

ОСНОВНІ РИЗИКИ ОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРОТРАВМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ ТА ЇХ НАСЛІДКИ

¹ Вінницький національний технічний університет;

² Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова

Анотація

Розглянуто основні ризики отримання електротравм на залізниці, їх причини, заходи запобігання та усунення наслідків. Також приділено увагу нормативним документам які регулюють правила безпеки на залізничному транспорті в Україні. Розглянуто можливі наслідки ураження електричним струмом для людини та алгоритм DR ABC.

Ключові слова: електротравми, електробезпека, залізниця, транспорт, перша допомога

Abstract

The main risks of receiving electrical injuries on the railway, their causes, measures to prevent and eliminate the consequences are considered. Attention is also paid to regulatory documents that regulate safety rules for railway transport in Ukraine. The possible consequences of electric shock for a person and the DR ABC algorithm are also considered.

Keywords: electrical injuries, electrical safety, railway, transport, first aid

Вступ

Залізничний транспорт з часів своєї появи зарекомендував себе як один із найбільш екологічних та ефективних способів перевезення пасажирів та вантажів. Він має велике значення для економіки багатьох країн, оскільки забезпечує стратегічний транспортний ланцюг постачання сировини та енергоносіїв. Висока екологічність дозволила йому стати найпріоритетнішим у розвитку транспортної інфраструктури в Європейському Союзі. Для уряду України розвиток залізничного сполучення з ЄС також має суттєве економічне і військово-стратегічне значення. Чималу роль залізниця також грає у оперативній ліквідації катастроф та евакуації населення.

Однак, незважаючи на її переваги, залізниця завжди була зоною підвищеної небезпеки. Серед найбільш небезпечних інцидентів на ній можна виділити аварії з пошкодженням самих залізничних составів, рейко-шпальної решітки, контактної мережі, інших транспортних засобів та інфраструктурних об'єктів, що призводить до травматизму серед людей та тварин. На жаль, подібні аварії можуть спричинити не лише механічні травми та опіки, а й електричні ураження. Для мінімізації травм пасажирів та інших осіб у свій час для них було розроблено правила безпеки, спочатку на рівні Міністерства транспорту України [1], а пізніше на основі них АТ "Укрзалізниця" створила більш узагальнену їх версію [2]. Крім того, залізничники мають також інші нормативні документи для забезпечення безпеки перевезень, такі як звід правил технічної експлуатації залізниць [3] та систему управління безпекою [4]. Однак всі правила та директиви можуть захистити лише за умови якщо вони дотримуються, подібно як із правилами дорожнього руху.

Пасажири та інші особи, що мають відношення до залізниці мають ризики отримати електротравми якщо не дотримуються встановлених правил [1,2]. Запобігання електротравмам на залізничному транспорті включає: належне навчання персоналу та пасажирів правилам безпеки, ретельне обслуговування електротехнічного обладнання, утримання систем електроживлення у справному стані та встановлення попереджувальних заходів безпеки, таких як заборонні знаки та огорожі. Однак в умовах війни та/або інших катастроф чи аварій є ризик їх отримання є навіть при дотриманні всіх встановлених правил та директив. Влучання дронів-камікадзе чи ракет, що уражають наземні об'єкти також підвищує шанс виникнення небезпек, пов'язаних із залізницею.

Огляд ризиків

На залізничному транспорті ризик отримання електротравм є значним через наявність високовольтних електричних систем, які живлять електричні поїзди. Згідно правилам технічної експлуатації залізниць [3, пункт 7.2] напруга у залізничній контактній мережі може бути у межах від 21 до 29 кіловольтів для змінного струму і між 2,7 та 4 кіловольтами для постійного струму. Небезпечні наслідки для життя та здоров'я спричиняє ступ, а не напруга. Для розрахунків впливу струму на людський організм використовується найбільше з можливих значень.

Існують наступні групи людей, у яких є ризики отримання травм на залізниці: пасажирів залізниці, співробітники залізниці та/або її компаній-підрядників, пасажирів транспортних засобів, що перетинають залізничні переїзди та мости, люди, які перетинають колії поза межами залізничних переїздів, жителі будинків, що знаходяться поряд із залізницею, особи, що здійснюють несанкціонований доступ. При аналізі небезпек ураження електрострумом на залізниці зазвичай розглядають такі групи ризиків [4]:

- недотримання правил безпеки;
- обрив контактної мережі або тягових ЛЕП;
- несправності у трансформаторах і підстанціях;
- поганий технічний стан локомотивів, вагонів та електропоїздів;
- аварії на залізничних переїздах з участю автомобільного транспорту;
- контакт з контактною мережею або ураження дуговим розрядом;
- несанкціонований доступ до об'єктів залізничної інфраструктури.

При недотриманні правил безпеки пасажирів, співробітниками залізниці та іншими людьми виникає ризик ураження електричним струмом їх чи інших людей. Також працівники залізниці можуть отримати ураження електричним струмом внаслідок неправильного використання або обслуговування електротехнічного обладнання. Ураження електричним струмом може виникнути також через пошкодження контактної мережі чи тягових ЛЕП, наприклад, внаслідок аварій, вітру, грози, ракетних чи дронів атак тощо.

Іншою проблемою є вихід з ладу трансформаторів і тягових підстанцій. Відсутність своєчасної перевірки справності та ремонту силового обладнання створює ризик електротравм для працівників залізниці та/або інших осіб, що можуть бути на території залізниці. Часто небезпека може виникнути в результаті вандалізму збирачами металобрухту. Однак у нинішній час пошкодження залізничного обладнання все частіше спричинене обстрілами держави агресора. Особливо небезпечною є ситуація, коли втрачається силовий зв'язок між різними блок-участками колії при пошкодженні дросель-трансформаторів [5], які є важливою складовою електрифікованих залізниць (рис. 1). У такій ситуації може виникнути небезпечна для людини напруга між рельсами, що може становити небезпеку для людей, що перетинатимуть колії поза межами переїздів. У більшості випадків аварійна ситуація оперативно виявляється за допомогою пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ), попередньо вирішується знеструмленням відповідної ділянки диспетчером та усувається бригадами відповідного профілю. Однак на малодіяльних участках залізниці вирішення проблеми може затягуватись.

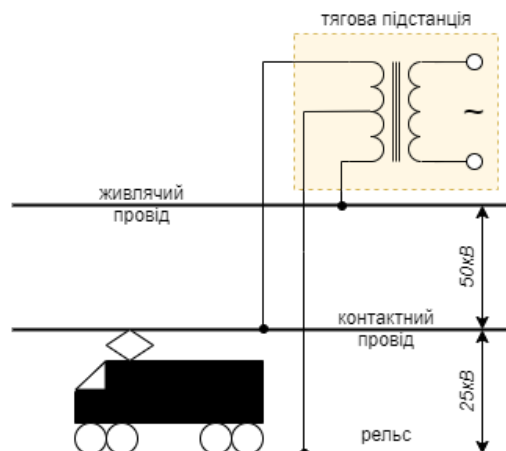


Рис. 1 – Спрощена схема електрифікації залізниці змінним струмом 2×25 кВ

Залізниці, електрифіковані змінним струмом за схемою 2x25 кВ мають окремий живлячий провід (рис.1). Підключення контактної мережі, живлячого проводу та релсь відбувається за схемою Corner-Grounded Delta (дельта з кутовим заземленням) [5], внаслідок чого між живлячим проводом і контактною мережею виникає напруга 50 кВ, через що збільшується ризик дугового ураження при втручанні людини без вжиття заходів безпеки.

Не менш загрозливою для пасажирів залізниці є проблема зношеності парку вагонів [6] та локомотивів [7]. Зношеність електрообладнання поїздів може спричинити ураження електричним струмом пасажирів. Часто це спричиняється через вплив людського фактору пов'язаним із відсутністю належного ремонту електрообладнання. Через нестачу запасних комплектуючих і низьку швидкість їх отримання через систему державних закупівель ремонтні бригади не можуть виконувати ремонт належним чином [7].

Іншою причиною ураження електричним струмом на залізниці є перетин залізничних переїздів транспортними засобами, висота яких перевищує встановлені обмеження правилами дорожнього руху або обмежувачами знаками перед залізничними переїздами. Згідно правил технічної експлуатації залізниць України висота контактного проводу від релсє може коливатись від 5 до 6 метрів. У деяких випадках сільськогосподарська або військова техніка може бути вищою за це обмеження. Нехтування обмеженнями по висоті може спричинити обрив контактної мережі та ураження струмом пасажирів. Обрив дротів контактної мережі також є небезпечним для людей, які проходять поруч.

Існують випадки, коли особи намагаються отримати доступ до електрифікованих залізничних об'єктів без дозволу або без необхідних знань та заходів безпеки, можуть призвести до серйозних травм. Забороняється наближатися до електропроводу, що лежить на землі, ближче ніж на 10 метрів. Ближче наближення може призвести до проходження через тіло людини крокових струмів, а наближення до провисаючих проводів може призвести до ураження електричною дугою. Найбільш часто ризикують отримати дугове ураження електрострумом зачепери, які піднімаються на дах їдучих поїздів. Вони ставлять за ціль ствердження особистого авторитету та здобуття поваги серед ровесників, через що нерідко нехтують правилами безпеки.

Наслідки та їх усунення

Травми на залізничному транспорті різняться за механізмом виникнення та ступенем важкості. Найчастішими є ушкодження, спричинені дією електричного струму високої напруги, опіки, а також забої, отримані внаслідок удару великогабаритним транспортом чи падінням з висоти. Дія електричного струму на організм людини може викликати різноманітні порушення, які можуть призвести як до незначних уражень, так і до летальних випадків. Саме тому даному виду травми надається велике практичне значення, оскільки від правильності та швидкості надання медичної допомоги залежить не лише життя людини, але і його подальша якість.

Ступінь ушкодження, зумовлений дією електричного струму, залежить від наступних чинників:

- сили його дії: чим вища напруга, тим більш загрозливі наслідки; зокрема смертельним вважається вплив сили струму вищої за 0,3 А для постійного струму та 0,05 А для змінного [8];
- змінний струм є більш небезпечним, ніж постійний, оскільки він змінює напрямок руху під час проходження тілом людини;
- найбільш чутливими до дії даного чинника є структури, які здатні до генерування і проведення імпульсу, такі як нервова система та провідна система серця; зокрема такі напрямки проходження струму як нижня щелепа-потилиця, міжбрів'я-потилиця, ліва рука-права рука є основними, які призводять до смерті;
- його патогенетичне спрямування залежить від тривалості дії, у даному випадку це прямопропорційна залежність;
- такі стани як екзогенні інтоксикації, перевтома, психоемоційне збудження знижують стійкість організму до ураження.

Також при проходженні струму через тканини утворюється тепло. Воно може спричинити не лише опіки шкіри, але і подальше загоряння одягу і навколишніх предметів. Виникає некроз тканин та їх обуглювання. Біжутерія, пірсинг, застібки-блискавки, метал у взутті можуть перегріватися через проведення електрики, що призводить до глибоких контактних опіків. Забої, отримані внаслідок удару великогабаритним транспортом чи падінням з висоти, характеризуються різноманітною

клінічною картиною. Найбільш часто зустрічаються переломи, вивихи, травми голови, внутрішніх органів, включно з їх розривами. Особливу небезпеку становлять травми, що супроводжуються масивною артеріальною кровотечею.

Надання першої домедичної допомоги здійснюється за алгоритмом DR ABC:

- D-danger/небезпека. Перш за все необхідно переконатися у безпечності місця події: чи не становить загрози удар електричним струмом, падіння з висоти, великогабаритний транспорт, що рухається. Пріоритетом залишається власне життя, далі життя постраждалого й усіх оточуючих.
- R-response/рівень свідомості. Наступним кроком є перевірка стану свідомості за алгоритмом AVPU, що включає реакцію на голосові команди та больовий подразник.
- A-airway/прохідність дихальних шляхів. Для даної перевірки здійснюється потрібний прийом Сафара. Але зважаючи на ймовірність електротравми або падіння з висоти даний прийом заборонено використовувати, оскільки є вірогідність, що у постраждалого є травма шийного відділу хребта. Натомість для стабілізації даного відділу необхідно використати комір Шанца.
- B-breathing/дихання. Перевірка дихання здійснюється за алгоритмом: "чую, бачу, відчуваю". Нормальна частота дихання становить від 12 до 20 на хвилину, тобто 2-3 вдихи за 10 секунд. Менша кількість є показом до серцево-легеневої реанімації (СЛР).
- C-circulation/кровообіг. Далі необхідно перевірити пульс на сонній, плечовій, стегновій артеріях, встановити його частоту. Також за наявності видимої кровотечі зупиняємо її за допомогою джгута або підручних засобів.

При відсутності дихання та пульсу на магістральних артеріях, необхідно перейти до СЛР. Для дорослих співвідношення кількості натискань на грудну клітку до вдихів становить 30:2, для дітей – 15:2. Також перед початком СЛР у дітей необхідно зробити 5 рятувальних вдихів [9]. При проведенні СЛР необхідно керуватися наявністю дефібрилятора, який значно полегшує процес надання допомоги. При його використанні головним завданням є дотримання усіх чітких вимог.

Висновки

Розглянуто основні випадки ураження електрострумом на залізниці. Приділено увагу наданню першої допомоги при ураженні електричним струмом. Розглянуто інструкції, що затверджені наказами різних міністерств України які вичерпно пояснюють план дій при аварійних ситуаціях на залізниці і отриманні електричних опікових травм. Однак у чинних інструкціях недостатньо приділено уваги руйнуванням та аваріям, спричинених обстрілами цивільної інфраструктури, зокрема залізничної, в умовах воєнного стану. У подальшому планується проведення досліджень та розрахунків ризиків ураження електрострумом на залізниці для впровадження результатів у навчальній дисципліні "Безпека життєдіяльності та основи охорони праці".

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила поведінки громадян на залізничному транспорті [Редакція від 26.07.2016] – Постанова Кабінету Міністрів України від 10.11.1995 № 903. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/903-95-%D0%BF#Text> (дата звернення: 09.03.2024).
2. Правила безпеки для пасажирів та громадян під час перебування на залізничному транспорті [Електронний ресурс] // Офіційний сайт АТ «Укрзалізниця». – Режим доступу: <https://www.uz.gov.ua/passengers/pravbez/> (дата звернення: 09.03.2024). – Назва з екрана.
3. Правила технічної експлуатації залізниць України [Редакція від 01.01.2004] – Наказ Міністерства транспорту України від 10.12.2003 № 962. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0050-97#Text> (дата звернення: 09.03.2024).
4. Положення про систему управління безпекою руху на залізничному транспорті [Прийняття від 24.12.2020] – Наказ Міністерства інфраструктури України 24.12.2020 № 842 – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0351-21#Text> (дата звернення: 09.03.2024).
5. Tanta, M.; Pinto, J.G.; Monteiro, V.; Martins, A.P.; Carvalho, A.S.; Afonso, J.L. Topologies and Operation Modes of Rail Power Conditioners in AC Traction Grids: Review and Comprehensive Comparison [Electronic resource] // Energies – 2020. – 13. – 2151. – URL: <https://doi.org/10.3390/en13092151>

6. Зношений вагонний парк - це пряма загроза безпеці руху – топменеджер УЗ [Електронний ресурс] // Стрічка новин України – Апостроф – Режим доступу: <https://apostrophe.ua/ua/news/business/transport/2021-10-20/iznoshennyj-vagonnyj-park--eto-pryama-uga-roza-bezopasnosti-dvizheniya--topmenedzher-uz/247201> (дата звернення: 09.03.2024). – Назва з екрана.

7. Зношеність локомотивного парку «Укрзалізниці» сягає 97% [Електронний ресурс] / Mintrans – Медіа для тих, хто рухає країну вперед – архівована версія за 28.04.2022 – Режим доступу: <https://web.archive.org/web/20220428003839/https://mintrans.news/zhd/znoshenist-lokomotivnogo-parku-u-krzaliznitsi-syagaе-97> (дата звернення: 09.03.2024). – Назва з екрана.

8. Опіки. Клінічна настанова, заснована на доказах [Електронний ресурс] / Асоціація комбустіологів України // Державне підприємство "Державний експертний центр Міністерства охорони здоров'я України". – 2023 р. – ст. 58-64. – Режим доступу: https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2023/10/2023_kn_opiky_.pdf (дата звернення: 09.03.2024).

9. Стандарт медичної допомоги. Опіки [Чинний від 09.10.2023] – Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 09.10.2023 № 1767 Про затвердження Стандарту медичної допомоги "Опіки". – Режим доступу: https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2023/10/1767_09102023_smd.pdf (дата звернення: 09.03.2024).

Томчук Микола Антонович – канд. техн. наук, доцент кафедри Безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tomchuk@vntu.edu.ua

Малініч Ілля Павлович – асистент кафедри Комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Юлія Олександрівна Крижановська – студентка групи 4а, медичний факультет №1, Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова, Вінниця

Mykola Tomchuk – Cand. Sc. (Tech), Docent of Life Safety and Pedagogy of Safety department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: tomchuk@vntu.edu.ua

Iliia Malinich – Assistant lecturer of Computer Sciences department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Yuliia Kryzhanovska – Student of first medical faculty, Vinnytsia National Memorial Medical University of N. I. Pirogov, Vinnytsia