

УДК 621.3.019.3

Т.З. ФІДАРОВ\*

## КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ВИСОКОЯКІСНИХ, БЕЗПЕЧНИХ І ГАРАНТОЗДАТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАЛІЗНИЧНОЮ МЕРЕЖЕЮ

\*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, м. Київ, Україна

**Анотація.** Встановлені найважливіші проблеми та завдання, пов'язані з об'єктивною необхідністю створення для галузі залізнично-дорожніх (ЗД) перевезень України єдиної системи надання послуг, яка забезпечить високоякісне, якомога безпечне і практично гарантоздатне обслуговування наявних видів вантажних і пасажирських перевезень. Розглянуто три основні класи ЗД перевезень: забезпечення перевезень достатньо надійним і гарантоздатним обслуговуванням технічними засобами; функціонування системи надання послуг за допомогою спеціалізованого програмно-апаратного забезпечення; проведення контролю та коригування процесів надання послуг у періоди їх виконання. Ефективне використання засобів залізнично-транспортної мережі (ЗТМ) України потребує аналізу виникнення можливих ризиків на ЗТМ при здійсненні перевезень та застосування засобів зменшення впливу ризиків у процесах перевезень. Якість управління перевезеннями можна суттєво підвищити за рахунок синтезу зазначених засобів в єдиній системі, а також тому, що в більшості випадків виникнення надзвичайних ситуацій (НС) при перевезеннях така система забезпечить збирання й обробку статистики виникнення НС, дозволить створити класифікацію найнебезпечніших випадків НС у вигляді окремої статистики. Така статистика – основа для предметного й оперативного проведення як аналізу причин виникнення окремих видів НС та аварій при перевезеннях, так і для того, щоб суттєво зменшити ризики їх виникнення та потенційну шкоду від них. Запропонована концепція створення системи, яка дозволить створити гарантоздатну, високоякісну, системно-організовану та практично безпечну систему надання ЗД послуг. Така система буде замало залежною від впливу на неї більшості зовнішніх і внутрішніх небезпек та ризиків, які знижують якість послуг, що надаються. Для зазначених проблем сформульовані та приведені конкретні приклади вирішення вказаних проблем для надання ЗД послуг європейської якості.

**Ключові слова:** система надання послуг, гарантоздатне обслуговування перевезень, єдина система управління ЗД перевезеннями, безпека і якість надання послуг, рухомий склад.

**Abstract.** The paper addresses the most important problems and tasks related to the objective need to create a single service delivery system for the railway industry of Ukraine which will provide high quality, safe and reliable service for the existing types of freight and passenger traffic. There have been considered three main classes of problems connected with rail transportation: maintenance of these processes by reliable and dependable service provided through the use of technical means; functioning of the service delivery system with the help of specialized software and hardware; monitoring and adjusting the processes of providing services during their implementation. Effective use of the means of the Ukrainian railway transport network (RTN) requires an analysis of the possible risks of RT during the transportation and the use of the corresponding means to reduce the impact of risks in the transportation processes. The quality of transportation management can be significantly improved through the synthesis of these tools into a single system. It is necessary because in most cases of emergencies during transportation, such a system will collect and process statistics of emergencies to create a classification of the most dangerous ones in the form of a separate statistics. It, in its turn, will allow to objectively and promptly analyze both the causes of certain types of emergencies and accidents during transportation, and significantly reduce not only the risks of their occurrence, but also the potential damage from them. The article also offers a concept of system creation which allows to create a reliable, high quality, system-organized and practically safe system of RT services. Such a system will be a little bit dependent on the impact of most external and internal hazards and risks what is necessary to improve the quality of the provided services. For these problems there have been formulated and presented some specific examples of their solution that can be used for the provision of European quality services.

## 1. Вступ

Різноманітність проблем, які слід вирішувати в Україні для вдосконалення роботи її залізнично-транспортної мережі (ЗТМ), вимагає створення інтегрованого загально-системного та спеціалізованого комплексу технічних, програмних і організаційних засобів, які нададуть найбільший ефект, якщо їх об'єднати у складі єдиної системи управління залізнично-транспортними перевезеннями (СУЗТП) для державної акціонерної компанії «Укрзалізниця». Такий підхід дозволить не тільки підвищити якість та об'єми перевезень, а й забезпечить практичну гарантоздатність і безпечність функціонування ЗТМ.

Так, стан аварійності на транспорті взагалі, а для залізничного транспорту (ЗТ) особливо в останні роки дуже погіршився [1]. Це характеризується рядом гучних аварій [2–5], що сталися нещодавно. У багатьох випадках таку ситуацію пов'язують із застарілістю рухомого і нерухомого складу ЗТ або використанням техніки, що відпрацювала призначений ресурс [3]. Але існують й інші причини, які в теорії безпеки зв'язують із виникаючими у транспортних процесах ризиками та організаційними причинами [5–9].

Якість управління перевезеннями може бути підвищена не тільки за рахунок синтезу зазначених засобів в єдиній системі, а й за рахунок того, що в більшості випадків виникнення надзвичайних (нештатних) ситуацій (НС) при перевезеннях, які в Україні є досить вірогідними, система СУЗТП забезпечить збирання й обробку статистики виникнення НС, а також допоможе створити класифікацію НС, яка дозволить визначити їх найнебезпечніші види у вигляді окремої статистики. Отримана таким чином статистика – основа не тільки для предметного і оперативного проведення аналізу причин виникнення окремих НС та аварій при перевезеннях, але й для суттєвого зменшення як ризиків їх виникнення, так і потенційної шкоди від них [7, 8].

Однак, найголовнішою проблемою в Укрзалізниці з часів Незалежності була і залишається корупція [9]. Першим фахівцем, який взявся її долати, був Г. Кірпа. Він створив програму проведення системних і організаційних реформ у ЗТМ. Його програма тоді багато в чому «обганяла» свій час, тому вона так і не була реалізована. Але вона була припинена через те, що причини його загибелі так і не були розслідувані до кінця. Минуло 17 років. Та хоча сьогодні корупція на ЗТ трохи зменшилась, але за ці 17 років була реалізована лише незначна частина реформ у ЗТМ.

Нещодавно в Укрзалізниці змінилося вище керівництво. Треба сподіватись, що реалізація згаданих реформ буде доведена до бажаного результату, а ЗТМ України буде модернізована і стане надавати послуги на належному європейському рівні. Отже, зупинимося на проблемах сучасних реформ ЗТМ для досягнення цілей, поставлених у цій роботі.

*Метою статті є представлення можливого варіанта оновлення системи управління галуззю УЗ на основі сучасних ІТ.*

## 2. Основи концепції створення запропонованої системи

Рішення проблеми надання засобами ЗТМ послуг європейського рівня для клієнтів при перевезеннях вантажів і пасажирів із мінімальним збитком від можливих випадків виникнення НС і аварій вимагає створення та використання єдиної системи комп'ютерно-організаційного управління спеціалізованого типу.

Для створення такої системи потрібно об'єднати в єдиному комплексі регламентовані документами і стандартами України технічні засоби виконання перевезень із потрібною надійністю та працездатністю при їх використанні; надійний висококваліфікований

персонал, а також спеціалізовані апаратно-програмні та організаційні засоби підвищення якості надання послуг, яка контролюється, що дозволить оперативно коригувати якість послуг засобами СУЗТП у процесах виконання перевезень вантажів та пасажирів.

Узагальнена структура запропонованої системи представлена на рис. 1. Система включає три основні блоки: технічні засоби рухомого складу (РС), інфраструктурні засоби і споруди для виконання перевезень у ЗТМ із необхідним для цього персоналом і апаратно-програмним забезпеченням, програмно-апаратні та організаційні засоби контролю фактичних технічних станів (ФТС) РС і найважливіших вузлів РС, а також засоби віддаленої взаємодії технічних засобів ЗТМ між собою як при організації перевезень, так і для коригування якості надання послуг щодо перевезення людей і вантажів у процесах функціонування ЗТМ.

Однак виділення цих трьох основних блоків у складі СУЗТП не свідчить про їх автономне (роздільне) функціонування. Вони повинні працювати і взаємодіяти для досягнення єдиної мети – забезпечення в реальному часі (on-line) такого використання засобів СУЗТП, яке дозволить ЗТМ надавати клієнтам європейську якість послуг.

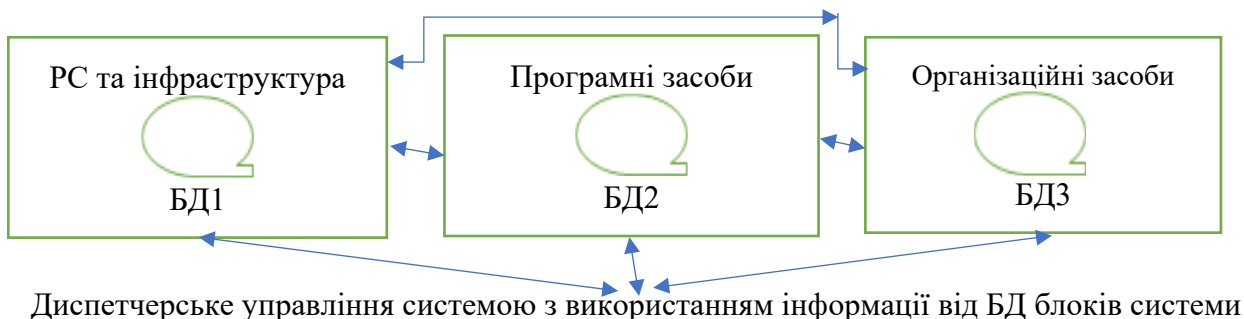


Рисунок 1 – Структурна схема СУЗТП

### 3. Проблеми використання технічних засобів залізничних перевезень

#### 3.1. Засоби та методи діагностики вузлів і агрегатів РС ЗТМ

Умови забезпечення потрібної пропускнуєї спроможності, практично безаварійної та безпечної роботи засобів РС ЗТМ із перевезення вантажів та забезпечення європейських рівнів комфорту і безпеки пасажирів треба створювати ще до початку запланованих рейсів. Підвищенню якості перевезень сприяють засоби реального виміру параметрів і можливостей РС та встановлення реальних ФТС таких засобів, вузлів і агрегатів ЗТМ: рейкових шляхів (РШ), штучних споруд (мостів, тунелів) та складових частин РС (локомотивів, вагонів для перевезень вантажів і людей, найважливіших вузлів РС). При цьому основні параметри, що характеризують ФТС будь-якого вузла ЗТМ, порівнюють із даними у відповідній документації на кожен із цих вузлів.

Використання засобів ЗТМ потребує завчасного статистичного аналізу причин виникнення та проведення розрахунку рівнів можливих ризиків на ЗТ при здійсненні перевезень, що дозволить застосовувати засоби зменшення впливу ризиків у процесах перевезень вантажів та пасажирів. Тому нижче наведемо основні методичні положення як для обліку та реєстрації виникаючих транспортних ризиків, так і для розрахунку деяких із зазначених видів ризиків.

При експлуатації засоби РС зазнають значних статичних і динамічних навантажень, які призводять до виникнення несправностей в окремих вузлах РС (колісних парах, тягових двигунах, рамах вагонних візків, буксових вузлах, ресорах та ін.). Ці несправності посилюють взаємовплив коліс і РШ, а виникаючі при цьому динамічні сили передаються елементам РС, знижуючи їх надійність і безпеку. Вказані несправності збільшують також

вібраційний та шумовий вплив на пасажирів і екіпажі поїздів та ймовірність виникнення НС за рахунок поступового підвищення ризиків експлуатації РС тому, що ЗТМ є об'єктом підвищеної небезпеки (ОПН).

Зниження ризиків можна досягти як при своєчасній, так і завчасній діагностиці та виявленні пошкоджених вузлів РС, а також при використанні технічних засобів для встановлення реального ступеня зносу РШ і штучних споруд, а також при встановленні їх реального ФТС.

Зараз ЗТМ України має значно зношений парк РС. При нормативному терміні експлуатації 25 років його реально експлуатують від 26 до 52 років, тому РШ та багато об'єктів інфраструктури ЗТМ вичерпали регламентований робочий ресурс [1–5]. В умовах, що склалися, фактичний стан РС і результати його ремонту також значно погіршилися, що не дозволяє забезпечити належний рівень безпеки перевезень. Тому треба якомога точніше розраховувати науково-обґрунтовані умови продовження термінів експлуатації наявних РС і РШ та об'єктів інфраструктури на основі сучасних стандартів [2–6].

Керівники залізничних підприємств не завжди отримують потрібну інформацію про реальний ФТС РС та його окремі вузли, що не дозволяє підтримувати належні рівні безпеки перевезень, а також планувати проведення ремонтів у стислі терміни та з мінімальними витратами.

Моніторинг та своєчасна діагностика РС виявляють не тільки ФТС конструкцій локомотивів і вагонів, але й дозволяють розраховувати тривалість та умови їх подальшої експлуатації, а також встановлювати якість проведення їх ремонту.

Звичайно, РС включає вантажні, пасажирські і рефрижераторні вагони та локомотиви. Інформацію по вантажних вагонах отримують тільки після їх прибуття до парків або до пунктів їх підготовки до перевезень, хоча в більшості випадків цю інформацію потрібно було б мати on-line ще до їх прибуття до парків. Для ретельної діагностики РС застосовують зовнішні стаціонарні пристрої, які в автоматичному чи напівавтоматичному режимі контролюють потрібні параметри та видають їх диспетчерській службі (ДС).

У пунктах відправлення РС використовують пересувні діагностичні установки, які виявляють несправності, що знижують безпеку перевезень. Системи обслуговування вантажних вагонів використовують на контрольних пунктах руху, а у ремонтних депо і на заводах їх контролюють на спеціальних стендах із визначенням їх реального ФТС.

Пасажирські та рефрижераторні вагони – більш складні об'єкти контролю. Основний обсяг інформації про їх ФТС надходить від вбудованих технічних засобів контролю (ТЗК). Параметри цих вагонів (температура букс, вібрація, витік струму та ін.) виводяться на пульт безпеки операційного приміщення вагону. Локомотиви оснащують вбудованими ТЗК, які контролюють їх технічні параметри, а за статистичними даними про ФТС вузлів локомотива і при тривалій його експлуатації між ремонтами можна оцінити залишковий ресурс основних механізмів локомотива ще до його капітального ремонту або списання.

Для діагностики ходових частин РС в умовах експлуатації використовують функціональні методи і засоби, які визначають параметри плавності переміщення при динамічному навантаженні на його конструкцію. При цьому основним діагностичним параметром є амплітуда прискорення кузова екіпажу. Плавність ходу локомотивів і вагонів контролюється (контроль 1-го рівня) спеціальним малогабаритним приладом. Під час статичного випробування ходових частин використовують стенди статичного навантаження. Випробувальне навантаження дозволяє перевіряти міцність елементів ходових частин засобами акустичної діагностики і іншими методами дефектоскопії [1–3].

Випробування РС проводять також на вібраційних установках і каткових стендах у ЗТ депо. Стенди дозволяють імітувати рух РС зі швидкостями від 20 до 200 км/год та відтворювати умови, близькі до експлуатаційних [3–5].

Система контролю колісних пар регламентована діючими інструкціями, які визначають не тільки їх візуальний огляд: колісні пари можуть частково або повністю розбирати, робити їх дефектоскопію ультразвуковими і магнітопорошковими методами контролю, а при необхідності відновлювати.

При оцінці експлуатаційної здатності РС використовують автоматизовані системи оцінки ФТС, які дозволяють: виявляти перегрів буксових вузлів (приладами типів ПОНАБ-ПОНАБЗ), виявляти колісні пари з дефектами за допомогою апаратури виявлення дефектів коліс по колу катання типу КРАП, яка застосовує ультрафіолетові камери для виявлення в колісних парах можливості виникнення коронних розрядів та електричної дуги. Для перевірки герметичності вагонів і їх теплоізоляції застосовують тепловізори, а за допомогою системи управління і контролю – прилади перевірки релейного захисту.

Датчики приладу виявлення нагрітих букс ПОНАБ рахують кількість осей вагонів та визначають довжину поїзда. ПОНАБ передає сигнали про стан букс і кількість вагонів до ДС. Якщо при руху поїзда виявляються нагріті букси, тоді реєструється порядковий номер вагона і сторона її розташування, а ДС при цьому генерує звукову та світлову сигналізацію для зупинки поїзда. ПОНАБ звичайно встановлюють на відстані 3–10 км від станції як для обробки сигналів, що надходять, так і для реєстрації й видачі необхідних сигналів у ДС. На ділянках невинного руху поїздів ПОНАБ встановлюють через 40–50 км перед великими спорудами та станціями технічного огляду.

КРАП включає підлогове обладнання, лінії зв'язку і стаціонарні пристрої. Підлогове обладнання має шість акселерометрів по три на кожен рейку, а також чотири датчики для реєстрації проходження коліс по рейках. Акселерометри генерують сигнали віброприскорення рейки, що виникає при дефектах у колесах та в інших елементах ходової частини. Ці сигнали аналізуються, реєструється порядковий номер вагона поїзда та номер ходового візка в вагоні, де виявлені колеса з дефектами, або поверхні коліс з іншими дефектами. ДС станції в цих випадках отримує сигнал тривоги.

Для оцінки поточного стану колісних пар і реєстрації перегріву буксових вузлів поїздів потрібні технічні засоби комплексного контролю стану РС «ДИСК-БКВ-Ц», які виявляють не тільки дефекти поверхонь коліс, але й централізують інформацію про ФТС дефектних вузлів у відповідних БД (у нашій системі у БД1).

Системи ПОНАБ і ДИСК мають засоби дистанційної автодіагностики перегінних вузлів шляху, а також польові камери, які дозволяють оцінити працездатність апаратури з лінійної або центральної ДС та забезпечити технічне обслуговування складових частин РС із урахуванням їх ФТС [3].

### **3.2. Рівні, методи контролю та оцінка вібраційного стану найважливіших агрегатів і вузлів РС**

Рівні контролю і методи оцінки вібраційного стану обладнання РС встановлені ДСТУ 3160 – ДСТУ 3163 та Системою ТОіР Мінпромполітики України [1, 3, 14, 15]:

1-й рівень – визначення загальних параметрів вібрації (віброшвидкості, віброзміщення та віброприскорення) в нормативному частотному діапазоні для виявлення точок контролю з максимальними значеннями параметрів вібрації, які порівнюють із нормативними значеннями;

2-й рівень – визначення параметрів вібрації на заданих смугах частот. Оцінюють зміни рівня вібрації на цих смугах частот із метою інформування ДС про порушення нормального функціонування об'єкта контролю;

3-й рівень – визначення інтенсивності впливу вібрації у вузьких смугах частот, яка порівнюється з базовими значеннями її впливу в наборі масок вузькосмугового спектра, що дозволяє встановити причини зміни вібрації об'єкта контролю;

4-й рівень – визначення інтенсивності основних віброакустичних джерел вібрації, що дозволяє здійснити заходи по досягненню необхідної надійності об'єкта контролю та формуванню його декларації безпеки.

Оцінка вібраційного стану РС у цілому проводиться як за нормативними значеннями вібрації, так і при суттєвій їх зміні на 4–8 дБ.

### 3.3. Методи і засоби підвищення надійності та безпеки рухомого складу

При проведенні контролю та оцінці стану РС треба знати, яке з цих завдань при цьому вирішується [7, 10, 11]:

- 1) контроль параметрів – досягнення окремими параметрами певного значення;
- 2) контроль станів – встановлення фактичних станів (ФТС), в яких знаходяться найважливіші об'єкти ЗТМ (РС і/або його вузли) у даний момент (справному, несправному, вірному або невірному), а також визначення причин виникнення зміни ФТС кожного об'єкта контролю. При цьому визначається, чи досягли контрольовані параметри граничного стану, чи ні. В останньому випадку може з'ясуватись інша причина зміни ФТС, яку ще потрібно визначити;
- 3) прогнозування – передбачення ФТС, в якому може опинитися об'єкт в якийсь майбутній момент часу;
- 4) генез – встановлення ФТС, в яких найчастіше об'єкт знаходився раніше (історія станів об'єкта), що допомагає визначити реальну причину зміни ФТС, не зв'язану із граничним станом об'єкта.

Оцінку ФТС об'єктів ЗТМ на місцях експлуатації роблять за результатами вібраційних випробувань, випробувань на міцність і надійність складових частин ЗТМ. Потрібно періодично складати декларації безпеки знаходження людей в окремих частинах РС, проводити аналіз основних показників експлуатації й надійності найбільш вразливих об'єктів ЗТМ. Для вирішення цих завдань застосовують більш складні методи і технічні засоби, експертні системи та інші засоби тому, що їх вирішення дозволяє організувати ремонт РС та іншого обладнання ЗТМ із урахуванням їх реального ФТС.

Причиною проведення технічного обслуговування об'єктів по ФТС є періодичне або безперервне відстеження ФТС; проведення технічних заходів щодо попередження поломок; оптимізації періодів проведення ремонтів або технічного обслуговування кожного агрегата; визначення вузлів для ремонту та визначення складу необхідних комплектуючих деталей.

На ремонтному підприємстві ЗТ може також функціонувати система промислової безпеки об'єктів контролю, поєднана з іншими його системами (контролю якості й надійності об'єктів, технічного обслуговування й ремонту обладнання та ін.).

Ця система включає такі документи та засоби [16, 17]:

- 1) вимоги до всіх об'єктів контролю (номенклатура, норми, методи і періодичність контролю, критерії відмови і/або переходу РС і/або його вузлів до одного із граничних станів, перелік потенційних небезпек, які можна очікувати від об'єктів контролю, а також засоби і методи захисту людей від небезпек;
- 2) методики (процедури, інструкції, правила, пам'ятки та ін.) по збору, зберіганню та оцінці стану об'єктів контролю; методики визначення і контролю показників надійності машин і обладнання (обстеження РС і вузлів устаткування на основі результатів оцінки, діагностики і прогнозування ФТС їх складових частин та ін.);
- 3) алгоритми і програмні засоби реєстрації відмов та фіксації засобами комп'ютерної системи (КС) показників об'єкта у граничних станах; створення і розвиток систем моніторингу та діагностики обладнання РС; оцінки ФТС вузлів устаткування; проведення обстежень обладнання на будь-якому з етапів його життєвого циклу;
- 4) програмне забезпечення експрес-аналізу і оцінки ФТС об'єктів, яке може включати експертну систему моніторингу за їх станом, засоби оцінки параметрів ФТС та

діагностики РС і обладнання, проведення аналізу отриманих результатів вібраційних досліджень об'єктів технічними засобами системи вібраційного моніторингу та діагностики за допомогою спеціалізованих засобів вимірювання їх рівня та моделювання як впливу вібрації на надійність РС, так й на безпеку процесів перевезень;

5) технічні засоби контролю міцності відповідальних деталей та вузлів неруйнівними методами (магнітопорошковим, магнітним, ультразвуковим, рентгенівським та ін.);

6) технічні засоби контролю герметичності та теплоізоляції вагонів, контролю стану їх механічних систем і електроустаткування з урахуванням зміни їх температури – тепловізори; засоби виявлення корони і/або електричної дуги в колісних парах у денний та нічний час – ультрафіолетові камери, засоби контролю праці систем контролю і управління, прилади перевірки релейного захисту та ін.

Для безпечної експлуатації РС і підвищення його експлуатаційних показників, а також для зниження ризиків доведення його експлуатації до непрацездатного рівня необхідно [17]:

1) періодично проводити оцінку ФТС складових частин РС для встановлення необхідності їх попереджувального ремонту;

2) формувати дані по декларації безпеки РС (по найважливіших небезпеках обладнання та результатах роботи ремонтних виробництв);

3) створювати потрібні й регламентовані умови і засоби протидії збільшенню ризиків виникнення небезпек та розвитку аварійних ситуацій і аварій.

Це може бути зроблено на основі нової інформаційної технології безпеки (ІТБ), яка коротко описана нижче. При оцінці віброшумового впливу на пасажирів та екіпаж РС використовують стандарти України серії ДСТУ ISO 2131 – ДСТУ ISO 2133.

### **3.4. Короткий опис інформаційної технології безпеки, проведення розрахунку, реєстрації й оцінки впливу ризиків, що виникають у ЗТ перевезеннях**

Одним із головних параметрів оцінки ФТС є аналіз ризиків виникнення несправностей та/або ризиків виникнення НС у процесах перевезень. Це ї є ознакою переходу на сучасні методи управління безпекою, які відображено у галузевому навчальному посібнику [17] для транспортної галузі. Під ризиком на залізничному транспорті мається на увазі ймовірність виникнення втрат та збитків у процесі здійснення перевезень шляхами сполучення. Ризики на залізничному транспорті відрізняються складністю та різноманітністю [2–4, 17], тому їх реєструють та класифікують за окремими ознаками [17], найважливішими з яких є:

- об'єкт прояву;
- джерела виникнення;
- етапи транспортування;
- різновиди перевезень;
- наявні можливості впливати на ризики;
- час виникнення ризиків;
- оцінка розміру збитків та ін.

Найбільш повно основні положення сучасної теорії ризик-орієнтованого підходу (РОП), які потрібно використовувати у розрахунках та при проведенні оцінки впливу ризиків у небезпечних (транспортних) процесах, викладені в роботах [6–10, 17]. Відомо, що теорія РОП з'явилася як нова парадигма управління безпекою з розвитком обчислювальної техніки та створення нових методів аналізу наприкінці минулого століття. Вона забезпечує можливість попередження (запобігання) нещасних випадків та аварій на основі глибокого попереднього системного аналізу виробництва з метою визначення існуючих ризиків (загроз) та способів їх запобігання. Парадигма РОП визначає методи та засоби управління безпекою на основі моделювання ризиків та ринкових принципів їх декларування, а також страхування, відповідно до сучасного розвитку конкретного суспільства, стану його

економічного, соціального і технічного розвитку та інформаційних технологій. У роботі [6] розроблено структуру формування методик інформаційного аналізу безпеки (ІАБ) та основних її складових частин на рівні об'єктів, галузі та держави у цілому, що відповідає сучасній світовій практиці. На жаль, ці методи поки не знаходять попиту у сучасній практиці управління ЗТ в Україні, що і є причиною низької ефективності управління ЗТ.

Основним методом РОП [12, 13, 17–19] є оцінка величини ризику  $R$  на об'єктовому, регіональному та державному рівнях, який залежить від імовірності виникнення на кожному із вказаних рівнів небажаних подій та їх можливих наслідків. Задачею досліджень у РОП стає моделювання небезпечних процесів, загроз та ймовірності виникнення випадків НС методами ІАБ. Так, математична задача ІАБ на об'єктовому рівні вирішується через визначення величини ймовірності аварії  $P_i$  на  $i$ -му небезпечному об'єкті на основі вхідних даних у вигляді множини значень величини параметра інтенсивності відмов  $\lambda$  елементів та/або систем об'єкта та/чи множини значень величини параметра інтенсивності відмов на вимогу  $p$  елементів та систем об'єкта,  $P_i = f(i, p)$ . При цьому персонал розглядається як складовий елемент системи безпеки об'єкта.

Визначимо такі переваги парадигми РОП:

- аналізується робота всіх систем об'єкта;
- визначаються найбільш важливі для безпеки системи обладнання та дії оператора, важливі для безпеки, й надає можливість визначити необхідну кваліфікацію персоналу за безпекою;
- є можливість розробки заходів запобігання НС та управління ризиком;
- оптимізується період перевірок системи контролюючими органами;
- визначається поточне значення ризику  $\bar{R}$ , що надає можливість встановлення порядку як першочергових заходів уникнення збитків, так і порівняння за параметром ризику всіх складових систем об'єкта (галузі);
- можливе впровадження ІТБ, що підсилює ефективність управління.

У цілому застосування парадигми РОП дозволяє підвищувати безпеку та гарантоздатність перевезень вантажів та пасажирів.

#### 4. Програмне забезпечення системи

Головне призначення спеціалізованого програмного забезпечення (СПЗ) СУЗДП – збір, розподіл і аналіз, що отримується, та вимірювана інформація для її розміщення в одній із трьох БД СУЗДП. СПЗ системи повинно мати функції аналізу і оперативного управління інформацією, що вибирається з конкретної БД (БД1 – БД3) як з метою оцінки поточного стану ЗД перевезень, так і для оцінки якості, безпеки та гарантоздатності системи ЗД перевезень у цілому.

По суті, СПЗ повинен бути окремим пакетом прикладних програм (ППП), що працює під управлінням операційної системи (ОС) Windows. Тому цей ППП здатен використовувати будь-які з необхідних для нього функцій ОС.

Під гарантоздатними перевезеннями слід розуміти таку якість та рівень безпеки перевезень вантажів і людей, що дозволяє виконати практично будь-яку послугу з перевезенням якісно та в належний строк або, використовуючи класичне визначення гарантоздатності, виконувати завдання щодо перевезення (сервісу), результату виконання яких слід виправданно довіряти. Таке визначення потребує, щоб блок забезпечення гарантоздатності перевезень (блок 3 на рис. 1) забезпечував СУЗДП контрольною інформацією щодо якості, своєчасності виконання та відсутності і/або при наявності виникнення випадків НС щодо виконання вказаних сервісних процедур.

Отже, отримання такої інформації багато в чому аналогічне отриманню інформації про ФТС технічних засобів ЗД транспорту, тому і алгоритми обробки інформації щодо



гарантоздатності перевезень аналогічні алгоритмам обробки інформації про ФТС технічних засобів ЗД транспорту.

Також зазначимо, що і КС СУЗДП повинна бути гарантоздатною, оскільки мова практично йде про потрібну безвідмовність її функціонування при виконанні засобами ЗД транспорту важливих і складних послуг по перевезенню вантажів й/або пасажирів.

## **5. Контроль якості надання послуг**

Контроль якості надання послуг у СУЗДП реалізується апаратно-програмно та організаційно: встановлюється система спеціалізованих датчиків, від яких надходить інформація як про відсутність та/або наявність виникнення НС при виконанні послуг по перевезенням, а також про наявність і/або відсутність претензій щодо виконання послуг.

Більшість значень показників, що характеризують потрібну у конкретному рейсі якість та об'єми виконання послуг по перевезенням, повинні заноситися в БДЗ ще до виконання замовлених послуг, а у процесі їх виконання інформацію з БДЗ треба зіставляти з даними, які надає ДС в режимі on-line про наявність і/або відсутність відхилень від якісних показників перевезень (у БДЗ).

Таким чином, блок 3 системи СУЗДП обслуговує систему на шляхах сполучення, контролюючи безпеку, гарантоздатність і якість виконання ЗД послуг. Причому при істотних відхиленнях від регламентованих показників та/або строків виконання послуг цей блок СУЗДП повинен мати можливість подавати у ДС як попереджувальні сигнали, так і у надзвичайних ситуаціях сигнали для зупинки руху РС, якщо має місце особлива загроза як якості виконання замовлених послуг, так і існує наявність значних відхилень від нормального процесу обслуговування (випадки НС, крадіжки, значні збої, відмови устаткування та ін.).

На жаль, нам не вдалось більш докладно проаналізувати вплив організаційного блоку на безпеку та гарантоздатність перевезень за допомогою ЗТ, але це може бути справою окремої розмови в інших роботах.

## **6. Висновки**

Запропоновані основи концепції створення гарантоздатної та більш безпечної системи управління перевезенням вантажів та пасажирів по ЗТМ України. В рамках концепції створення СУЗДП інтегруються системи поточного контролю параметрів та фактичних станів технічних засобів, реєструються параметри безпеки, гарантоздатності та по якості виконання вказаних послуг. Створення та функціонування системи СУЗДП дозволить досягти європейського рівня виконання ЗТ послуг, хоча це й багато в чому поки що буде залежати від застарілого, але й частково відновлюваного устаткування.

У цих умовах головним науково-технічним завданням для Укрзалізниці стає впровадження сучасних інформаційних технологій підрахунку остаточного ресурсу кожної одиниці застарілого устаткування та розробка на основі інформаційного аналізу безпеки заходів для зниження ризиків та зменшення збитків при можливому виникненні надзвичайних ситуацій.

У цілому, в Інституті математичних машин і систем (ІММС) ведеться чимало робіт щодо вдосконалення засобів та функціонування ЗТМ України, в тому числі по підвищенню безпеки перевезень, безпеки руху автотранспорту та людей на залізничному транспорті за рахунок підвищення інформованості учасників руху про ситуацію на ЗТ (інформаційний підхід). Основною перевагою такого підходу є впровадження контрольно-інформаційних систем (КІС), які значно дешевші, ніж традиційні інфраструктурні об'єкти (шляхопроводи, автоматичні переїзди, пішохідні переходи через колії та ін.), є автономними й не вимагають

схемної ув'язки з діючими системами залізничної автоматики (СЗА), пов'язаних із підвищенням безпеки руху потягів. До такого класу систем відносяться КІС серії «Благовіст», які розроблено у різні роки в ІПММС НАН України [20] і можуть встановлюватися окремо від СЗА. Розроблені КІС дозволяють підвищити безпеку не тільки у процесах перевезень потягами, а й безпеку автотранспорту та людей, які можуть перетинати рейкові шляхи ЗТМ України.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Стан аварійності на транспорті за 2018–2019 рр. URL: <https://mtu.gov.ua/files/bezpeka/>.
2. Дослідження несучих конструкцій тепловозів ЧМЕЗ та визначення залишкового ресурсу на подовження строку служби понад 50 років»: звіт про науково-дослідну роботу. Київ: Публічне акціонерне товариство «Українська Залізниця», НДІЗТ, 2018.
3. В Укрзалізниці з'ясували, чому поїзд «Київ-Запоріжжя» зійшов із рейок. URL: <https://suspilne.media/122974-v-ukrзалізници-zasuvali-comu-poizd-kiiv-zaporizza-zijsov-z-rejok/>.
4. Моніторинг довкілля у місці техногенної аварії біля смт. Ожидів: заключний звіт зі здійснення інфрачервоного сканування поверхні в місці аварії на виконання природоохоронного заходу. 2-ге вид. Львів – Київ: НВО «Екологічні технології та нормативи» НАН та МНС України, 2008. 47 с.
5. Державна програма підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 25.04.2018 № 435.
6. Бегун В.В. Методологічні основи інформаційної технології управління безпекою на основі ризикорієнтованого підходу: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06. Київ, 2020. 553 с.
7. Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру: розпорядження Кабінету Міністрів України від 22.01.2014 № 37-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-%D1%80#Text>.
8. Гречанинов В.Ф., Бегун В.В., Литвинов В.В. Анализ влияния организационных факторов на безопасность. *Управляющие системы и машины*. 2014. № 1. С. 83–92.
9. Что мешает НАБУ расследовать коррупцию в «Укрзалізнице». URL: <https://money.comments.ua/news/economy/chto-meshaet-nabu-rassledovat-korrupciyu-v-ukrзалізнице-rasskazali-v-vsk-677654.html/>.
10. ГОСТ Р ИСО 22400-2-2019 Системы промышленной автоматизации и интеграции. Ключевые технико-экономические показатели (KPIs) для управления производственными операциями. Ч. 2: Определения и описания. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200167824>.
11. Державний стандарт України ДСТУ 8647. Надійність техніки. Оцінювання і прогнозування надійності за результатами випробувань та/або експлуатації в умовах малої кількості відмов. Київ: Видавництво Держстандарту України, 2017. 23 с.
12. Федухін О.В. Експертна оцінка рівня гарантоздатності комп'ютерних систем. *Математичні машини і системи*. 2019. № 2. С. 131–147.
13. Федухин А.В., Ярошенко В.Н., Сухомлин А.И., Сеспедес Гарсия Н.В., Муха Ар.А. К вопросу о сравнительной оценке гарантоспособных систем. *Математичні машини і системи*. 2014. № 1. С. 185–194.
14. ДСТУ 3160-95. Компресорне обладнання. Визначення вібраційних характеристик. Загальні вимоги. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=50214](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50214).
15. ДСТУ 3163-95. Компресорне обладнання. Вібраційні характеристики і захист від вібрації. Правила викладення та оформлення. URL: <http://www.fort.kharkiv.com/descr.php?id=67083>.
16. Стеценко А.А., Родельс Б.М., Залога В.О., Здельнік З.А. Стандартизація у сфері вібрації, контролю технічного стану, діагностики та прогнозування ресурсу промислових машин. *Вісник СумДУ*. 2005. № 1 (73). С. 113–118.
17. Ткаченко І.О. Ризики у транспортних процесах: навч. посіб. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. 114 с.
18. Кропотов П.П., Бегун В.В., Бегун С.В. Міжнародний підхід до управління безпекою та європейська інформаційно-моніторингова система Sorapnicus. *Математичні машини і системи*. 2019. № 1. С. 164–178.

19. Бегун В.В., Бегун С.В. Одиниці виміру ризику за теорією ризик-орієнтованого підходу. *Математичні машини і системи*. 2019. № 1. С. 191–202.
20. Муха Ар.А., Федухин О.В. Радіомікропроцесорна технологія забезпечення безпеки на залізничному транспорті. *Математичні машини і системи*. 2021. № 1. С. 126–134.

*Стаття надійшла до редакції 15.07.2021*