].

У Положенні наголошується, що «Порядок проведення службового розслідування на підприємстві розробляється з урахуванням вимог законодавства, вимог та стандартів, затверджених Європейським Союзом чи його компетентними органами...» [10].

Аналіз процедур технічного розслідування.

У Порядку [11] відзначається, що «Метою технічного розслідування транспортних подій є встановлення технічних і організаційних причин виникнення транспортних подій, розроблення рекомендацій з безпеки та профілактичних заходів щодо запобігання їх виникненню у майбутньому». Надається також визначення терміну «Технічне розслідування» - система заходів із встановлення обставин та технічних і організаційних причин виникнення транспортної події шляхом збору та аналізу інформації про транспортну подію, складання звіту технічного розслідування транспортної події [11]. Відзначено, що технічне розслідування проводиться окремо від службового розслідування і є незалежним, а діяльність комісії з технічного розслідування не має перешкоджати роботі органів зі службового розслідування.

Результатом технічного розслідування є звіт, на основі якого розробляються рекомендації щодо недопущення подібних випадків у майбутньому.

Аналіз процедури побудови механізму ЗТП у судовій залізнично-транспортній експертизі.

Методика побудови механізму ЗТП, яка використовується у судовій залізнично-транспортній експертизі, розроблена д.т.н. Соколом Е.М. і відображена у [5-7]. Коротко вона полягає у наступному.

Механізм залізнично-транспортної пригоди (механізм ЗТП) як і будь-яка система, що являє собою сукупність елементів, що знаходяться у взаємодії, характеризується змістом і формою. Формою механізму залізнично-транспортної пригоди є його організація у вигляді графічної структурної схеми, що складається з незалежних

ланцюгів, вузлів і загального (кінцевого) ланцюга, в яких проміжні ланки (елементи), що утворюють стійкі причинно-наслідкові зв'язки, розглядаються як технічні причини - посередники. Безпосередня ж технічна причина ЗТП, що міститься в загальному (кінцевому) ланцюзі механізму, характеризується тим, що між нею і кінцевим елементом (подією) механізму ЗТП причини-посередники відсутні. Зазначений момент слід враховувати при складанні висновку експертизи і не допускати ситуації, коли у якості безпосередньої технічної причини некомпетентними фахівцями, які не володіють спеціальними знаннями в області розробки і аналізу механізму ЗТП, вказується початкова або якась проміжна технічна причина-посередник.

Змістом механізму залізнично-транспортної пригоди є зовнішні взаємодії механізму з оточуючими системами і внутрішні динамічні перетворення, яким підлягають залізнично-транспортні (далі - транспортні) ситуації, що охоплюють всю структуру механізму. До транспортних ситуацій відносяться: безпечна транспортна ситуація (БТС); загроза (потенційна чи реальна) безпеки руху (ЗБР); небезпечна транспортна ситуація (НТС); катастрофічна транспортна ситуація (КТС); парадоксальна транспортна ситуація (ПТС). Безпечна транспортна ситуація характеризується тим, що вона містить у собі потенційну ймовірність перетворення її на загрозу безпеки руху. Загроза безпеки руху, що передбачає будь-яку невідповідність фактичних дій учасників ЗТП вимогам нормативних документів, характеризується тим, що вона містить в собі ймовірність перетворення її в небезпечну транспортну ситуацію. Небезпечна транспортна ситуація характеризується тим, що при її виникненні механізм залізнично-транспортної пригоди може відмовити (не спрацювати), тобто небезпечна транспортна ситуація містить в собі ймовірність попередження ЗТП [15, 16]. Катастрофічна транспортна ситуація характеризується тим, що при її виникненні запобігти залізнично-транспортній пригоді стає неможливо, тобто механізм ЗТП спрацьовує безвідмовно. Парадоксальна транспортна ситуація характеризується тим, що при її виникненні механізм ЗТП спрацьовує при виконанні вимог нормативних документів, а при їх невиконанні відбувається відмова спрацьовування механізму ЗТП. Кожна транспортна ситуація являє собою сукупність елементів (ланок) різних ланцюгів механізму, об'єднаних єдиною сутністю. Розвиток і перетворення одних транспортних ситуацій в інші приводить або до спрацьовування механізму

ЗТП, або до відмови його спрацювання, тобто до запобігання залізнично-транспортної пригоди.

Таким чином, форма механізму ЗТП зі стійкими причинно-наслідковими зв'язками дозволяє встановлювати безпосередню технічну причину спрацювання механізму ЗТП.

Глибокий аналіз методики побудови механізму ЗТП, який розроблений д.т.н. Соколом Е.М. та його праць, що присвячені даному питанню, показує, що Е.М. Сокол, ймовірно, не був знайомий з методами встановлення першопричин і аналізу ризиків, які відображені у актуальних на час його діяльності версіях стандартів [8, 9], оскільки він ніде у своїх працях не посилається на дані методи. Однак сам по собі підхід до встановлення безпосередньої технічної причини ЗТП та побудови механізму ЗТП має спільні риси з методами аналізу першопричин, які відображені у стандартах [8, 9] та референтній літературі.

Основні положення Директиви (ЄС) 2016/798 щодо встановлення причин ЗТП.

Організація розслідування аварій та інцидентів на залізничному транспорті регламентується розділом V Директиви [1]. Директива передбачає обов'язковість проведення розслідування серйозних аварій а також розслідування інших аварій та інцидентів, якщо вони мали або могли мати значний вплив на безпеку. Директивою передбачається створення у кожній державі незалежного органу з розслідування, який має широкі права і діє незалежно від органів судового розслідування.

У результаті розслідування формується Звіт, який публікується органом з розслідування у терміні не пізніше ніж через 12 місяців після ЗТП.

Директива [1] зазначає, що одним з завдань розслідування є отримання інформації для процедури оцінки ризиків, які, у свою чергу, регламентуються європейськими версіями стандартів [8, 9]. Таким чином, дотримання положень стандартів [8, 9] при встановленні першопричини і проміжних причин ЗТП та інших факторів, які сприяли ЗТП, є обов'язковим.

Основний матеріал дослідження

Розглянемо основні положення стандарту [9] у стосунку до розслідування ЗТП.

У вступі до стандарту зазначається, що аналіз першопричин (RCA) - це систематичний процес, який дозволяє ідентифікувати фактори, що спричинили певну подію, що становить інтерес (цільову подію). RCA виконується з розумінням

того, що для усунення наслідків подій необхідно виявляти та усувати їхні першопричини, а не лише очевидні симптоми. Метою RCA є встановлення першопричин, що дозволяє змінити ймовірність їх виникнення або зменшити їхній вплив у разі повторного виникнення.

Зазначається, що RCA використовується для аналізу цільової події, яка вже відбулася, тобто виконується аналіз минулих подій (a posteriori). Однак знання першопричин подій, що мали місце в минулому, може слугувати основою для розроблення заходів, які сприятимуть поліпшенню ситуації в майбутньому.

У стандарті зазначається можливість його використання для розслідування аварій.

Стандарт визначає *причину* як обставину або сукупність обставин, які призводять до відмови.

Подія визначається як виникнення або зміна певного набору обставин. Вона сама по собі може складатися з декількох окремих подій, а також може полягати у тому, що щось не відбулося. Аварії, інциденти та відмови – це також події з негативними наслідками.

Механізм відмови – це процес, що призводить до відмови, який може мати фізичну, хімічну, логічну чи психологічну природу, або бути їх комбінацією.

Цільовою подією називається подія, яка підлягає причинному аналізу.

Причинний фактор – це умова, дія, подія або стан, які призвели до певної події або стану, без яких вони не відбулися б.

Першопричина – це причинний фактор, який не має попередників і є суттєвим для аналізу.

Аналіз першопричин (**Root Cause Analysis, RCA**) Стандартом [9] – це будь-який систематичний процес, який ідентифікує одну або кілька причин, що сприяють виникненню цільової події. **Безпосередня або очевидна причина** цільової події часто є лише **симптомом глибших першопричин** і може не відображати справжні фактори, які необхідно ідентифікувати та усунути. RCA дозволяє **глибше зрозуміти**, чому відбулася певна подія.

Стандарт [9] наголошує, що RCA можна застосовувати для будь-якої цільової події, яка призвела до невдачі, у тому числі для розслідування подій у технологічній сфері і для аналізу відмов технічних систем для визначення причин, через які елемент не виконав свої функції у визначений час та за визначених умов.

Для того, щоб RCA був ефективним, його слід виконувати систематично, у вигляді розслідування, де встановлені першопричини та висновки підтверджуються документально

підтвердженими доказами.

Стандарт визначає 5 етапів процесу RCA, які наведені у табл. 1.

Стандарт передбачає два типи RCA, які мають різні цілі і не повинні змішуватись:

1. Аналіз цільової події на основі лише перевіреної фактичної інформації.

У цьому аналізі використовуються лише спостережувані факти. Він є самодостатнім, не допускається висування гіпотез.

2. Аналіз для висування гіпотез щодо послідовності подій та причинності. Цей аналіз використовується, коли немає достатньої кількості фактичних даних. У ньому допускається формулювання гіпотетичних причин події.

Слід зазначити, що це перекликається з підходами до формування висновків судових залізнично-транспортних експертиз, згідно з якими висновки можуть бути *категоричними та ймовірнісними*.

Стандартом окремо зазначається, що особи, які могли бути причетні до виникнення цільової події, не повинні входити до складу команди. Їхній внесок (роль) має бути зібраний на перших двох етапах аналізу (ініціювання та встановлення фактів).

Таблиця 1

Етапи процесу RCA згідно [9]

Етап	Основні концепції та завдання
Ініціювання (Initiation)	На основі доступної інформації про цільову подію визначити необхідність проведення RCA, а також сформулювати його мету та межі застосування .
Встановлення фактів (Establishing facts)	Зібрати дані та встановити факти: що сталося, де, коли та за участю кого .
Аналіз (Analysis)	Використовуючи методи та інструменти RCA, визначити як і чому сталася цільова подія.
Валідація (Validation)	Визначити та розрізнити різні можливі сценарії виникнення цільової події, встановити найбільш імовірну першопричину.
Представлення результатів (Presentation of results)	Оформити та представити результати аналізу цільової події.

Стандарт зазначає, що дані слід збирати якомога швидше, перш ніж вони будуть втрачені (наприклад, докази можуть бути зіпсовані,

вилучені або спогади можуть зникати з часом).

Зазвичай збирають таку інформацію:

- обставини події;
- умови до, під час та після цільової події;
- дії персоналу, включаючи виконані (або не виконані) дії та прийняті рішення;
- дані про навколишнє середовище та його вплив.
- структура організації, її процеси, процедури, навчання персоналу та рівень кваліфікації;
- історичні дані про аналогічні події або їхні передумови;
- відхилення від очікуваних умов.
- взаємодія з іншими елементами та персоналом.
- обладнання, що використовувалося, його технічний стан і відповідність вимогам.

Прикладами джерел даних є результати огляду фізичних доказів, наприклад, несправні компоненти та звіти про відмови, Фотографії та відеоматеріали, записи з камер спостереження, фотографування місця події з різних ракурсів для подальшого аналізу, операційні дані, дані з моніторингових, керуючих систем, систем тривоги і реєстраторів подій, журнали операторів, особливо ті, які мають хронологічні позначки, свідчення персоналу, документальні джерела, а саме процедури, інструкції, що були чинними на момент події, регуляторні вимоги та стандарти, які застосовувалися до процесу або обладнання.

Наведена вище інформація щодо збору даних у більшості збігається з рекомендаціями [14], за винятком збору інформації щодо структури організації, навчання персоналу, рівня його кваліфікації та історичних даних щодо аналогічних подій. Вказана інформація у процесі судової залізнично-транспортної експертизи не аналізується, однак очевидним є необхідність її аналізу у процесі службового та технічного розслідування.

Стандарт детально розглядає наступні аспекти процесу аналізу: опис події, основні завдання, типові причинні фактори (технічні аспекти, людський фактор, фізичні та психосоціальні умови), методи аналізу.

Стандартом надаються рекомендації щодо формування команди для аналізу та визначення ролей кожного з членів команди, розробки плану аналізу, організації проведення аналізу, валідації його результатів і представлення висновків.

Окремий розділ стандарту присвячений вибору методик аналізу причин. Перелік методик з коротким описом наведений у табл. 2.

Короткий опис методик RCA згідно Стандарту [9]

Методика	Опис
Метод подій та причинних факторів (ECF, Events and Causal Factors charting)	Аналіз ECF визначає хронологію завдань, дій і навколишніх умов , що призвели до цільової події. Висновки відображаються у вигляді схеми причинно-наслідкових зв'язків .
Багатолінійна послідовність подій (MES) та послідовне нанесення подій у часі (STEP)	Методи MES і STEP використовуються для збору та відстеження даних під час аналізу складних цільових подій . Результати представлено у вигляді матриці «час-актор» .
Метод «Чому?» (The «Why» method)	Цей метод допомагає аналізу просуватися через причинний ланцюг , ставлячи запитання «Чому?» кілька разів поспіль.
Метод дерева причин (CTM, Causes Tree Method)	СТМ – це системний метод аналізу та графічного зображення подій і умов , що спричинили цільову подію. Метод подібний до «Чому?», але формує складніше дерево , що враховує технічні, організаційні, людські та екологічні фактори .
Аналіз «Чому-тому» (WBA, Why-Because Analysis)	WBA створює мережу причинних факторів , відповідальних за цільову подію, використовуючи контрфактичний тест (counterfactual test) . Причинні зв'язки відображаються у вигляді графа «Чому-тому» .
Метод «Дерева відмов і успіхів» (Fault Tree and Success Tree Method)	Візуальний метод, що допомагає проводити дедуктивний аналіз для визначення критичних шляхів до успіху або відмови . Результати представлені у вигляді логічного дерева .
Діаграма риб'ячої кістки (Fishbone) або діаграма Ісікави (Ishikawa Diagram)	Ця методика допомагає ідентифікувати, аналізувати та представити можливі причини цільової події . Діаграма ілюструє взаємозв'язок між подією та всіма факторами, що можуть на неї впливати .
Безпека через організаційне навчання (SOL, Safety Through Organizational Learning)	SOL – це чек-лист-метод аналізу , орієнтований на розслідування подій у атомній енергетиці . Результати візуалізуються у вигляді діаграми «час-актор» , схожої на метод MES/STEP.
Дерево управління та ризиків (MORT, Management Oversight and Risk Tree)	MORT – це заздалегідь структуроване дерево відмов , що включає загальні події або прорахунки .
AcciMaps	Метод візуального представлення причинного аналізу. Використовує організаційну модель, щоб розподілити фактори по рівнях і визначити їхні зв'язки. Для оцінки причинних зв'язків застосовує контрфактичний тест (як у WBA) .
Tripod Beta	Метод дерева причинності, орієнтований на людський фактор. Основний акцент – на виявленні організаційних збоїв, що можуть спричинити людські помилки.
Аналіз причинності у системно-теоретичній моделі аварій та процесів (STAMP, CAST)	CAST аналізує всю соціотехнічну систему, що була задіяна в події. Метод документує динамічний процес, що призвів до події, включаючи структуру управління системою та обмеження, які були порушені на кожному рівні.

Ці методики можуть бути простими і складними, залежно від характеру події та цілей аналізу. Деякі з них орієнтовані на часову послідовність подій (MES/STEP, ECF), інші – на причинно-наслідкові зв'язки (WBA, СТМ, Fault Tree, Fishbone). Деякі методи враховують організаційні та людські фактори (MORT, Tripod Beta, CAST).

Вибір методики залежить від потреб аналізу та наявних даних. У стандарті наводяться критерії цього вибору. Вказані критерії зведені до табл. 3. Слід зазначити, що вказані критерії допомагають порівняти різні методики RCA за рівнем складності, необхідної експертизи та ефективності. Методики з хорошою графічною

підтримкою зазвичай легше інтерпретуються, ніж текстові аналізи. Аналітична строгість та перевірка правдоподібності важливі для отримання точних і надійних результатів. Масштабованість і відтворюваність методик RCA впливає на їхню практичну цінність у різних ситуаціях.

Своєрідним керівництвом для вибору методик RCA слугує табл. 4, у якій наведені значення атрибутів загальних методик RCA.

У додатку С Стандарту наведено детальний опис методик RCA, у якому відзначені переваги та обмеження кожного методу та його короткий опис з відповідними посиланнями на першоджерела.

Огляд критеріїв для оцінки методик RCA

Критерій	Опис	Рівні оцінки
Необхідний рівень експертизи	Чи орієнтована методика на досвідчених аналітиків ? Чи вимагає спеціальних знань?	(+) Інтуїтивно зрозуміла, потребує мінімального навчання. (o) Потребує певного навчання (≈1 день). (-) Потребує значного навчання (≈1 тиждень).
Підтримка програмними засобами	Чи можливо використувати метод без спеціального програмного забезпечення?	(+) Може ефективно застосовуватися без інструментальної підтримки. (o) Підтримка програмного забезпечення бажана, але не обов'язкова. (-) Вимагає спеціального програмного забезпечення.
Масштабованість	Чи може метод адаптуватися до аналізу простих і складних подій ?	(+) Добре масштабується зі складністю подій. (o) Обмежена масштабованість, потребує значних ресурсів. (-) Немасштабований – вимагає повного виконання методу незалежно від складності.
Графічне представлення	Чи використовує метод візуальні засоби ?	(+) Чітко визначене графічне представлення з добре зрозумілою семантикою. (o) Має графічне представлення, але без формалізованої семантики. (-) Не має графічного представлення.
Відтворюваність	Чи дає метод однакові результати при повторному застосуванні?	(+) Результати можна відтворити, відмінності лише у формі подання. (o) Більшість результатів можна відтворити, але можливі певні відмінності. (-) Результати значною мірою залежать від кваліфікації аналітика.
Перевірка правдоподібності	Чи існують засоби для перевірки логічності отриманих результатів ?	(+) Є методи перевірки для майже всіх аспектів аналізу. (o) Є методи перевірки (наприклад, чек-листи), але вони не охоплюють усі аспекти. (-) Обмежені або відсутні засоби перевірки.
Аналітична строгість	Наскільки формалізований підхід? Чи є методика математично обґрунтованою?	(+) Формально визначена, допускає математичну перевірку. (o) Напівформальна методика. (-) Інтуїтивна, неформалізована методика.
Послідовність подій у часі	Чи враховує метод хронологію подій ?	(+) Так. (o) Непрямо. (-) Ні.
Специфічність	Чи обмежує метод аналіз лише необхідними причинними факторами ?	(+) Аналізує лише необхідні причинні фактори. (o) Аналізує як необхідні, так і супутні фактори. (-) Аналізує загальні проблеми, незалежно від їхньої причинності.

Таблиця 4

Атрибути загальних методик RCA

Методика	Необхідний рівень експертизи	Підтримка програмного забезпечення	Масштабованість	Графічне представлення	Відтворюваність	Перевірка правдоподібності	Аналітична строгість	Часова послідовність	Специфічність
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ECF (Події та причинні фактори)	0	0	0	+	0	0	0	+	+
MES та STEP	-	0	0	+	0	0	0	+	+
Метод «Чому?»	+	+	-	0	-	-	-	-	+

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
СТМ (Метод дерева причин)	0	0	+	+	0	+	0	-	+
WBA (Аналіз «Чому-тому»)	0	+	+	+	+	+	+	0	+
Метод дерева відмов і успіхів	0	0	+	+	0	0	0	-	0
Діаграма риб'ячої кістки (Ісікави)	+	+	-	0	-	-	-	-	0
SOL (Безпека через організаційне навчання)	0	-	+	+	0	0	0	+	-
MORT (Дерево управління та ризиків)	+	-	-	+	0	0	+	-	-
AcciMaps	0	0	+	+	0	0	0	+	-
Tripod Beta	-	0	+	+	0	0	0	+	0
CAST (STAMP)	+	0	+	0	0	0	0	+	+

Висновки

Науковою новизною даної статті є те, що вперше проведено порівняння методів встановлення причин залізнично-транспортних пригод, які застосовуються на залізницях України та методів, передбачених ДСТУ EN 62740:2022 для встановлення причин аварій та інцидентів на залізницях Європи

Практична значимість досліджень, результати яких наведені в статті, є використання методів аналізу першопричин відповідно до ДСТУ EN 62740:2022 при службових та технічних розслідуваннях ЗТП а також у судово-експертній практиці залізнично-транспортної експертизи для забезпечення відповідності процесу досліджень вимогам європейських нормативних документів, які прийняті в Україні у якості державних стандартів. Запропоновані у ДСТУ EN 62740:2022 методи дозволяють глибоко дослідити різні типи причин, які призвели до ЗТП і обґрунтувати заходи з їх профілактики, що сприятиме підвищенню безпеки руху.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Directive (EU) 2016/798 of the European Parliament and of the Council: of 11.05.2016. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2016/798/oj> (date of access: 06.12.2024).
2. Болжеларский Я. В. История, тенденции и перспективы судебных железнодорожно-транспортных исследований в Украине. *Сборник материалов международной научно-практической конференции «Криминалистика и судебная экспертология. Наука, обучение, практика» Часть II*. Вильнюс: 2017 С. 371–389.
3. Сокол Е. М. Судова залізнично-транспортна експертиза – питання слідчого та компетенція експерта. *Життя і право*. 2004. № 8. С. 4–6.
4. Болжеларський Я. В., Бобир Д. В. Установлення технічного стану рухомого складу залізниць у судовій залізнично-транспортній експертизі. *Теорія та практика судової експертизи та криміналістики*. 2010. № 10. С. 484–491.

5. Сокол Э. Н. Сходы с рельсов и столкновения подвижного состава (Судебная экспертиза. Элементы теории и практики) : монографія. Київ : Трансп. України, 2002. 364 с.

6. Сокол Э. Н. Крушения железнодорожных поездов (Судебная экспертиза. Элементы теории и практики) : монографія. Київ : Фенікс, 2009. 376 с.

7. Сокол Э. Н. Железнодорожно-транспортное происшествие и его механизм (Судебная экспертиза. Элементы теории и практика) : монографія. Львів : ПАІС, 2011. 375 с.

8. ДСТУ EN ІЕС 31010:2022. Керування ризиками - методи оцінки ризиків (EN ІЕС 31010:2019, IDT; ІЕС 31010:2019, IDT). На заміну ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 ; чинний від 2023-12-31. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 196 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=100889 (дата звернення: 16.12.2024).

9. ДСТУ EN 62740:2022. Аналіз першопричини (RCA) (EN 62740:2015, IDT; ІЕС 62740:2015, IDT). Чинний від 2023-12-31. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 38 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=100880 (дата звернення: 06.12.2024).

10. Про затвердження Положення про систему управління безпекою руху на залізничному транспорті : Наказ М-ва інфраструктури України від 24.12.2020 № 842. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0351-21#Text> (дата звернення: 09.12.2024).

11. Про затвердження Порядку технічного розслідування катастроф, аварій, дорожньо-транспортних пригод, подій на залізничному транспорті : Наказ М-ва інфраструктури України від 21.09.2018 № 433. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1185-18#Text> (дата звернення: 10.12.2024).

12. Про затвердження Інструкції про призначення та проведення судових експертиз та експертних досліджень та Науково-методичних рекомендацій з питань підготовки та призначення судових експертиз та експертних досліджень : Наказ М-ва юстиції України від 08.10.1998 № 53/5 : станом на 30 жовт. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0705-98#Text> (дата звернення: 10.12.2024).

13. Про затвердження Інструкції про особливості здійснення судово-експертної діяльності атестованими судовими експертами, що не працюють у державних спеціалізованих експертних установах :

Наказ М-ва юстиції України від 12.12.2011 № 3505/5 : станом на 30 жовт. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1431-11#Text> (дата звернення: 16.12.2024).

14. Науково-методичні рекомендації з питань підготовки та призначення судових експертиз та експертних досліджень : наказ М-ва юстиції України від 08.10.1998 № 53/5 (у редакції наказу М-ва юстиції України від 26.12.2012 №) : станом на 30 жовт. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0705-98#Text> (дата звернення: 16.12.2024).

15. Про затвердження Порядку ведення Реєстру методик проведення судових експертиз : Наказ М-ва юстиції України від 02.10.2008 № 1666/5 : станом на 14 лют. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0924-08#Text> (дата звернення: 16.12.2024).

Надійшла до редколегії 28.11.2024.

Прийнята до друку 27.02.2025.

Y. BOLZHELARSKYI, M. BEREZOVYI, P. GOŁĘBIOWSKI^{4*}

APPLICATION OF ROOT CAUSE ANALYSIS TECHNIQUES FOR THE INVESTIGATION OF RAILWAY TRANSPORT INCIDENTS

Purpose. Enhancing railway traffic safety in Ukraine by implementing root cause and intermediate cause identification techniques in the processes of internal and technical investigations, as well as in forensic expert practice for railway transport incidents (RTIs), as stipulated by EN standards adopted in Ukraine. **Methods.** The method of RTI mechanism construction, root cause analysis (RCA) techniques reflected in DSTU EN 62740:2022, as well as methods of analysis, comparison, and synthesis. **Results.** A comparison between the RTI mechanism construction method currently used in Ukraine for determining RTI causes and the RCA techniques provided in DSTU EN 62740:2022 has demonstrated that RCA allows for a flexible approach to the investigation process depending on the RTI type. It enables the study of RTIs at different levels while considering not only technical but also organizational causes and their complex interrelations. **Practical significance.** The application of RCA techniques in accordance with DSTU EN 62740:2022 in internal and technical investigations of RTIs, as well as in forensic railway transport expertise, will ensure that the investigation process complies with European regulatory documents adopted in Ukraine as national standards. The techniques proposed in DSTU EN 62740:2022 allow for an in-depth examination of various causes leading to RTIs and provide a substantiated basis for preventive measures, thereby contributing to increased railway traffic safety.

Keywords: railway traffic safety, railway transport incident, mechanism, cause, techniques, internal investigation, technical investigation, railway transport expertise.