

УДК 656.256:681.32

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-147-2-57-64

Канд. техн. наук Гасвський В.В.

**ПРО НЕОБХІДНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИХ ПІДХОДІВ ПРИ РОЗРОБЦІ
КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**
ON THE NECESSITY OF USING RISK-ORIENTED APPROACHES IN THE DEVELOPMENT OF RAIL
TRANSPORT INFRASTRUCTURE CONTROL SYSTEMS

Ключові слова: RAMS, функційна безпека, надійність, людський фактор, ризик орієнтовані підходи.

Вступ

Безпека руху поїздів та захист здоров'я і безпеки обслуговуючого персоналу та пасажирів має вирішальне значення для залізничної галузі, яка зараз реформується і розвивається для задоволення нових потреб у вантажних та пасажирських перевезеннях на нових логістичних маршрутах. Транспортний ризик завжди є результатом прояву безлічі факторів як суб'єктивного, так і об'єктивного характеру. Він існував, існує й буде існувати, є об'єктивною реальністю, й проблема забезпечення функціонування транспортних систем завжди буде актуальною.

Постановка проблеми

Еволюція залізничної галузі завжди була спрямована на підвищення безпеки експлуатації та зосереджена навколо автоматизації залізничних процесів за рахунок впровадження автоматизованих систем керування рухом поїздів.

Аналіз сучасного стану залізничної галузі дає змогу сформулювати перелік основних питань, які потребують негайного вирішення.

1. Експлуатація застарілих систем керування рухом поїздів.

Операційна ефективність існуючих автоматизованих систем керування рухом поїздів на залізниці може бути покращена за рахунок використання цифрових рішень із застосуванням інструментів «Індустрія 4.0». Вони повинні бути орієнтовані на безпеку, надійність, безвідмовність та враховувати вплив людського фактору. Тому при плануванні цифрових перетворень залізничної галузі слід враховувати необхідність впровадження сучасних керуючих систем інфраструктури залізничного транспорту (КСІС ЗТ), в які повинні бути включені нові функції та можливості, що потребує розробки нової концепції.

2. Довгий життєвий цикл систем керування.

Існуючі системи експлуатуються протягом десятиліть, мають високу ступінь фізичного і морального старіння (близько 80%) та потребують оновлення, з урахуванням планів модернізації залізниць.

3. Перетин між надійністю та безпекою.

Розробники та кінцеві користувачі повинні докласти спільних зусиль для усунення прогалин між надійністю та безпекою. Критично важливі КСІС ЗТ, що плануються до впровадження, повинні бути розроблені з урахуванням аспектів безпеки і надійності за рахунок застосування цифрових рішень.

4. Використання інструментів «Індустрія 4.0», а саме: Інтернету речей (ІоТ), цифрових двійників (DT), Big Data, штучного інтелекту, віртуальної та доповненої реальності в цифрових перетвореннях залізниць.

Традиційно залізнична інфраструктура будується навколо безпеки, надійності та людського чинника. Однак у міру того, як залізнична інфраструктура інтегрується з операційними технологіями (ОТ), з'являються нові та невідомі раніше вразливості разом із новими загрозами. У

зв'язку з цим потенційні зловмисники можуть поставити під загрозу безпеку систем, використовуючи ці виявлені вразливості.

5. Ефективність обслуговування систем, пов'язаних із безпекою руху поїздів.

Необхідно впровадження нових підходів до технічного обслуговування з урахуванням впливу людського фактору та аналізу результатів діяльності експлуатаційного та технічного персоналу. Людська помилка вважається найбільшим джерелом активних відмов. Зазвичай активні відмови призводять до транспортних подій – аварій та інцидентів, тоді як приховані відмови зазвичай лежать в основі цих активних відмов і можуть призвести до катастрофічних наслідків, що завдають шкоди безпеці руху та людському життю. Людський фактор, особливо у формі людської схильності до помилок, та помилки усередині системи мають відношення як до безпеки, так і до захищеності. Оскільки людська помилка має певну тенденцію ставити під загрозу безпеку системи та, зрештою, безпеку людей у навколишньому середовищі [1].

Інженерні методи надійності, безпеки та людського фактору значною мірою не пов'язані між собою, хоча між цими поняттями є певний збіг. На основі цього збігу, при розробці нових систем керування рухом поїздів необхідно застосування методів, які поєднують поняття безпеки, надійності та людського фактору.

Аналіз досліджень та публікацій

Надання керуючим системам інфраструктури залізничного транспорту нових функцій та можливостей є необхідною та закономірною реальністю, в першу чергу, завдяки швидкому розвитку інновацій з використанням інструментів та підходів «Індустрія 4.0» в більшості транспортних галузей, на об'єктах критичної інфраструктури, «розумних» будинків, «розумних» міст тощо.

Як приклади можливо розглядати сучасні теоретичні та практичні напрацювання Харченко В., Мойсеєнко В., Самсонкіна В., Бутко Т., Ломотько Д., Бабешко Є., Ільяшенко О., Доценко С., Іванченко О., Поночовного Ю., Одарущенко О., Склєра В. та ін. для застосування в різних галузях. Але те, що стосується впровадження інноваційних систем керування рухом поїздів, то нажалі таких прикладів майже не існує. Є часткові рішення та пропозиції, впровадження яких не приводять до якихось суттєвих покращень функціональних можливостей автоматизованих систем керування. Аналогічний стан і у застосуванні ризик орієнтованих підходів для удосконалення цих систем. Все це вимагає адаптування кращих існуючих практик для потреб залізничного транспорту та критичної інфраструктури з урахуванням комплексного підходу до вирішення цих актуальних питань.

Основний матеріал

Використовуючи Європейський стандарт EN 50126 CENELEC [2], залізничні підприємства, розробники та постачальники залізничної продукції отримують спосіб послідовного використання керування надійністю (Reliability), експлуатаційною готовністю (Availability), ремонтпридатністю (Maintainability) та безпекою (Safety) – RAMS для залізничного транспорту. Тобто RAMS є характеристикою поведінки системи при тривалому функціонуванні, яка досягається застосуванням визнаних технічних планів, процесів, інструментів та техніки під час всього життєвого циклу, при яких система, підсистема або компоненти, з яких вона складається, функціонують згідно встановлених правил, а також є доступними і безпечними.

На взаємні логічні та функціональні зв'язки показників RAMS найбільш вагомий вплив здійснює експлуатація та технічне обслуговування (ТО), яке є невід'ємним компонентом технологічного комплексу пристроїв та систем керування рухом поїздів (рис. 1).

Цілі безпеки і експлуатаційної готовності можуть здійснюватися тільки тоді, коли постійно виконуються вимоги надійності і ремонтпридатності і здійснюються поточні основні роботи з технічного обслуговування.

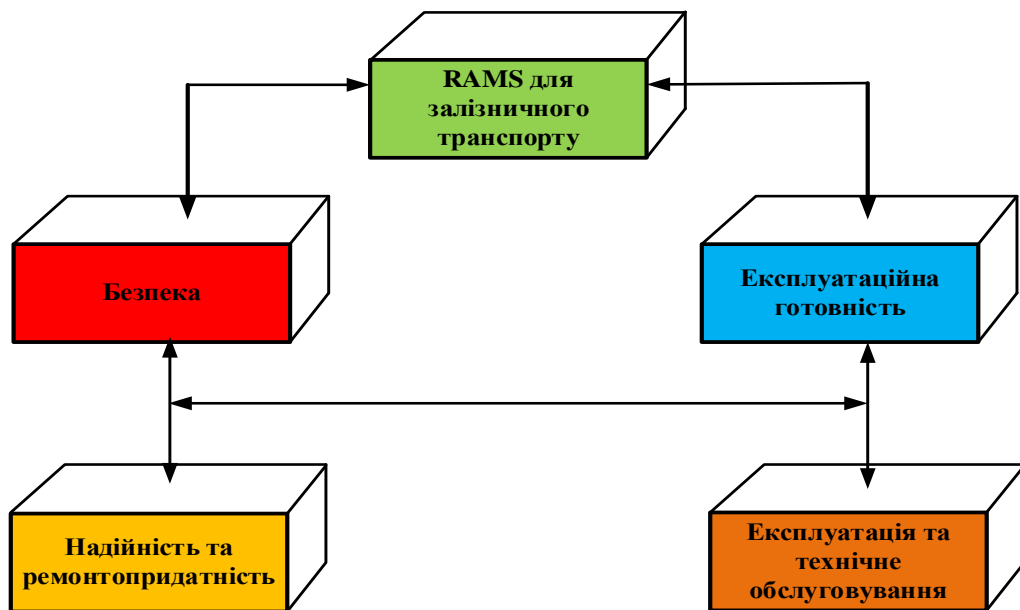


Рис. 1 – Зв'язок між елементами RAMS для залізниць

Основним принципом при обслуговуванні систем керування рухом поїздів є підтримка та запобігання критичних ситуацій при експлуатації пристроїв по колу впливу на них експлуатаційного та технічного персоналу.

Характеристики RAMS залізничної системи схильні до потрійного впливу, а саме від джерел помилок (пошкоджень) і відмов, які проявляють себе всередині системи на будь-якому етапі життєвого циклу системи (системні умови), від впливів, що заважають та яким піддається система під час експлуатації (умови експлуатації), від джерел помилок (пошкоджень), яким піддається система під час проведення робіт з технічного обслуговування (умови технічного обслуговування). Ці джерела помилок, відмов і впливів, що заважають, можуть взаємодіяти між собою в різних комбінаціях і відповідно призводять до різних наслідків, показані на рисунку 2.

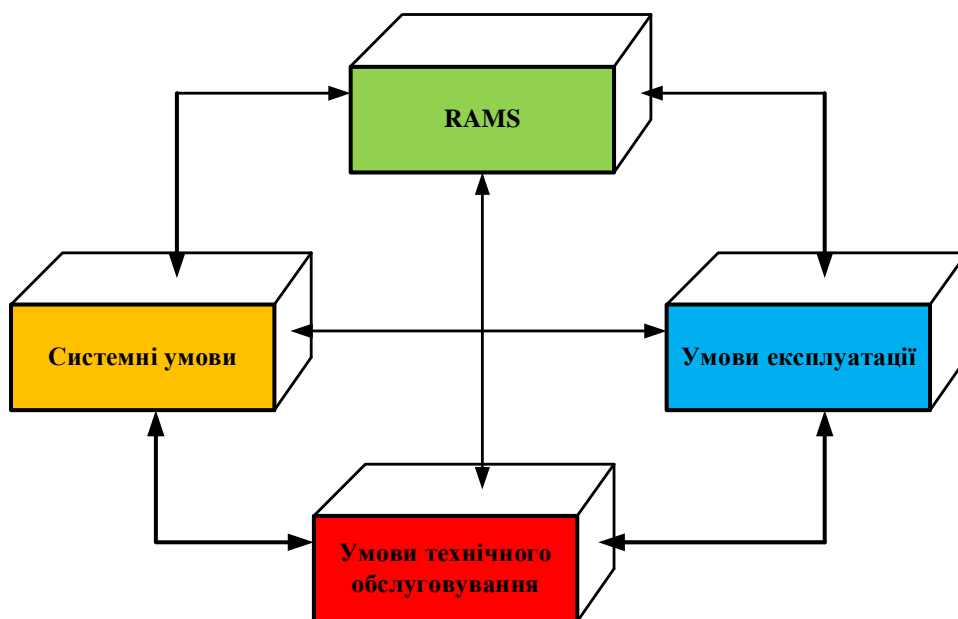


Рис. 2 – Взаємодія джерел пошкоджень

Для більш ефективного управління технологічним процесом та більш якісного впливу на показники RAMS потрібно створення механізмів і технологій захисту від джерел помилок при технічному обслуговуванні, що враховує як людські так і апаратні відмови з урахуванням того, що на RAMS можливо вплинути на всіх етапах життєвого циклу системи [2].

Досягнення цілей RAMS можливо тільки через забезпечення систем якісним та своєчасним технічним обслуговуванням і контролем за його виконанням, який повинен здійснюватися з урахуванням усіх вимог щодо надійності та ремонтпридатності.

Експлуатація та технічне обслуговування систем керування рухом поїздів характеризується наступними складовими:

- відповідна експлуатація системи у всіх можливих режимах і прийняття рішення про необхідність технічного обслуговування (ТО) системи під час всього життєвого циклу;
- залежність від людського фактору у процесі ТО, як невід'ємної складової що характеризується компетентністю, професіоналізмом та якістю виконання робіт при ТО.

Людський фактор в цьому випадку необхідно розглядати як вплив фізичних, психологічних, особистих особливостей людини, які в сукупності впливають на систему. Ці характерні особливості людини дають можливість експлуатаційному та технічному персоналу виконувати операції з ТО раціонально та ефективно, з необхідною увагою і рівнем безпеки, отримуючи при цьому задоволення від роботи [3].

Таким чином, людина безумовно має великий вплив на показники RAMS і необхідно встановити строгий контроль за людським фактором при експлуатації та проведенні ТО систем керування рухом поїздів. Так як технічний персонал має здатність як позитивно так і негативно впливати на вищезгадані показники, то для досягнення позитивних результатів необхідно визначити способи та методи впливу на людину, за рахунок яких можливо досягти більшої контрольованості його дій, що призведе до попередження відмов у роботі системи [4]. А також надати системі можливість коригувати алгоритми своєї діяльності на основі аналізу цих даних.

На підставі аналізу заходів по виконанню вимог та систематичного процесу управління RAMS протягом життєвого циклу існуючих систем керування рухом поїздів, автором зроблено висновок про необхідність розробки інноваційних керуючих систем інфраструктури залізничного транспорту і впровадження нових методів експлуатації та підтримки їх у справному стані.

Стратегія забезпечення функційної безпеки як підприємств залізничної галузі та інших галузей критичної інфраструктури, так і систем керування, що експлуатуються чи плануються до впровадження, в своїй основі повинна відповідати наступним цілям та завданням:

- забезпечення безперервної роботи підприємств та систем керування з метою забезпечення потреб споживачів;
- створення умов безпеки, в тому числі і для персоналу, та мінімізація ризиків, пов'язаних з виходом з ладу обладнання;
- убезпечення від вторгнення у виробничі активи зловмисників (фізичного або кібератак);
- стійкість енергозабезпечення та комунікацій;
- швидкого реагування на відмови та порушення, спричинені як поломками обладнання, так і зовнішніми чинниками.

Подібні вимоги є базовими в низці міжнародних технічних стандартів. Як приклад, надано базові принципи стандарту ISO 55000 (рис. 3) [5].

При цьому реальна оцінка рівня впровадження сучасних стандартів в Україні є наступною.

Стандарт ISO 55000 (керування виробничими активами) є діючим (доведений до ДСТУ та перекладений), але практично ніде на підприємствах не діє.

Стандарт ISO 31000 (керування ризиками) прийнято методом підтвердження. Інформації про його широке впровадження на об'єктах критичної інфраструктури немає.

Стандарт ІЕС 61508 (функційна безпека) прийнято методом підтвердження, але має впровадження на лічених підприємствах країни.

Стандарт ІЕС 61511 (функційна безпека в АСУТП) майже не діє в Україні, перекладу та виводу на рівень ДСТУ немає.

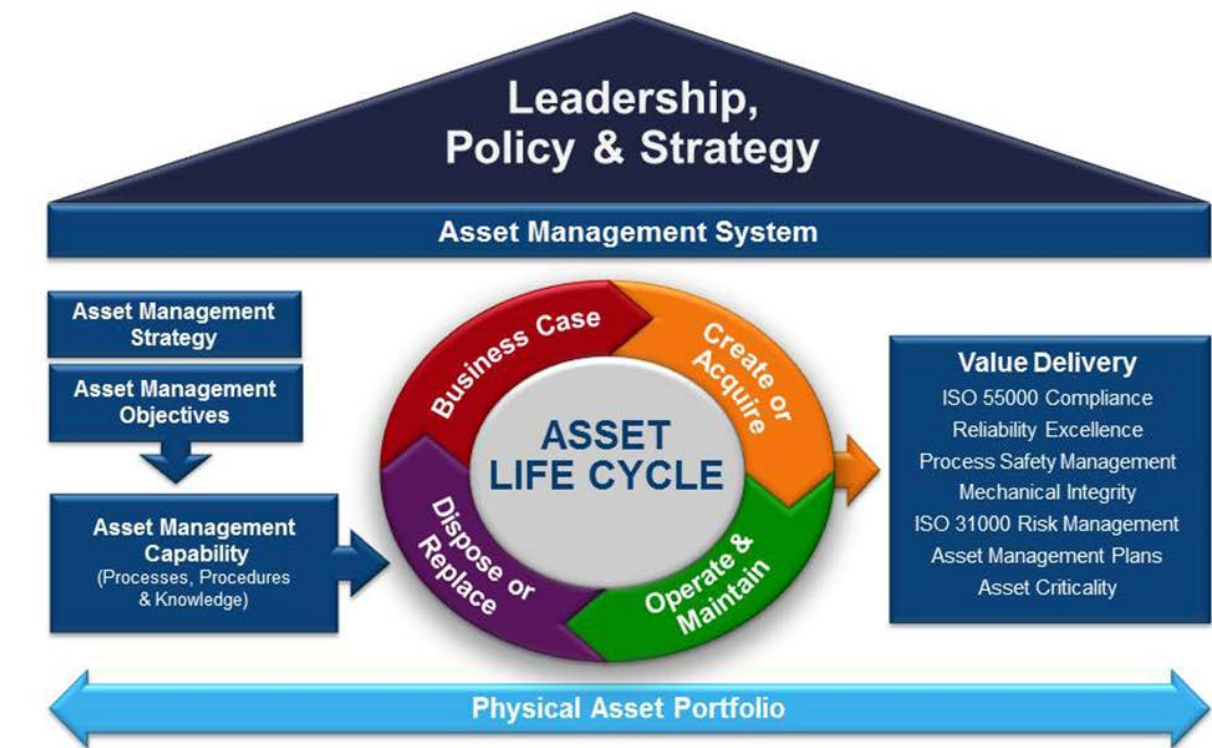


Рис. 3 – Базові принципи стандарту ISO 55000

Стандарт ISO 27001 (кібербезпека ІТ) виведений на рівень ДСТУ, перекладений і є частиною операційних політик окремих підприємств.

Стандарт ІЕС 62443 (кібербезпека ОТ) виведений на рівень ДСТУ методом підтвердження, перекладений українською, але інформація про його широке впровадження відсутня.

Тобто загальною характеристикою поведінки підприємств критичної інфраструктури є ігнорування стандартів безпеки в силу необов'язковості їх використання. Це стосується в тому числі державних та приватних підприємств, що пов'язані з розробкою та впровадженням інноваційних керуючих систем інфраструктури залізничного транспорту.

Сучасні ризик-орієнтовані підходи є ключовими при оцінюванні та управлінні безпекою як систем керування критичної інфраструктури, так і індустріальних систем. Вони базуються на принципі прийнятності ризику (ALARM). Стандарт ІЕС 61508 встановлює рівні цілісності безпеки SIL (Safety Integrity Level) як регулюючі (обов'язкові) для відповідних систем і обладнання. Ключовою складовою в таких ризик-орієнтованих підходах є визначення ймовірностей переходу систем в аварійний (небезпечний) стан. Оцінювання ймовірностей здійснюється добре відпрацьованими техніками, які використовують систематизовані дані про безвідмовність компонентів та інші параметри.

Світовий досвід показує, що ризик-орієнтований підхід до об'єктів критичної інфраструктури базується на доволі чітких і добре верифікованих критеріях: оцінка ризику та управління ризиками. Тож необхідністю є формування механізмів регулювання і реального впровадження ризик-орієнтованих підходів, які мають стати складовою об'єктивної, зрозумілої і обов'язкової оцінки і забезпечення функційної безпеки [6].

При створенні інноваційних керуючих систем інфраструктури залізничного транспорту основним напрямком залишається принцип виключення можливості появи потенційно небезпечної ситуації (або зведення ймовірності появи цієї події до мінімально допустимої величини), який для досягнення необхідного рівня функційної безпеки пристроїв і систем повинен базуватися на таких основних принципах:

- забезпечення якості компонентів та програмного забезпечення;
- забезпечення безпечного функціонування;

- принцип недопущення гіршого випадку, при якому система навіть при малоймовірному поєднанні вражаючих факторів повинна виключати появу потенційно небезпечної ситуації;
- безперервного моніторингу та контролю процесу технічної експлуатації;
- здійснення моніторингу та контролю за проведенням технічного обслуговування з урахуванням людського фактору.

Перспективна інноваційна керуюча система інфраструктури залізничного транспорту може мати структуру, що наведена на рисунку 4.

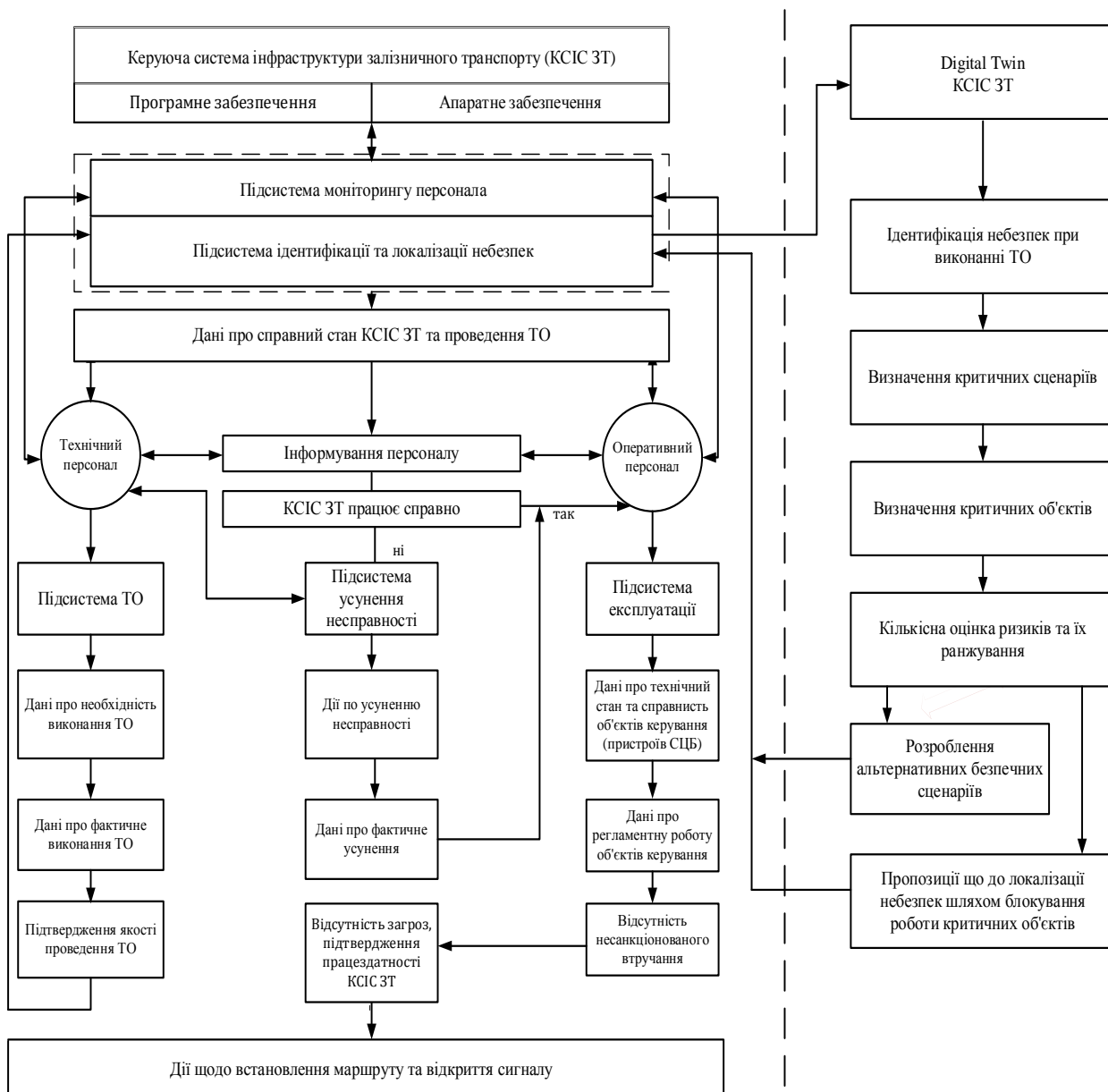


Рис. 4 – Перспективна KCIC 3T із застосуванням інструментів «Індустрії 4.0» та ризик-орієнтованих підходів

Також, при створенні інноваційних керуючих систем інфраструктури залізничного транспорту треба передбачати в них наявність наступних функцій:

- пізнавальну (отримання та засвоєння накопичених знань);
- перетворювальну (перетворення навколишньої дійсності з урахуванням змін зовнішнього середовища);
- ціннісно-орієнтовну (встановлення відношень між об'єктом і суб'єктом);
- інтерактивну (забезпечення взаємодії між людиною і системою).

КСІС ЗТ повинні мати:

- можливість вирішення проблемних питань, де вже є накопичений позитивний досвід їх вирішення, або ж «підвищувати» кваліфікацію у процесі вирішення проблеми, тобто бути такою, що самонавчається;
- декілька варіантів вирішення проблемних питань;
- можливість легкої зміни, коригування та модернізації окремих її компонентів та легкого адаптування до умов, що змінюються;
- ідентифікацію небезпечних факторів або загроз, оцінювання ризиків і визначення заходів безпеки в процесі експлуатації, використовуючи необхідні методи ризик менеджменту [7].

При побудові інноваційних систем необхідно додатково враховувати чотири основні функції ризику, що надає можливість вибору відповідних методів ризик менеджменту для застосування, а саме:

- 1) Захисна – проявляється в тому, що повинно вироблятися раціональне ставлення до невдач;
- 2) Аналітична – наявність ризику передбачає необхідність вибору одного з можливих варіантів правильного рішення;
- 3) Інноваційна – проявляється у стимулюванні пошуку нетрадиційних рішень проблем;
- 4) Регулятивна – має суперечливий характер і виступає в двох формах: конструктивною і деструктивною [8].

Окрім всіх вказаних вище інноваційних функцій, суттєвою відмінністю перспективної системи є використання інструментів «Індустрії 4.0», а саме створення цифрового двійника діючої КСІС ЗТ, на базі якого і будуть вирішуватися питання щодо надання системі нових функцій та можливостей, використання ризик орієнтованих підходів та відповідних методів ризик менеджменту. Цифровий двійник буде з'єднаним з фізичним оригіналом в режимі реального часу, для збирання та упорядкування даних відповідних об'єктів реального світу, але не буде мати прямих зворотних зв'язків з фізичним об'єктом для унеможливлення впливів на нього та зниження необхідних показників надійності та безпечності. Для аналізу отриманих даних у цифровому двійнику застосовуються розрахункові та аналітичні моделі, щоб описувати, діагностувати, прогнозувати та симулювати стани і поведінку реальних об'єктів і систем та надавати пропозиції по локалізації небезпек.

Висновки

Проведений аналіз сучасного стану автоматизації процесів залізничної галузі дозволив сформувати перелік основних питань, які потребують негайного вирішення.

Проведена реальна оцінка рівня впровадження сучасних стандартів в Україні і зроблено висновок, що загальною характеристикою поведінки підприємств критичної інфраструктури є ігнорування стандартів безпеки в силу необов'язковості їх застосування, в тому числі державними та приватними підприємствами, що пов'язані з розробкою та впровадженням інноваційних керуючих систем інфраструктури залізничного транспорту.

На підставі аналізу заходів по виконанню вимог та систематичного процесу управління RAMS протягом життєвого циклу існуючих систем керування рухом поїздів зроблено висновок про необхідність розробки інноваційних керуючих систем інфраструктури залізничного транспорту і впровадження нових методів експлуатації та підтримки їх в справному стані.

Сучасні інноваційні керуючі системи інфраструктури залізничного транспорту повинні розроблятися на базі ризик-орієнтованих підходів, що є ключовими при оцінюванні та управлінні безпекою систем керування критичної інфраструктури, і передбачати в них наявність додаткових функцій, яких немає в існуючих системах.

Для реалізації цього завдання запропоновано використання інструментів «Індустрії 4.0», а саме створення цифрового двійника діючої КСІС ЗТ, на базі якого і будуть вирішуватися питання щодо надання системі нових функцій та можливостей, що є суттєвою відмінністю перспективної системи.

Таким чином, закладені основні критерії концепції побудови інноваційних систем керування рухом поїздів, які надають можливість суттєвого підвищення показників RAMS, функційної безпеки, надійності системи та зменшення впливу людського фактору.

Наступним кроком робіт необхідно провести ідентифікацію існуючих ризиків та обґрунтувати вибір необхідних методів ризик менеджменту.

Література

1. Altaf A. Integrating Safety, Security and Human Factors Engineering in Rail Infrastructure Design and Evaluation : Doctoral Thesis Doctor of Philosophy [Електрон. ресурс] / Amna Altaf : Bournemouth University. – 2022. – 127 p. – Режим доступу: <https://eprints.bournemouth.ac.uk/36959/>.
2. Залізничний транспорт. Специфікація та демонстрування надійності, доступності, безпеки та ремонтпридатності (РАМН). Частина 1. Основні вимоги та загальний процес (EN 50126-1:2017, IDT) : ДСТУ EN 50126-1:2019. - [Чинний від 2020-01-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 106 с. – (Нац. стандарт України).
3. Railway Application – Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS) (IDT) : IEK 62278:2002. – [Introduced 2002-09-27]. – Geneva : International Electrotechnical Commission, 2002. – 162 p. – (Міжнародний стандарт).
4. Мойсеєнко В.І. Вплив технічного обслуговування на показники RAMS (Безвідмовність, Готовність, Ремонтпридатність, Безпека) / В.І. Мойсеєнко, А.В. Петренко, Б.В. Чегодаєв // Залізничний транспорт України. – 2015. – № 3. – С. 40-47.
5. Asset management — Overview, principles and terminology : ISO 55000 [Електрон. ресурс]. – Geneva : ISO copyright office, 2014. – 25 p. – (Міжнародний стандарт), – Режим доступу: https://img1.wsimg.com/blobby/go/b653c9ee-535c-4528-a9c5-bb00166ad0dc/downloads/1bsmkus2_894046.pdf (дата звернення 10.02.2022)
6. Федак М. Безпекова стратегія критичної інфраструктури та критичних індустрій [Електрон. ресурс] / М. Федак // Асоціація «Підприємств промислової автоматизації України» : 05.12.2022. – Режим доступу: <https://appau.org.ua/publications/bezpekova-strategiya-krytychnoyi-infrastruktury-ta-krytychnyh-industrij-proyektui-initsiatyvu-appau/>.
7. Гаєвський В.В. Удосконалення методології розробки систем керування рухом поїздів / В.В. Гаєвський // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2022. – № 3(дод.). – С. 22-25.
8. Ризик // Вікіпедія [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA> (дата звернення 5.11.2022).

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Гаєвський Віталій Вікторович,
к.т.н, ТОВ «НВП «Залізничавтоматика»,
Просп. Науки, 36, м. Харків, 61166, Україна.
E-mail: gaevskiyv54@gmail.com.
ORCID ID: 0000-0001-7294-5706.