

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2020-261-5-14-18>

УДК 656.2:629.4

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

Клюєв С.О.

ENSURING THE SAFETY OF RAILWAY TRANSPORT IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION

Kliuiev S.O.

У статті розглянуто стан та перспективи безпеки залізничного транспорту в умовах цифровізації. Визначено, що функціонування програми з безпеки залізничного транспорту в умовах цифровізації базується на наступних технологіях та стандартах: ERTMS, ETCS, GSM-R, GoA, ATO, ATP, ATC, BIM Rail, CBTC, TMS. Аналіз стану та перспективи безпеки залізничного транспорту в умовах цифровізації встановив необхідність застосування штучного інтелекту. Зазначено, що безпека залізничного транспорту зумовлена спільною взаємодією багатьох технологій, які привели до створення концепцій «Індустрія 4.0» і «Індустріальний Інтернет речей (IIoT)».

Ключові слова: цифровізація, безпека залізничного транспорту, штучний інтелект, система управління, інформація.

Вступ. Складність створення єдиного архітектурного простору, залізничних станцій та інфраструктури залізниці полягає саме в поїздах. У поїздах дуже обмежені можливості для розміщення електронного устаткування і його енергоживлення. Для самого складного варіанта – пасажирського це ще необхідність задовольнити потреби клієнта в різних видах зв'язку, інформаційних з'єднаннях, послугах та розвагах. При цьому пріоритетним залишаються питання управління рухом поїзда і питання безпеки [1, 2].

Рухомий залізничний парк сьогодні складається з величезної кількості типів транспортних засобів, починаючи від застарілих аналогових рейкових транспортних засобів до дуже складних нових високошвидкісних поїздів. До сих пір існує велика кількість пристроїв і бортових систем, якими не можуть керувати оператори і диспетчери [3].

В теперішні часи відбувається зростання обсягів загальної торгівлі, а також і зростання обсягів перевезень залізниць і це представляє значні виклики з безпеки і можливості для учасників галузей логістики та транспорту.

Постановка проблеми. Транспортні вектори розвитку цифрової економіки та цифровізація залізничного транспорту надзвичайно важливі. Зростання попиту на транспорт, перевантаженість, безпека енергопостачання та зміна клімату є одними з основних проблем, з якими стикаються Європейський Союз і все більш широкий світ. Вирішення цих проблем вимагає, щоб в найближчі кілька десятиліть залізничний сектор отримав велику частку попиту на транспорт. Тому розвитку саме залізниць ЄС в TEN-T приділяється величезний вплив, і іноді TEN-T вважають тільки залізничним проектом, що не так, але відображає важливість саме залізничного транспорту для Європи.

Цифровізація сприяє розробці і впровадженню на ринок кращих поїздів (більш тихих, більш комфортних, більш безпечних і т. д.), які надійно працюють з інноваційною інфраструктурою залізничної мережі з першого дня впровадження сервісу при більш низьких життєвих циклах, та забезпечують високу здатність справлятися з зростанням попиту на пасажирські і вантажні перевезення.

Вимоги до інфраструктури та рухомого складу обумовлюють цифрові транспортні коридори TEN-T. Тому залізнична промисловість також прагне до створення більш стійкої і безпечної інфраструктури, і деяка частина цієї стійкості може бути отримана кращими системами для оптимальної маршрутизації трафіку.

«Безпека завжди була головним питанням при перевезеннях, в основі кожного відкриття, інновацій та науково-технічного прогресу. Сучасні перевезення сильно залежать від міжнародних стандартів безпеки та надійності». Технічний комітет ТС 9 «Електричне обладнання і системи для залізниць» розробляє міжнародні стандарти на електричне обладнання рухомого складу, сигнальне та телекомунікаційне обладнання, тягові трансформатори і індуктори на рухомому складі [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З багатьох причин моделлю перетворень в цифрову економіку стала Великобританія, яка використовує і розвиває свою інноваційну систему, що стала однією з кращих в світі, таким чином вона вже стала помітним експортером інновацій та розробок [5].

Згідно Міжнародної електротехнічної комісії або ІЕС – «Залізничний транспорт є більш енергоефективним, ніж будь-який інший вид транспорту, і цю енергоефективність можна поліпшити ще більше» [6].

Міжнародний стандарт залізничної промисловості (International Railway Industry Standard, IRIS) розроблений робочою групою Європейської асоціації залізничної промисловості (UNIFE) і спрямований на створення системи менеджменту бізнесу, що дозволяє впроваджувати постійні поліпшення, запобігати і знижувати кількість невідповідностей в ланцюзі поставчань [7].

Метою роботи є аналіз стану та перспективи безпеки залізничного транспорту в умовах цифровізації.

Основний зміст. Роланд Бергер [8] визначив чотири важеля цифрового перетворення для залізничної галузі:

- цифрові дані, які після збору і аналізу забезпечують найкращі прогнози і рішення;
- системи автоматизації, які збільшують швидкість, знижують частоту появи помилок і експлуатаційні витрати;
- зв'язність, яка синхронізує ланцюг поставок і скорочує інноваційні цикли;
- цифровий доступ клієнтів, який дозволяє компаніям пропонувати клієнтам прозорість і нові послуги.

Спільна взаємодія багатьох технологій привела до створення концепцій «Індустрія 4.0» і «Індустріальний Інтернет речей (IIoT)». Це відноситься до автоматизованого виробництва на основі обміну даними в режимі реального часу, що може знизити експлуатаційні витрати, підвищити продуктивність і розширити спектр пропонованих продуктів і послуг. Залізничний виробничий сектор ЄС активний учасник цього процесу і саме в цьому секторі вже сьогодні відбувається практична цифровий зв'язок між рухомими рейковими засобами та шляхом.

Системи управління (ERTMS і АТО), спільно з інтелектуальними комп'ютерними технологіями (ІКТ) стають визначальним фактором переходу до цифрових залізниць і в центрі уваги безпека перевезень.

Одним з найдієвіших напрямів забезпечення безпеки на залізницях є єдина науково-практична постійно діюча програма-підприємство Shift2Rail (S2R): інновація для залізниць, яку в 2014 році ЄС запровадив як спільне державно-приватне підприємство Shift2Rail, щоб забезпечити платформу, координувати і розвивати дослідну та інноваційну діяльність для інтеграції в передові залізничні рішення [9].

Shift2Rail не визначає цифровізацію собі за мету як таку, він виконує дії, пов'язані з нею, в деяких з своїх п'яти інноваційних програм (ІР):

1. ІР1 призначена для посилення оцифрування залізничних підсистем і устаткування (тяга, гальма і двері).

2. ІР2 цілком орієнтований на підтримку європейської системи управління залізничним рухом (ERTMS) в якості рішення для систем сигналізації та контролю по всьому світу.

3. ІР4 представляє інновації в цифрових послугах для пасажирів (продаж квитків, відстеження поїздки).

4. ІР5 фокусується на нових цифрових функціях, що підвищують пунктуальність залізничних перевезень.

Безпеці залізничного транспорту в умовах цифровізації приділено увагу Комісією ЄС в 2018 році та прийнята пропозиція за програмою «Цифрова Європа» на 2021-2027 роки. Програма з безпеки залізничного транспорту в умовах цифровізації базується на наступних технологіях та стандартах: ERTMS, ETCS, GSM-R, GoA, АТО, АТР, АТС, VIM Rail, CBTC, TMS.

В ЄС налічується близько 30 національних систем залізничної сигналізації, що може викликати технічні або експлуатаційні проблеми безпеки на кордонах. Щоб подолати цей недолік, ЄС вирішив розробити, прийняти і впровадити єдиний стандарт управління, командування, сигналізації і зв'язку, ERTMS, що встановлює сумісну залізничну структуру на всій території ЄС [10]. Встановлена система як стаціонарно на шляху, так і на борту, вона складається з європейської системи управління поїздом (ETCS), яка забезпечує рух поїзда без перевищення безпечної швидкості і безпечно відстань від інших поїздів, та глобальної системи мобільного зв'язку на залізницях (GSM-R), яка представляє стандарт радіозв'язку для залізничних перевезень. Переваги ERTMS різноманітні. На додаток до функціональної сумісності, ERTMS підвищує безпеку поїздів, які рухаються зі швидкістю до 500 км/год, пропускну здатність на лініях – так як це зменшує мінімальний інтервал між поїздами і підвищує безпеку. Це дозволяє залізничним компаніям встановлювати на борту тільки одну систему сигналізації, що знижує витрати і витрати на навчання машиністів. Нарешті, це допомагає підвищити конкурентоспроможність залізниць і просувати індустрію постачальників в ЄС, оскільки система також використовується на інших континентах. Фактичне значення ERTMS збігається з визначенням цифровізації і суттю цифрової економіки для залізниць, так як встановлює зв'язки між фізичним і цифровим світами, рухомим складом і залізничними шляхами, приносить величезні економічні та інші результати і служить основою для накопичення даних і знань необхідних для штучного інтелекту (ШІ).

Технічно системи управління рухом поїздів є механізми, що забезпечують зупинку поїздів там, де це необхідно, і рух з безпечною швидкістю для лінії.

ERTMS – це дуже велика промислова програма, спрямована на гармонізацію системи автоматичного управління і зв'язку поїздів і забезпечення сумісності всієї залізничної системи в Європі. Оскільки відмінності між великим розмаїттям національних систем управління рухом поїздів є досить істотний бар'єр для взаємодії європейської залізничної системи, розгортання ERTMS забезпечить основу для безпечної цифрової єдиної європейської залізничної зони.

ERTMS складається з:

- ETCS (Європейська система управління поїздом), стандарт управління поїздом, заснований на обладнанні яке в кабіні, бортового пристрою, здатного контролювати рух поїздів і зупиняти їх відповідно до дозволеної швидкості на кожній ділянці лінії, здійснювати постійний контроль максимальної швидкості поїзда. Інформація надходить від обладнання ETCS поруч з трасою. Реакція машиніста постійно контролюється, і в разі необхідності, аварійні гальма будуть взяті під контроль.

- GSM-R (Глобальна система мобільного зв'язку залізниці) – це друга система ERTMS, європейський стандарт радіозв'язку для залізничних перевезень. Заснована на технології радіозв'язку GSM, GSM-R використовує ексклюзивні смуги частот для зв'язку поїзда з центрами управління рухом і пристроями, розташованими поруч з рейкою.

Більшість працюючих систем ERTMS сьогодні засновані на специфікації Baseline 2 (версія 2.3.0d1). Специфікація Baseline 3 була розроблена для того, щоб включити в себе повернення досвіду з Baseline 2, включити нові функції і впровадити механізм “Управління версіями системи”, щоб дозволити майбутнім доповненням зберігати сумісність. Комісія ЄС прийняла в 2016 році нову Технічну специфікацію по функціональній сумісності, що відноситься до команд управління і сигналізації (CCI TSI), яка надає юридичний статус специфікації ERTMS і вважається функціонально завершеною.

Рівень ETCS визначає оснащеність шляху і спосіб передачі інформації між шляхом і рейковим транспортним засобом:

- Рівень 1: інформація передається через Eurobalise, які є транспондерами, встановленими на коліях і підключеними до сигнального устаткування. Цей рівень потребує систему виявлення поїздів.

- Рівень 2: інформація передається через GSM-R. Рейковий транспортний засіб автоматично повідомляє про своє місцезнаходження і напрям руху в центр управління і отримує дозвол на рух. Це дозволяє повністю видалити сигнальну частину з лінії шляхів, але необхідна система виявлення поїздів.

- Рівень 3: інформація передається через GSM-R. Транспортний засіб автоматично повідомляє про своє місцезнаходження, напрямок руху в центр управління і отримує дозвіл на рух. Це дозволяє по-

вністю видалити сигнальну частину на бічній частині шляхів, і система виявлення поїздів не потрібна.

Глобальна система мобільного зв'язку залізниці (GSM-R) забезпечує цифровий, безпечний і надійний зв'язок між водіями та сигналізаторами. Це допомагає підвищити безпеку, скоротити затримки і підвищити продуктивність, забезпечити краще обслуговування пасажирів.

Існує два ключові чинники впровадження GSM-R: вимога відповідати загальноєвропейському стандарту цифрової передачі даних і голосового зв'язку в залізничних додатках і слідувати рекомендаціям з розслідування великих інцидентів. Як показує статистика, це дає значне поліпшення безпеки, так як GSM-R забезпечує прямий надійний радіозв'язок між учасниками процесу організації руху. Це включає в себе такі області, як тунелі і глибокі земляні виїмки, де радіозв'язок раніше був неможливим. Тому система підвищує безпеку для машиністів, ремонтних бригад і пасажирів, забезпечує більш швидке і ефективне реагування на потенційні небезпеки за допомогою таких додатків, як екстрений виклик на залізниці, який усуває необхідність для машиністів виходити з поїзда в разі виникнення проблем.

GSM-R так само сприяє скороченню експлуатаційних витрат. Замінивши собою все більш неефективні і дорогі застарілі системи, GSM-R знижує поточні витрати на технічне обслуговування, підвищує надійність і забезпечує основу для цифрової залізничної мережі. Попередній зв'язок між машиністами та службами ґрунтувався на аналогових радіомережах. Вони мали обмежену функціональність і ставали все більш дорогими в обслуговуванні. Нові цифрові технології на базі GSM-R також означають, що вони узгоджуються з галузевими розробками, такими як ERTMS (Європейська система управління залізничним рухом) і ETCS (Європейська система управління поїздом).

За даними Міжнародної асоціації громадського транспорту (UITP), існує п'ять ступенів автоматизації (GoA) поїздів [11]:

GoA 0 – це потяг на місці, схожий на трамвай у вуличному русі.

GoA 1 – це потяг з ручним керуванням, в якому машиніст керує пуском і зупинкою, роботою дверей і аварійними ситуаціями або раптовими відхиленнями.

GoA 2 – це напівавтоматичне управління поїздом (STO), в якому запуск і зупинка автоматизовані, але водій керує дверима, при необхідності приводить в рух поїзд і обробляє аварійні ситуації. Багато систем АТУ є системи рівня GoA 2.

GoA 3 – це потяг без водія (DTO), в якому запуск і зупинка автоматизовані, але стюардеса керує дверима і керує поїздом в разі надзвичайних ситуацій.

GoA 4 – це потяг без сторонньої допомоги (UTO), в якому запуск і зупинка, управління дверима

ма та управління аварійними ситуаціями повністю автоматизовані без участі персоналу.

Штучний інтелект може стати, наприклад, «доповненням» для існуючих і майбутніх систем управління, надаючи пропозицію/дію для вирішення проблем в реальному часі, щоб відповідати основним вимогам безпеки та продуктивності, а також він може направляти процес проектування (наприклад, підготовка даних і конфігурації) і стати активним помічником машиніста.

Штучний інтелект може поліпшити виробництво, експлуатацію та технічне обслуговування залізничних операторів і менеджерів інфраструктури. Отже, його можна сприймати як важіль для поліпшення управління, зниження витрат і підвищення конкурентоспроможності по відношенню до прямих конкурентів або інших видів транспорту.

Висновок. Подальший розвиток, що припускає обмін даними, створення досить жорсткої бізнес-моделі залізниць в сторону більшої позитивної динаміки мережі, що об'єднує технологічні платформи, постачальників послуг мобільного зв'язку і клієнтів, є складним завданням. Це може виявитися складнішим, ніж перемикання з електричних на цифрові прилади і пристрої або впровадження автономних або автоматизованих систем.

Сучасна сенсорна технологія дозволяє замінювати ручні вимірювання і забезпечувати безперервний моніторинг для виявлення аномалій і запобігання збоїв, що викликають затримки. У поєднанні з розширеними аналітичними можливостями, заснованими на машинному навчанні, сенсорні системи надають менеджерам по обслуговуванню інфраструктури цінну інформацію про стан інфраструктури комутаторів, допомагаючи прокладати шлях до інфраструктури 4.0.

Аналіз стану та перспективи безпеки залізничного транспорту в умовах цифровізації показав необхідність застосування штучного інтелекту для:

- підвищення безпеки в транспортних засобах з самостійним водінням (наприклад, навчаючи машину від виявлення перешкод до висновку стану інфраструктури, пов'язаної з декількома змінними);
- розробки додатків великих даних на залізницях (наприклад, прогнозне обслуговування, BIM і процеси оптимізації);
- виявлення вторгнення в кібербезпеку (наприклад, на основі обмінів з безліччю інтелектуальних об'єктів, підключених до IP);
- гнучкого розподілу пропускної спроможності (потужності) по мережі;
- надання в реальному часі інноваційних гнучких послуг (наприклад: для об'єднання повної пропускної здатності, що забезпечується довгими маршрутними поїздами уздовж вантажних маршрутів – починаючи з залізничних вантажних коридорів – з гнучкими послугами – зупинка і рух в автоматизованих терміналах);
- управління розкладом екіпажу для оптимізації використання наявного/відповідного рухомого

складу і існуючого екіпажу в даній мережі і в рамках даної сервісної пропозиції.

Література

1. Эффективные системы менеджмента: качество и цифровая трансформация: материалы VIII Международного научно-практического форума, 24–25 апреля 2019 г. / под ред. д. э. н., профессора И. И. Антоновой. – Казань : Изд-во «Познание» Казанского инновационного университета имени В. Г. Тимирязова (ИЭУП), 2019. – 352 с.
2. Sapronova, S., Tkachenko, V., Fomin, O., Hatchenko, V., Maliuk, S. (2017). Research on the safety factor against derailment of railway vehicles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (90)), 19–25. doi: 10.15587/1729-4061.2017.116194
3. Ключев С.О. Підвищення безпеки руху на залізниці. *Вісник СХУ ім. В. Даля. Сєвєродонецьк*, 2016. № 1 (225). С. 104–107.
4. Ключев С.О. Підвищення безпеки систем залізничної автоматики і телемеханіки / С.О. Ключев // *Збірник наукових праць державного університету інфраструктури та технологій. Серія "Транспортні системи і технології"*. – Київ: ДУІТ. – 2018. – Вип. № 32 (Т.2). – С.32–40. doi:10.32703/2617-9040-2018-32-2-32-40
5. Куприяновский В. П. и др. Информационные технологии в системе университетов, науки и инновации в цифровой экономике на примере Великобритании // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2016. - Т. 4. - №. 4. - С. 30-39.
6. Electrical energy... the IEC helps keep the power on. IEC 2013 г. http://www.iec.ch/about/brochures/pdf/technology/IEC_Electrical%20Energy_Keep_the_power_on.pdf Retrieved: Jul, 2016
7. Elena A. Skorayeva, Konstantin V. Gundyrev Automatic control system for designing of Signalling devices in meeting requirements of railway industry standard ISO/TS 22163-2017(IRIS) // *Innotrans*. – 2019. – 2(32). P. 38-41. doi: 10.20291/2311-164X-2019-2-38-41
8. Digital Transformation Industry. Режим доступу: <https://www.rolandberger.com/en/Publications/The-digital-transformation-industry.html>
9. Kupriyanovsky V. et al. On development of transport and logistics industries in the European Union: open BIM, Internet of Things and cyber-physical systems // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2018. – Т. 6. – №. 2. – С. 54-100.
10. Sinyagov S. et al. Digital Railroad-create digital assets. Based on materials from Network Rail (UK) project asset management system modernization // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2016. – Т. 4. – №. 10. – С. 43-54.
11. Куприяновский В. П. и др. Цифровая железная дорога-ertms, bim, GIS, PLM и цифровые двойники // *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. – 2017. – Т. 13. – №. 3.-С.129-166.

References

1. Effektivnye sistemy menedzhmenta: kachestvo i tcfirovaia transformatsiia: materialy VIII Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma, 24–25 apreliia 2019 g. / pod red. d. e. n., professora I. I. Antonovoi. – Kazan : Izd-vo «Poznanie» Kazanskogo innovatsionnogo universiteta imeni V. G. Timiriasova (IEUP), 2019. – 352 s.

2. Sapronova, S., Tkachenko, V., Fomin, O., Hatchenko, V., Maliuk, S. (2017). Research on the safety factor against derailment of railway vehicles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (90)), 19–25. doi: 10.15587/1729-4061.2017.116194
3. Kliuiev S.O. Pidvyshchennia bezpeky rukhu na zaliznytsi. *Visnyk SNU im. V. Dalia. Sievierodonetsk*, 2016. # 1 (225). S. 104–107.
4. Kliuiev S.O. Pidvyshchennia bezpeky system zaliznychnoi avtomatyky i telemekhaniky / S.O. Kliuiev // *Zbirnyk naukovykh prats derzhavnoho universytetu infrastruktury ta tekhnolohii. Seriya "Transportni systemy i tekhnolohii"*. – Kyiv: DUIT. – 2018. – Vyr. # 32 (T.2). – S.32–40. doi:10.32703/2617-9040-2018-32-2-32-40
5. Kupriianovskii V. P. i dr. Informatcionnye tekhnologii v sisteme universitetov, nauki i innovatsii v tcfrovoi ekonomike na primere Velikobritanii // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2016. – T. 4. – №. 4. – S. 30-39.
6. Electrical energy... the IEC helps keep the power on. IEC 2013 http://www.iec.ch/about/brochures/pdf/technology/IEC_Electrical%20Energy_Keep_the_power_on.pdf Retrieved: Jul, 2016.
7. Elena A. Skorayeva, Konstantin V. Gundyrev Automatic control system for designing of Signalling devices in meeting requirements of railway industry standard ISO/TS 22163-2017(IRIS) // *Innotrans*. – 2019. – 2(32). P. 38-41. doi: 10.20291/2311-164X-2019-2-38-41
8. Digital Transformation Industry. *rezhym dostupu: https://www.rolandberger.com/en/Publications/The-digital-transformation-industry.html*
9. Kupriyanovsky V. et al. On development of transport and logistics industries in the European Union: open BIM, Internet of Things and cyber-physical systems // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2018. – T. 6. – №. 2. – С. 54-100.
10. Sinyagov S. et al. Digital Railroad-create digital assets. Based on materials from Network Rail (UK) project asset management system modernization // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2016. – T. 4. – №. 10. – С. 43-54.
11. Kupriianovskii V. P. i dr. Tcfrovaia zheleznaia dorogartms, bim, GIS, PLM i tcfrovye dvoyniki // *Sovremennye informatcionnye tekhnologii i IT-obrazovanie*. – 2017. – T. 13. – №. 3.-S.129-166.

Клюев С.А. Обеспечение безопасности железнодорожного транспорта в условиях цифровизации.

В статье рассмотрены состояние и перспективы безопасности железнодорожного транспорта в условиях цифровизации. Определено, что функционирование программы по безопасности железнодорожного транспорта в условиях цифровизации базируется на следующих технологиях и стандартах: ERTMS, ETCS, GSM-R, GoA, АТО, АТР, АТС, BIM Rail, CBTC, TMS. Анализ и перспективы безопасности железнодорожного транспорта в условиях цифровизации установил необходимость применения искусственного интеллекта. Отмечено, что безопасность железнодорожного транспорта обусловлена общим вза-

имодействием многих технологий, которые привели к созданию концепций «Индустрия 4.0» и «Индустриальный Интернет вещей (IIoT)».

Ключевые слова: цифровизация, безопасность железнодорожного транспорта, искусственный интеллект, система управления, информация.

Kliuiev S.O. Ensuring the safety of railway transport in the context of digitalization.

It is established that modern sensor technology allows to replace manual measurements and to provide continuous monitoring for detection of anomalies and prevention of delays causing delays. In combination with advanced machine learning-based analytics, sensor systems provide infrastructure maintenance managers with valuable information about the state of switch infrastructure, helping to navigate the path to infrastructure 4.0.

The article discusses further developments that involve data sharing, creating a rather rigid rail business model towards more positive network dynamics that unites technology platforms, mobile service providers and customers is a daunting task. This can be more complicated than switching from electrical to digital devices or devices, or implementing autonomous or automated systems.

Digitization has been shown to facilitate the development and implementation of better trains (quieter, more comfortable, more reliable, etc.) that operate reliably with the innovative railway infrastructure from the first day of service implementation at lower life cycles, with higher the ability to cope with the growing demand for passenger and freight.

The analysis of the state and prospects of railway safety in the conditions of digitalization showed the necessity of using artificial intelligence for:

- improving safety in self-driving vehicles;
- development of big data applications on railways;
- detection of cyber security intrusion;
- flexible bandwidth allocation (capacity) across the network;
- providing innovative flexible services in real time;
- crew schedule management to optimize the use of existing/relevant rolling stock and existing crew within the network and within the scope of this service offer.

It is stated that railway safety is conditioned by the joint interaction of many technologies that have led to the creation of the concepts "Industry 4.0" and "Industrial Internet of Things (IIoT)".

The article states that modern sensor technology allows to replace manual measurements and to provide continuous monitoring for the detection of anomalies and the prevention of delays causing delays.

Keywords: digitization, railway safety, artificial intelligence, control system, information.

Клюев С.О. – к.т.н., доц. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Сєвєродонецьк, e-mail: sergistreet@gmail.com.

Стаття подана 16.04.2020