

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Будівництво, архітектура та інфраструктура»  
(назва факультету)

«Транспортна інфраструктура»  
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи  
ОС «магістр»  
(ступінь вищої освіти)

на тему: Організація моніторингу стану рухомого складу згідно вимог ТСІ при здійсненні пасажирських перевезень за освітньою програмою «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

зі спеціальності: 273 Залізничний транспорт  
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: ІН2226

(підпис студента) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

/ Сергій ТОКАРСЬКИЙ /

Керівник:

(підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

/ Олег ВОЗНЯК /

Нормоконтролер:

(підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

/ зав. каф. Олексій ТЮТЬКІН /

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Дніпро – 2024 рік

**Ministry of Education and Science of Ukraine**  
**Ukrainian State University of Science and Technologies**

Building, architecture and infrastructure

(faculty)

Transport infrastructure

(department)

**Explanatory Note**  
**to Master's Thesis**  
**Master**  
(higher education degree)

on the topic: Organizing monitoring of the rolling stock condition in accordance with the TSI requirements during passenger transportation according to educational curriculum Interoperability and safety in railway transport in the Specialization: 273 Railway Transport

(Specialization and its code)

Done by the student of the group: IH2226

(name, surname)

/ Serhii TOKARSKII /

Scientific Supervisor:

(position, name, surname)

/ Oleh VOZNYAK /

Normative controller:

(position, name, surname)

/ Head of Dept. Oleksii TIUTKIN /

Dnipro – 2024

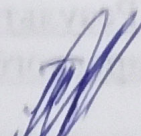
б. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

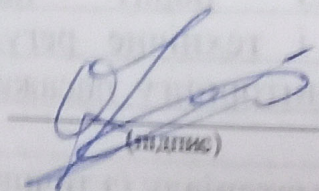
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Розділ 1. Аналіз парку пасажирських вагонів. Розділ 2. Інтероперабельність і технічне регулювання на залізничному транспорті.	30.10.2023- 19.11.2023	
2	Розділ 3. Системи моніторингу пасажирського вагона.	20.11.2023- 17.12.2023	
3	Розділ 4. Економічний аналіз. Висновки. Оформлення ВКР.	18.12.2023- 07.01.2024	
4	Перевірка роботи на наявність збігів текстових (літерних і цифрових) символів та графічних фрагментів. Отримання відгуку.	08.01.2024- 14.01.2024	
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.2024	
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	Згідно з планом ЕК	

Студент

  
(підпис)

Сергій ТОКАРСЬКИЙ  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

  
(підпис)

Олег ВОЗНЯК  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

**Факультет «Будівництво, архітектура та інфраструктура»**  
(назва факультету)

**«Транспортна інфраструктура»**  
(повна назва кафедри)

**Пояснювальна записка**  
до кваліфікаційної роботи  
**ОС «магістр»**  
(ступінь вищої освіти)

на тему: Організація моніторингу стану рухомого складу згідно вимог ТСІ при здійсненні пасажирських перевезень за освітньою програмою «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті» зі спеціальності: 273 Залізничний транспорт  
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: ІН2226

\_\_\_\_\_ (підпис студента)(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ / Сергій ТОКАРСЬКИЙ /

**Керівник:**

\_\_\_\_\_ (підпис)(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ / Олег ВОЗНЯК /

**Нормоконтролер:**

\_\_\_\_\_ (підпис)(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ / зав. каф. Олексій ТЮТЬКІН /

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (підпис)

Дніпро – 2024 рік

**Ministry of Education and Science of Ukraine  
Ukrainian State University of Science and Technologies**

**Building, architecture and infrastructure**  
(faculty)

---

**Transport infrastructure**  
(department)

---

**Explanatory Note  
to Master's Thesis  
Master  
(higher education degree)**

on the topic: Organizing monitoring of the rolling stock condition in accordance with the TSI requirements during passenger transportation according to educational curriculum Interoperability and safety in railway transport in the Specialization: 273 Railway Transport  
(Specialization and its code )

Done by the student of the group: IH2226 / Serhii TOKARSKII /  
(name, surname)

Scientific Supervisor: / Oleh VOZNYAK /  
(position, name, surname)

Normative controller: / Head of Dept. Oleksii TIUTKIN /  
(position, name, surname)

Dnipro – 2024

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

Факультет: «Будівництво, архітектура та інфраструктура»

Кафедра: «Транспортна інфраструктура»

Рівень вищої освіти: «Магістр»

Освітня програма: «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

Спеціальність: 273 «Залізничний транспорт»

(шифр та назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

«Транспортна інфраструктура»

Олексій ТЮТЬКІН

(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Дата

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу

(ступінь вищої освіти)

ОС «магістр»

студенту Токарському Сергію Олеговичу

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: «Організація моніторингу стану рухомого складу згідно вимог ТСІ при здійсненні пасажирських перевезень»

Керівник роботи: Возняк Олег Михайлович, к.т.н., доцент

(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом від «28» квітня 2023 р. № 360ст

2. Строк подання студентом роботи: «15» січня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Результати аналізу українських та європейських рішень моніторингу стану пасажирського рухомого складу та дані, що отримані під час пошуку в Internet.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

Вступ; Розділ 1. Аналіз парку пасажирських вагонів; Розділ 2. Інтероперабельність і технічне регулювання на залізничному транспорті; Розділ 3. Системи моніторингу пасажирського вагона; Розділ 4. Економічний аналіз; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Презентація за матеріалами досліджень, викладених в магістерській роботі (PowerPoint, 10...12 слайдів).

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Аналіз парку пасажирських вагонів. Розділ 2. Інтегрованість і технічне регулювання на залізничному транспорті.	30.10.2023- 19.11.2023	
2	Розділ 3. Системи моніторингу пасажирського вагона.	20.11.2023- 17.12.2023	
3	Розділ 4. Економічний аналіз. Висновки. Оформлення ВКР.	18.12.2023- 07.01.2024	
4	Перевірка роботи на наявність збігів текстових (літерних і цифрових) символів та графічних фрагментів. Отримання відгуку.	08.01.2024- 14.01.2024	
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.2024	
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	Згідно з планом ЕК	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Сергій ТОКАРСЬКИЙ

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Олег ВОЗНЯК

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

101 стор., 47 рис., 10 табл., 31 літературне джерело.

Об'єкт дослідження – пасажирський рухомий склад.

Предмет дослідження – система контролю за безпекою пасажирського поїзда.

Мета роботи – визначення напрямку оновлення пасажирського рухомого складу на основі підвищення безпеки пасажирських перевезень шляхом організації моніторингу стану рухомого складу відповідно до вимог інтероперабельності.

Методи дослідження – аналіз та синтез інформації, емпіричний метод, метод обчислювальних експериментів, метод чисельного моделювання, метод графічного моделювання.

У роботі було порушено такі проблемні питання як: причини зменшення парку експлуатаційного рухомого складу, який задіяний у перевезенні пасажирів; оновлення пасажирського рухомого складу на базі підвищення безпеки пасажирських перевезень шляхом організації моніторингу стану рухомого складу відповідно до вимог інтероперабельності; можливий економічний ефект від запровадження нового технічного обладнання та нових методів обслуговування складів.

Для досягнення зазначених цілей було проаналізовано наукові роботи у напрямі систем контролю безпеки як вагона, так і складу в цілому. Також відпрацьовано дані балансових комісій, штатні розклади, калькуляції філії «Пасажирська компанія» АТ «Укрзалізниця».

Ключові слова: МІЖНАРОДНІ ПАСАЖИРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ; СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАСАЖИРСЬКОГО РУХОМОГО СКЛАДУ; ПАРК ПАСАЖИРСЬКОГО РУХОМОГО СКЛАДУ; ОНОВЛЕННЯ ПАРКУ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ; ШИНА MVB; ШИНА WTB

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА СЛОВНИК ТЕХНІЧНИХ ТЕРМІНІВ

ATC	Automatic Train Control
ATO	Automatic Train Operation
ATP	Automatic Train Protection
AVI	Automatic Vehicle Identification
AWS	Automatic Warning System
BTM	Balise Transmission Module
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardisation (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique)
EMC (EMC)	Electromagnetic Compatibility (Електромагнітна сумісність)
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ETCS	European Train Control System (Європейська система управління рухом поїздів)
EU (ЄС)	European Union (Союз Європейських держав)
EVC	European Vital Комп'ютер
FFFIS	Form-Fit Functional Interface Specification
FIS	Functional Interface Specification
GSM	Global System for Mobile Communications
GSM-R	Global System for Mobile Communications - Railways
ISO	International Standardisation Organisation
LEU	Line side Electronic Unit
MMI	Man Machine Interface
MORANE	Mobile Radio for Railway Networks in Європа
MVB	Вагонна шина
RAM(S)	Reliability, Availability, Maintainability, (Safety)
RBC (РБЦ)	Radio Block Centre (Центр радіоблокування)
SRS	System Requirements Specification
STM	Specific Transmission Module
TC	Track Circuit
TCCS	Train Control Command System

UIC (МСЗ)	Union International des Chemins de Fer (Міжнародний союз залізниць)
WTB	Провідна поїздна шина
АРМ	Автоматизоване робоче місце
АСК ВП УЗ	Автоматизована система управління перевезеннями Укрзалізниці,
АСОУП	Автоматизована система оперативного управління перевезеннями
АСУ ЄРПВ	Автоматизована система управління парком вагонів
АСУЗТ	Автоматизована система управління залізничним транспортом
АТ	Акціонерне товариство
БКС	Блок контролю та сполучення
ВЧ	Вагонне підприємство
ВЧД	Вагоноремонтне підприємство
ДР	Деповський ремонт
ЄС	Європейський Союз
ЗАК	Вагон для перевезення ув'язнених
ІОЦ	Інформаційно - обчислювальний центр
КР	Капітальний ремонт
ЛНП	Начальник пасажирського поїзда
ПК	Пасажирська компанія
КЕБ	Колійний електронний блок
ПЕМ	Поїздний електромеханік
СМППС	Системи моніторингу пасажирського рухомого складу
СЦБ	Системи сигналізації, централізації, блокування
ТО	Технічний огляд
ФОП	Фонд оплати праці
ЦРБ	Центр радіоблокування
ШР САУКД ПВ	Шафа розподільної системи автоматизованого управління,

контролю та діагностики електрообладнання пасажирського вагона

ШР УДК

Шафа розподільча для управління та діагностичного контролю вузлів вагона-автомобілевоза

ЕЦ

Електрична централізація

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА СЛОВНИК ТЕХНІЧНИХ ТЕРМІНІВ .....</b>	<b>6</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>11</b>
<b>1 АНАЛІЗ ПАРКУ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 АНАЛІЗ СТАНУ ПАРКУ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 АНАЛІЗ НЕОБХІДНОГО ОНОВЛЕННЯ ПАРКУ .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 АНАЛІЗ ОНОВЛЕННЯ ПАРКУ ЗА РАХУНОК ПРОВЕДЕННЯ РЕМОНТІВ.....</b>	<b>17</b>
<b>2 ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНІСТЬ І ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1 АНАЛІЗ НАУКОВИХ ПРАЦЬ, ПРИСВЯЧЕНИХ СИСТЕМАМ МОНІТОРИНГУ     ПАСАЖИРСЬКОГО РУХОМОГО СКЛАДУ .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 ПРИЧИНИ ПОЯВИ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3 СУМІСНІСТЬ СИСТЕМ ТА ТЕХНІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ .....</b>	<b>30</b>
<b>2.4 НОРМИ БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ЄС ТА ІНШИХ КРАЇН СВІТУ .....</b>	<b>31</b>
<b>2.5 ВИМОГИ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ ЗГІДНО З     БЕЗПЕКОЮ ТА ЕКОЛОГІЄЮ ПАСАЖИРСЬКОГО РУХОМОГО СКЛАДУ .....</b>	<b>37</b>
<b>2.6 ЄВРОПЕЙСЬКА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РУХОМ ПОЇЗДІВ.....</b>	<b>44</b>
<b>2.7 ПРИНЦИП ДІЇ ETCS.....</b>	<b>46</b>
<b>2.8 КОМПОНЕНТИ ETCS.....</b>	<b>46</b>
<b>2.9 РІВНІ ETCS.....</b>	<b>51</b>
<b>3 СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА.....</b>	<b>55</b>
<b>3.1 СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУЧАСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ .....</b>	<b>55</b>
<b>3.2 ШИНИ WTB ТА MVB.....</b>	<b>59</b>
<b>3.3 АНАЛІЗ ІНФРАСТРУКТУРИ ПОЇЗДА .....</b>	<b>62</b>
<b>3.4 ПОЇЗДНА АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА.....</b>	<b>65</b>

<b>4 ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ .....</b>	<b>85</b>
<b>4.1 АНАЛІЗ ЧИСЕЛЬНОСТІ ПОЇЗНОГО ШТАТУ.....</b>	<b>85</b>
<b>4.2 АНАЛІЗ ЗМІНИ ПОЇЗНОГО ШТАТУ ПІД ЧАС ВПРОВАДЖЕННЯ МОНІТОРИНГУ.....</b>	<b>86</b>
<b>4.3 АНАЛІЗ ЗМІНИ СТРУКТУРИ ПІДПРИЄМСТВ .....</b>	<b>92</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>96</b>
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>97</b>
<b>ДОДАТКИ .....</b>	<b>101</b>

## ВСТУП

*Метою роботи є визначення напрямку оновлення пасажирського рухомого складу на основі підвищення безпеки пасажирських перевезень шляхом організації моніторингу стану рухомого складу відповідно до вимог інтеперабельності.*

Розробка системи моніторингу стану рухомого складу відповідно до Технічних Специфікацій Європейського Союзу (ТСІ) для забезпечення пасажирських перевезень представляє велике значення для забезпечення безпеки, ефективності та надійності транспортних систем. Технічні Специфікації Європейського Союзу (ТСІ) визначають обов'язкові вимоги та стандарти, яким рухомий склад повинен відповідати для забезпечення безпеки пасажирів, ефективного функціонування системи та забезпечення взаємодії між різними видами транспорту.

Створення такої системи моніторингу не лише сприяє покращенню безпеки пасажирів, але й впливає на ефективність та рівень сервісу, який надається перевізниками. Це дозволяє забезпечити пасажирів якісними та безпечними перевезеннями, а також допомагає знижувати витрати на технічне обслуговування через своєчасне виявлення проблем та їх вчасне вирішення.

Інтеграція України у європейські системи є важливим кроком у розвитку та модернізації транспортної галузі країни. Приєднання до стандартів та вимог Європейського Союзу (ЄС) у сфері пасажирських перевезень, зокрема до Технічних Специфікацій Європейського Союзу (ТСІ), відкриває нові можливості для розвитку та удосконалення транспортних систем України.

Інтеграція українських транспортних систем у європейські структури також створює умови для спільних проектів та програм з країнами Європейського Союзу. Це відкриває можливості для обміну найкращими практиками, передовими технологіями та інноваціями у сфері перевезень і не тільки залізничним транспортом.

У зв'язку з цим важливо звернути увагу на потребу у систематичному апгрейді та реформуванні внутрішнього транспортного сектору України (Нова

редакція Закону України «Про залізничний транспорт» до цих пір не прийнята), адаптацію його до європейських стандартів, у тому числі стосовно безпеки, якості обслуговування, технічного стану рухомого складу та інфраструктури. Це сприятиме не лише підвищенню рівня послуг для внутрішніх користувачів, а й покращенню міжнародного співробітництва та взаємодії з партнерами з Європейського Союзу.

Для досягнення зазначеної мети необхідно проаналізувати стан парку пасажирських вагонів у господарстві, наукові роботи у напрямі систем контролю безпеки як вагона, так і складу в цілому, а також провести економічний аналіз впровадження нових технологій та форм обслуговування на пасажирських перевезеннях.

*Об'єктом дослідження у цій роботі є пасажирський рухомий склад.*

*Предметом дослідження є система контролю за безпекою пасажирського поїзда.*

# 1 АНАЛІЗ ПАРКУ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

## 1.1 Аналіз стану парку пасажирських вагонів

Починаючи з 1991 року, в Україні неухильно зменшується експлуатаційний парк рухомого складу, який задіяний у перевезенні пасажирів. Цей процес виник не випадково і в цьому розділі намагатимемося визначити основні напрямки зміни кількості пасажирських вагонів підприємств філії «Пасажирська компанія» АТ «Укрзалізниця» шляхом аналізу рухомого складу.

Основними причинами можна назвати закінчення експлуатаційного терміну вагонів, а також мінімальне поповнення парків новими вагонами або відсутність такого взагалі.

Аналізуючи дані бухгалтерського обліку підприємств пасажирського господарства протягом 20 років (2000 – 2019рр), і систематизуючи їх можна говорити про те, що дійсно відбувається зменшення парку вагонів. Зокрема, станом на 2000 рік парк пасажирських вагонів становив 8602 вагони, а на 2019 рік уже 4220 вагонів, що становить лише 49% парку вагонів у 2000 році.

Зміну парку пасажирських вагонів за зазначені двадцять років наведено на рис. 1 (за даними програмного забезпечення АСУ ЄРПВ філії "Пасажирська компанія АТ "Укрзалізниця").

Аналіз даних, наведених на рисунку, показує, що станом на літо 2019 року експлуатаційний парк пасажирських вагонів становив 4216 вагонів. Це 133 вагони допоміжних перевезень (вагони ЗАК, службово-технічні, салони, автомобілевози, гаражі) та 4083 вагонів основних перевезень:

### 2564 робочий парк:

- 2067 у поїздах;
- 115 під формуванням у поїзди;
- 133 у технологічному резерві;
- 203 у відстої;
- 46 під спеціальне формування.

### 1652 не робочий парк:

- 95 у деповському ремонті та на заводах;

- 153 у пересиланні в/з депо/заводів;
- 34 очікують огляду;
- 688 очікують винятку;
- 44 під житлом;
- 1 в оренді;
- 637 в очікуванні ремонту (КВР, КР-2, КР-1, ДР, ТО-3, поточного ремонту).

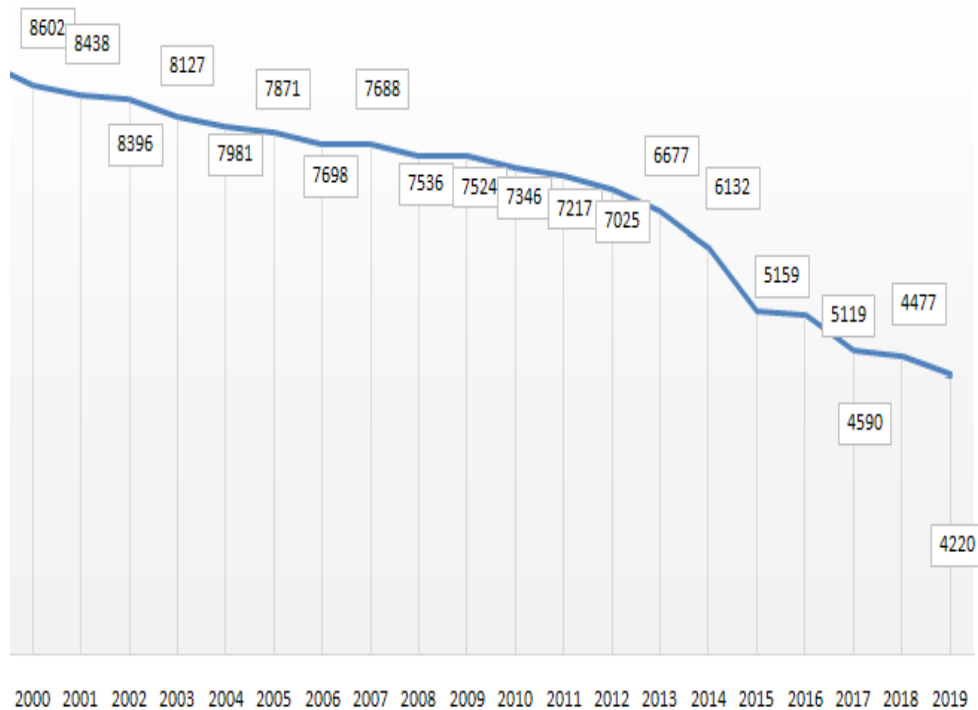


Рисунок 1 – Динаміка зміни парку пасажирських вагонів УЗ

Аналізуючи цю інформацію можна говорити, що відбувалося розділення робочого та не робочого парків. Таким чином, у дійсній експлуатації станом на 2019 рік знаходилося лише 2564 вагони, це лише 61% від загального парку, а у пересиланнях, ремонтах тощо, знаходилося 1652 вагони, це 39% парку.

Ситуація суттєво погіршилася із початком агресії російської федерації, коли усі наявні вагони парку почали використовуватись для масової евакуації людей із місцевостей де проводилися бойові дії. Внаслідок обстрілів значна частина парку пасажирських вагонів зазнала пошкоджень, а то й стала повністю непридатна для експлуатації.

На рис. 2 наведено кількість існуючого парку пасажирських вагонів станом на травень місяць 2019 року. З нього видно, що основний парк вагонів згрупований у центральних містах України: Київ, Одеса, Львів, Дніпро, Харків – 2358 вагонів або 56% від загального парку. Виходячи із зазначеного, можна стверджувати, що ці міста потребують певного професійного рівня працівників.

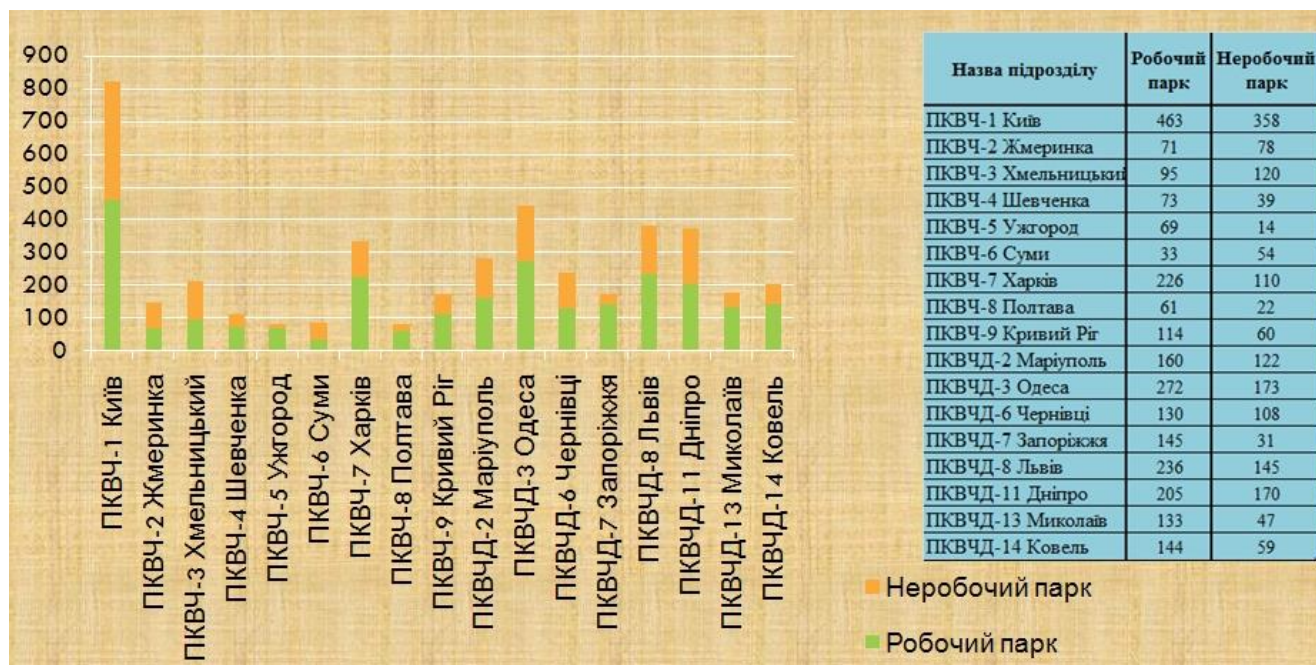


Рисунок 2 – Існуючий парк пасажирських вагонів

Виходячи з наведених даних, виникає ще кілька питань:

- 1) Який вік вагонів, які знаходяться в експлуатації?
- 2) Яка потреба в оновленні парку вагонів (їх типи та характеристики)?
- 3) Які можливості технічних та людських ресурсів для забезпечення пасажирських перевезень та проведення планових видів ремонту?

## 1.2 Аналіз необхідного оновлення парку

Віковий стан вагонів у дуже плачевному стані (рис. 3.). Так, з 4216 вагонів на межі виключення знаходиться 745 вагонів або 17,4% загального парку і кількість вагонів, які виводяться з обороту, збільшуватиметься, оскільки основна

маса – 2398 вагонів має вік від 28 до 41 року, а це значення становить 57,1 % парку табл. I.



Рисунок 3 – Стан основного парку вагонів

Таблиця I – Аналіз парку пасажирських вагонів за віком

Вік вагонів	0-5 років	5-10 років	10-15 років	15-20 років	20-28 років	28-41 років	> 41 років
Кількість вагонів	70/1,7 %	23/0,5 %	310/7,4 %	57/1,4 %	613 / 14,6%	2398 / 57,1%	745 / 17,4%

За даними АТ «Укрзалізниця» необхідний експлуатаційний парк слід зберігати на рівні 3200 вагонів (табл. II). Потреба у поповненні становить близько 400 вагонів на рік, це буде проведено планові види ремонту в повному обсязі.

Таблиця II – Парк пасажирських вагонів за потребою поновлення

Інвентар парк	роки	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Зміни парку 2018-2025
	вагони	4477	4220	3750	3290	2860	2380	1690	1290	
<b>Необхідний експлуатаційний парк</b>	на рівні 3200 вагонів									
<b>Експлуатаційний парк (без оновлення починаючи з 2019 року)</b>		2 930	2 900	2 750	2 420	2 170	1 830	1 240	980	-1 950
<b>Різниця/нестача вагонів до необхідної кількості</b>		-270	-300	-450	-780	-1 030	-1 370	-1 960	-2 220	
<b>Необхідність поновлення</b>		факт	план (проект)							3 471
	КВР	118	179	150	150	20	0	0	0	
	закупівля	8	100	400	400	400	400	400	400	

Таким чином, за п'ять років слід чекати на 2000 нових вагонів. Якщо не провести закупівлю до 2025 року, то експлуатаційний парк складатиме близько 980 вагонів. Це означатиме крах залізничних перевезень пасажирів в Україні.

Якщо ж купувати, то які повинні бити вагони? Для цього необхідно провести певну аналітичну роботу.

Інтеграція України до Європи лежить і через залізничне господарство. Це й потрібно закладати у нові вагони.

### 1.3 Аналіз оновлення парку за рахунок проведення ремонтів

Для забезпечення повного обсягу планового виду ремонтів необхідно здійснити забезпечення кількох основних елементів:

- технічні можливості потужностей депо;
- кадрових ресурсів;
- нормативної бази.

Проведемо аналіз ремонтних депо філії «Пасажирська компанія» АТ «Укрзалізниця». Для оцінки та проведення даного аналізу наведемо усереднені значення планової та фактичної собівартості ремонту вагонів за даними фактичних калькуляцій ремонтних підприємств залізничного пасажирського транспорту (табл. III).

Таблиця – III Аналіз фактичної та планової собівартості ремонту

Планова трудомісткість, нормо-година.	Планова собівартість ремонту, тис. грн.							Фактична трудомісткість, нормо-година.	Фактична собівартість ремонту, тис. три.							
	Усього	в т.ч.							Усього	в т.ч.						
		Фонд оплати праці	Відрахування на соціальні заходи	Матеріали	Електроенергія	Інші витрати	Загальні виробничі витрати			Фонд оплати праці	Відрахування на соціальні заходи	Матеріали	Електроенергія	Інші витрати	Загальні виробничі витрати	Адміністративні витрати
1401	300.0	88.3	19.4	242.6	5.4	13.1	-68.8	3704.6	1023.6	263.6	56.3	383.3	5.5	36.4	278.5	0.0

Аналіз даної таблиці показує, що фактична трудомісткість більше ніж удвічі перевищує планову. Це, як правило, обумовлено тим, що вагони які потрапляють за терміном на ДР за фактом вимагають ремонту рівня КР, що визначає збільшення як матеріальних, так і трудових затрат. Дані випадки не поодинокі і в черговий раз підтверджують плачевний стан пасажирських вагонів, у експлуатації.

Виконаємо розрахунок чисельності на 2021 рік фактичного штату працівників, виходячи з максимальної потужності підприємств під фактичну трудомісткість за кожним ремонтним підприємством. Даний розрахунок здійснюємо за формулою:

$$Ч_{сп} = \frac{Ч_{ваг} \cdot V_{ваг}}{N_{мес}}$$

де  $Ч_{сп}$  - спискова чисельність штату,  $V_{ваг}$  - обсяг ремонту,  $N_{ваг}$  - кількість місяців виконання ремонту,  $Ч_{ваг}$  - норма чисельності на 1 вагон, що визначається за формулою:

$$Ч_{ваг} = \frac{Q}{T},$$

де  $Q$  – трудомісткість однією вагон,  $T$  – середньомісячна норма годинника працівника. Результати проведених розрахунків наведено у таблицях IV та V.

Проведений розрахунок показав, що фактичний штат під плановий обсяг робіт ДР, КР-1, КР-2, КВР на всіх підприємствах філії «Пасажирська компанія» АТ «Укрзалізниця» становить 2140 чол. при максимальній завантаженості – 3641 чол., це на 1501-го працівника (чи 41%) менше необхідного.

Для того щоб вийти на необхідний рівень ремонтів існуючим контингентом працівників, необхідно реалізувати технічне та технологічне вдосконалення.

Тенденції проведення ремонтних робіт ремонтними підприємствами за видами ремонту наведено у табл. VI.



Таблиця V – Розрахунок чисельності для проведення ремонту в умовах депо

Підрозділенне	Проведення ремонтів в депо на 2019										Объем работы на фактний штат										Факт. штат	Расчет. штат						
	ДР		КР-1		КР-2		КВР		Спис. числ.	трудовм. (ч/ч)	норм. чис. на 1 ваг.	ДР	Спис. числ.	трудовм. (ч/ч)	норм. чис. на 1 ваг.	КР-1	Спис. числ.	трудовм. (ч/ч)	норм. чис. на 1 ваг.	КР-2			Спис. числ.	трудовм. (ч/ч)	норм. чис. на 1 ваг.	КВР	ремонт	макс. Мощност
	ДР	КР-1	КР-2	КВР	ДР	Спис. числ.	трудовм. (ч/ч)	норм. чис. на 1 ваг.																				
ВЧД-1 Київ-Пас.	197	50			197	40	1548,8	9,68	50																155	264		
ВЧД-2 Маріуполь	97	39			97	35	1713,2	10,71	39																94	105		
ВЧД-3 Одеса-Гол.	201	8			201	6	1502,8	9,39	8																143	200		
ВЧД-4 Синельникове	7	46	1	13	7	79	3278	20,49	46	4	8176	49,08	1	107	15829	98,93	13	196	474						164	204		
ВЧД-5 Харків-Сорт.	142	29		5	142	45	2950,61	18,44	29																93	122		
ВЧД-7 Запоріжжя-1	96	29			96	26	1725,00	10,78	29																166	244		
ВЧД-8 Львів	154	56			154	52	1794,74	11,22	56																255	671		
ВЧД-9 Бахмач	90	50		24	90	44	1676,87	10,48	50																182	180		
ВЧД-10 Гребінка	27	106		11	27	95	1715,4	10,72	106																116	346		
ВЧД-11 Дніпро	136	22			136	21	1873,71	11,71	22																64	106		
ВЧД-12 Каховка	34	47	2	24	34	85	3465,61	21,66	47	7	6976,13	41,87	2	198	15831,8	98,95	24	326	443						187	282		
ВЧД-13 Миколаїв	75	25			75	19	1444,38	9,03	25																82	3 641		
ВЧД-14 Ковель	135	59	4	5	135	57	1862,6	11,64	59	7	3426,2	20,57	4	29	10975	68,59	5	187	282						2 140	3 641		
<b>Всього:</b>	<b>1 391</b>	<b>566</b>	<b>7</b>	<b>82</b>	<b>1 391</b>	<b>604</b>			<b>566</b>	<b>18</b>			<b>7</b>	<b>588</b>			<b>82</b>	<b>2 140</b>	<b>3 641</b>									

Таблиця VI – Тенденції проведення ремонту в умовах депо (фактичні значення)

Вид ремонту	Потужність із наявним штатом	Необхідна потужність	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ДР	1391	1813	3632	3456	2116	2678	1928	1425	1292	1385	1413	1408
КР-1	566	818	773	1089	857	764	752	588	676	654	568	473
КР-2	7	128	159	169	123	123	61	18	6	3	7	9
КВР	82	100	86	18	3	0	0	8	0	14	82	53
<b>Усього</b>	<b>2046</b>	<b>2859</b>	<b>4650</b>	<b>4732</b>	<b>3099</b>	<b>3565</b>	<b>2741</b>	<b>2039</b>	<b>1974</b>	<b>2056</b>	<b>2070</b>	<b>1943</b>

Аналіз даних, наведених у цій таблиці показує, що з 2010 по 2019 рік відбулося падіння на 2707 одиниць ремонту, або 58% зі збільшенням трудомісткості ремонтів. Це ще раз підтверджує потребу у оновленні рухомого пасажирського парку новими вагонами.

Окремо необхідно наголосити на потребі в оновленні нормативної документації, імплементуючи в неї нові норми інтероперабельності, які використовуються Європейським співтовариством. Якщо говорити про нормативні документи, то вимагають змін такі норми, як:

- Типовий технологічний процес для виконання ремонту пасажирських вагонів (окремо для кожного виду ремонту ТО-3, ДР, КР-1, КВР).
- Норми витрат матеріалів, запасних частин та обладнання під час виконання планових видів ремонту (ДР, КР-1, КВР) та технічного обслуговування пасажирських вагонів (взамін ЦЛ-0027).
- Норми виходу металобрухту від списання пасажирських вагонів (взамін ЦЛ-0068).
- Проект виконання КВР пасажирських вагонів.
- Методика розрахунку собівартості ремонту з урахуванням коефіцієнта старіння пасажирських вагонів.
- Міжремонтні норми пробігу, граничні терміни проведення капітального, деповського ремонтів та ТО-3 пасажирських вагонів. Розглянути доцільність проведення ремонту в обсязі КР-2.

Філія «Пасажирська компанія» АТ «Укрзалізниця» неодноразово направляла звернення на адресу ЦЛ, ЦЦЛ, про включення даних робіт до Плану

науково-дослідних, дослідно-конструкторських робіт та розробки нормативних документів АТ «Укрзалізниця» (листи від 23.01.2018 № ПК-3/688, від 26.01.2018 № ПК-3/755, від 12.02.2019 № ПК-6/1656, від 24.04.2019 № ПК-6/4917, від 22.05. № ПК-6/5974).

Аналізуючи розрахунок чисельності, технічні можливості та нормативну базу потрібно говорити про явно виражений кадровий дефіцит, тому оновлення парку за рахунок проведення ремонтів, на сьогоднішній день, є неможливим.

Таким чином, можна підсумувати, що за рахунок планових видів ремонту без масштабної закупівлі рухомого складу оновлення парку неможливе.

## **2 ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНІСТЬ І ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

### **2.1 Аналіз наукових праць, присвячених системам моніторингу пасажирського рухомого складу**

Питання розробки та експлуатації СМППС знайшли своє відображення у значній кількості наукових праць вітчизняних та зарубіжних авторів.

У роботі [19] обґрунтовано основні принципи побудови бортових систем діагностування локомотивів та вибір високопродуктивного та надійного інтерфейсу для обміну інформацією бортових систем діагностування. Також сформульовані основні принципи побудови бортових систем діагностування локомотивів, дотримання яких забезпечить накопичення достовірної та адекватної інформації про технічний стан, необхідну для організації його обслуговування та ремонту.

Серед вчених країн пострадянського простору слід виділити роботи Абрамова В.М., Бочарова В.М., Головаша О.М., Зоріна В.І., Мугінштейна Л.А., Нікіфорова Б.Д., Орлова А.В., Похваліна Б.Ю., Рабіновича М.Д., Ройзнера А.В., Титова П.В., Хацкелевича А.А.

У роботі [20] розроблено бортову локомотивну систему контролю параметрів руху поїздів, що складається з трьох рівнів. У другий рівень зазначеної системи включено блок ручного введення інформації, вузол відображення інформації, блок зберігання інформації та блок реєстрації параметрів руху.

Удосконаленню методів вимірювання параметрів руху поїздів та зменшенню похибок, що при цьому виникають, присвячені також роботи [21].

Серед робіт зарубіжних вчених слід виділити роботи A. Bondavalli, A. Ceccarelli, E. Daniel, L. Gelbert, J. Grunbak, T. Hiramoto, D. Iovino, L. Karna, P. Konstantinos, S. Klapka, TK. Madsen, M. Magyar, I. Majzik, T. Meissner, T. Panos, A. Salzo, M. Schober, WH Steinicke, S. Takahashi тощо.

Зокрема, у роботі [22] розглядаються автоматизовані системи підказок. Проведено глибокий аналіз існуючих систем та можливостей їх інтеграції до

інтероперабельних європейських вагонних систем, відображено переваги та недоліки цих систем.

У роботі [23] розглядаються питання, теорії передачі даних та конструкція дисплея відображення інформації.

Особливе місце серед літератури щодо функціонування систем моніторингу пасажирського рухомого складу (СМППЗ) займають навчальні та практичні посібники. Серед них слід виділити роботу вчених ДШТу [24], в якій описано сутність, призначення, послуги, основні принципи побудови та інтелектуальні технології, характерні для сучасного залізничного транспорту. Розглянуто основні проблеми транспорту та шляхи їх вирішення на основі інтелектуальних транспортних систем, ІТС, а також роль та місце в них інтелектуальних інформаційно-телекомунікаційних технологій, у тому числі СМППЗ.

У країнах ЄС вимоги до СМППС регулюються Директивою [9], ТСІ [14, 25, 26], посібниками, картками UIC, нормами EN та іншими нормативними документами.

Таким чином, на основі проведеного аналізу літературних джерел, присвячених проблемі розробки та експлуатації систем реєстрації параметрів руху, можна зробити висновок, що СМППЗ є важливою частиною загальної системи управління рухом та забезпечення безпеки руху поїздів. Перелік параметрів, що реєструється різними системами, схожий – різними є лише походи до відображення інформації та рівень взаємодії з машиністом.

У подальших розділах роботи буде зроблено спробу на підставі синтезу наявних наукових підходів до вирішення зазначених вище приватних проблем обґрунтувати можливість та розробити технологію впровадження СМППЗ МВРС згідно з умовами інтероперабельності.

## 2.2 Причини появи інтеперабельності

В умовах інтеграції України до європейських структур сьогодні важливо проаналізувати, які тенденції в галузі транспорту прогноуються світовою спільнотою.

Безперечно, існує сильний і стійкий зв'язок між зростанням економіки та розвитком транспортної системи. У поточному десятилітті передбачається значне збільшення попиту послуги транспорту. Водночас при оцінці показників діяльності тієї чи іншої галузі сьогодні у світі на першому місці стоять не так економічні характеристики, як екологічні.

Залізницям вдалося розвинути систему своїх конкурентних переваг, таких як енергоефективність, низький рівень викидів в атмосферу, безпека, ефективне використання простору, що дало можливість здійснювати перевезення з меншими витратами та більшою надійністю.

Нині дедалі більше уваги приділяється спільній роботі транспортних систем різних країн – інтеперабельності, що є каталізатором для запуску цільової практичної програми спільних досліджень, що охоплює всю європейську залізничну індустрію. Інтеперабельність призведе до глибоких змін критеріїв порівняння залізничної системи з конкуруючими видами транспорту щодо ціни, якості та переваг.

У загальному випадку під терміном «інтеперабельність» розуміють здатність продукту або системи, інтерфейси яких повністю відкриті, взаємодіяти та функціонувати з іншими продуктами чи системами без обмежень доступу та реалізації.

Щодо залізничного транспорту під інтеперабельністю мається на увазі відповідність характеристик залізничних систем технічним, правовим та експлуатаційним умовам безпеки та безперебійного руху поїздів.

За оцінками європейських експертів, залізниці в державах-кандидатах на членство в ЄС мають навіть більший потенціал розвитку, ніж у країнах Заходу. Однак для його реалізації необхідно вжити невідкладних заходів. Першочергові

завдання – модернізація існуючої інфраструктури колії, придбання нового рухомого складу та систем сигналізації.

Реальність ставить перед залізничним транспортом завдання по-новому подивитися на проблеми та розбіжності як між системами колії 1435 мм та 1520/1524 мм, так і всередині кожної системи.

Виникає необхідність пропозиції клієнтам безпроблемного, швидкісного пересування вантажів і пасажирів єдиному євразійському транспортному просторі, тобто. вирішення питань інтероперабельності. Під інтероперабельністю розуміється здатність трансєвропейської системи залізниць забезпечувати безпечний, надійний і безперервний рух поїздів, що відповідає експлуатаційним вимогам до цих доріг.

Прийняття рішень у сфері технічного регулювання в ЄС забезпечується на рівні Парламенту та Ради ЄС та оформляється у формі Директив, Регламентів чи інших документів – технічних специфікацій експлуатаційної сумісності (інтероперабельності), виконання вимог яких є обов'язковим для всіх членів ЄС.

Підготовку проектів цих рішень, з технічного боку, а також розробку технічної документації, зокрема проектів TSI, які мають пряме посилання на європейські стандарти та визначають рівень технічної гармонізації та сумісності європейських доріг, здійснює Європейське залізничне агентство та створені ним робочі групи.

Директиви з експлуатаційної сумісності залізниць визначили завдання у галузі розробки TSI для підсистем залізничного транспорту, вимоги до їх складання та розробки методів сертифікації елементів залізничної системи вимогам специфікацій.

Безпосередньо у TSI відбито основні параметри, тобто. будь-яка регламентна, технічна та експлуатаційна умова, важлива з погляду інтероперабельності. Причому кожен основний параметр повинен бути пов'язаний, як мінімум, з однією з основних вимог: безпека; надійність та доступність; охорона здоров'я; захист навколишнього середовища; Технічна сумісність.

ТСІ визначають мінімальний та максимальний рівень технічної гармонізації та розробляються для всіх підсистем залізничного транспорту.

Структура ТСІ дозволяє визначати та описувати:

- Основні вимоги для кожної підсистеми та межі взаємодії з іншими підсистемами;
- Характеристику підсистеми (функціональні та технічні специфікації, правила з експлуатації, правила за змістом, кваліфікація персоналу, вимоги щодо безпеки та охорони праці тощо);
- Складові частини експлуатаційної сумісності (перелік, допустимі характеристики та специфікації складових частин);
- Оцінку сумісності складових частин і підсистем, процедури оцінки відповідності або придатності для використання елементів системи;
- Вказівки щодо впровадження специфікації, зокрема особливі випадки технічних рішень;
- Вказівки щодо ревізії та зміни специфікації.

Вимоги щодо досягнення експлуатаційної сумісності трансєвропейської системи залізниць відносяться до проектування, будівництва, запуску в експлуатацію, модернізації, оновлення, експлуатації та утримання складових частин цієї системи, а також професійної підготовки та кваліфікації персоналу, який бере участь в експлуатації та утриманні системи.

В ЄС введення в експлуатацію означає отримання допуску на підсистему або її складові національним органом з питань залізничної безпеки. Орган з безпеки не дасть згоди на експлуатацію, якщо нотифікований орган із сертифікації не проведе оцінки відповідності даної підсистеми або її складових з одержанням позитивних результатів відповідно до вимог ТСІ.

Остаточне завдання – всі елементи залізничної системи мають бути визначені у відповідних ТСІ та введені у правове поле ЄС.

Правові основи діяльності залізничної системи ЄС:

- правові акти найвищого рівня – рішення Європейської Комісії, доповненнями до яких є ТСІ;

- до введення відповідних ТСТ з окремих технічних питань – правові акти країн ЄС у вигляді списків чинних технічних приписів та стандартів, з їхньою нотифікацією Європейською Комісією. Ці акти мають бути опубліковані та загальнодоступні;
- інші спільні для ЄС правові акти, дотримання яких є умовою допуску пристроїв для експлуатації;
- законодавство у сфері безпечної експлуатації залізничної системи – Директива європейського Парламенту та Ради 2016/798/ЄС щодо безпеки на залізницях Співдружності та ін.

Сьогодні в ЄС три держави – Латвія, Литва та Естонія мають колію 1520 мм, Фінляндія – колію 1524 мм, Польща та Словаччина мають окремі залізничні лінії колії 1520 мм, є також невеликі ділянки цієї колії в Угорщині та Румунії. ЄС на сухопутних переходах межує із чотирма державами, які не є членами ЄС – це Білорусь, Молдова, Росія та Україна та які мають колію 1520 мм. У 2006 році з ініціативи ЄС та прибалтійських держав було створено Контактну групу ОСЗ/ERA. У ході загальних засідань було вирішено укласти договір про проведення робіт з аналізу взаємодії та сумісності залізничних систем колії 1520/1524 мм, які входять та не входять до ЄС, а також розглянути у рамках цієї роботи питання інтероперабельності між собою та із системою колії 1435 мм.

З країн-членів ОСЗ за підтримку цієї діяльності виступили Білорусь, Латвія, Литва, Польща, Росія, Словаччина, Україна та Естонія, представники яких разом із представниками ERA та РНЦФ увійшли до складу Контактної групи.

Основними завданнями Контактної групи є:

- Аналіз технічних вимог для технічної та експлуатаційної сумісності залізничної системи 1520 мм;
- Порівняння цих вимог із параметрами залізничної системи 1435 мм;
- Підготовка технічної інформації, яка стане основою для відображення основних параметрів залізничної системи 1520 мм у технічних специфікаціях інтероперабельності (ТСТ) ЄС щодо технічних вимог щодо сумісності, виконання яких є обов'язковим для всіх членів ЄС (рис. 1);

- Визначення заходів для збереження та покращення існуючої технічної та експлуатаційної сумісності на кордоні СНД – ЄС.

Основою роботи Контактної групи є «Меморандум про взаєморозуміння». Робота Контактної групи передбачає створення дев'яти загальних документів, визначених Меморандумом:

1) Комплекту з 7-ми документів щодо аналізу параметрів для технічної та експлуатаційної сумісності різних підсистем колії 1520 мм:

- Інфраструктура. Шлях та колійне господарство (INF);
- Енергопостачання (ENE);
- Сигналізація, централізація, блокування та зв'язок (CCS);
- Вантажні вагони (WAG); пасажирські вагони (PAS);
- Локомотиви та моторвагонний рухомий склад (LOC);
- Експлуатаційна діяльність (OPE);

2) Комплекту з 2-х документів щодо заходів для збереження та покращення існуючої технічної та експлуатаційної сумісності на кордоні ЄС-СНД:

- кордон 1520/1520 (M 1520/1520)
- Межа 1435/1520 (M 1435/1520).

На даний час затверджено та діють 11 специфікацій інтеперабельності:

1. TSI INF – Інфраструктура,
2. TSI ENE – Енергія,
3. TSI CCS – Управління,
4. TSI NOIS – Шум,
5. TSI PRM – Люди з обмеженими можливостями;
6. TSI SRT – Безпека в тунелях,
7. TSI WAG – Вантажні вагони,
8. TSI LOC&PAS – Локомотиви, пасажирські вагони та моторвагонний рухомий склад;
9. TSI TAF – Телематика вантажоперевезень;
10. TSI TAP – Телематика пасажирських перевезень;
11. TSI OPE – Рух поїздів.

Кожна специфікація TSI має такі розділи:

1. Вступ, зміст документа, сфера дії (технічна та географічна).
2. Визначення та сфера застосування підсистеми, взаємодія з іншими підсистемами.
3. Основні вимоги, вимоги до зв'язку для підсистеми та компоненти суттєвих вимог з боку визначення Директиви.
4. Основні технічні вимоги для підсистеми.
5. Вимоги до окремих складових інтероперабельності.
6. Оцінка відповідності складових інтероперабельності та перевірка відповідності підсистемі, доступні модулі, умови їх застосування.
7. Правила переходу до європейських рішень «Case-приклад», додатки «Відкриті пункти».

Слід зазначити, що взаємини між окремими TSI та підсистемами є складними: одна підсистема може бути описана в кількох TSI, у свою чергу кілька TSI можуть описувати одну підсистему. Повною мірою це стосується пристроїв реєстрації параметрів руху МВПС, як складової підсистеми «Управління-бортові пристрої».

### **2.3 Сумісність систем та технічне оснащення рухомого складу**

Європейський Союз прагне того, щоб уряди відповідних країн та залізничні компанії гармонізували різні технічні системи та забезпечували їхню сумісність. У рамках співробітництва МСЗ, залізничних компаній та промисловості за підтримки ЄС були розроблені єдині системи забезпечення безпеки руху та зв'язку (ETCS, GSMR). Нові стандарти, що базуються на принципах сумісності систем, дадуть можливість не проводити на кордонах заміну локомотивів та машиністів міжнародних поїздів. Впровадження низки технічних нововведень у конструкцію рухомого складу має результати досліджень у сфері високошвидкісного руху. Насамперед це стосується поїздів Thalys та Eurostar, що експлуатуються в міжнародному сполученні, які розробили для використання в мережах з різними системами тягового струму та пристроями забезпечення безпеки руху. Деякі

технології та технічні рішення, спочатку розроблені тільки для високошвидкісного руху, знаходять застосування у рухомому складі всіх типів. Вимоги щодо сумісності систем та нові європейські приписи змінили структуру залізничного сектора промисловості. Якщо на якомусь напрямку будівництво нової ділянки не виправдане через відсутність достатнього пасажиропотоку, доцільно впроваджувати рухомий склад з кузовами, що нахиляються, для чого досить невеликої реконструкції колії. Такий рухомий склад компенсує відцентрові сили, що виникають під час проходження кривих поїздом. Завдяки цьому швидкість зростає, скорочується час перебування у дорозі, а рівень комфортності поїздки не погіршується. Високошвидкісний рухомий склад – це головним чином моторвагонні поїзди, які експлуатують з максимальною швидкістю не нижче 250 км/год та у повсякденній експлуатації не розчіплюють. Поїзди з вагонів з кузовами, що нахиляються, також відносяться до високошвидкісного рухомого складу. Хоча діапазон швидкості вони використовують не до кінця, зате за якістю можна порівняти з високошвидкісними поїздами. Так само можна класифікувати поїзди на локомотивній тязі, якщо вони досягають швидкості 200 км/год і відповідають певним критеріям якості.

#### **2.4 Норми безпеки залізничного транспорту ЄС та інших країн світу**

Минуле десятиліття характеризувалося безпрецедентними структурними змінами у сфері залізничного транспорту. Більшість національних залізниць Західної Європи розділилися на кілька компаній. Аналогічний процес відбувається у країнах Центральної та Східної Європи. Таких компаній у кожній країні як мінімум дві (одна з функціями менеджера інфраструктури, інша – оператора), навіть якщо вони залишаються під юрисдикцією державної холдингової компанії, як це має місце в Австрії, Бельгії, Німеччині чи Польщі. У ряді країн спостерігається виділення операторів вантажних та пасажирських перевезень, а функції забезпечення тяговим рухомим складом та вагонами,

експлуатації станцій, поточного обслуговування та ремонту приватизовані чи передані субпідрядникам [8].

Найбільш значущим з погляду впливу залізниці Європи стало створення єдиного ринку з відповідним відкриттям національних кордонів. Транспортна політика європейських країн спрямована на створення загальноєвропейського залізничного ринку, в тому числі за допомогою розробки єдиного для всіх об'єктів європейської залізничної інфраструктури законодавства, що визначає права і відповідальність компаній, що її експлуатують, та користувачів.

Мета таких перетворень полягає у доведенні ефективності європейських залізниць рівня, властивого вантажним залізницям Північної Америки. В умовах забезпечення високого рівня перевізної роботи північноамериканські залізничні компанії демонструють зразки гармонізації нормативних документів та безпеки руху.

У Канаді вироблено комплексний підхід до вирішення питань безпеки на залізничному транспорті, що дозволяє консолідувати ресурси всіх гілок влади (законодавчої, виконавчої, судової), залізничних компаній, їх акціонерів, залізничної індустрії, профспілок та професійних асоціацій, установ науки та освіти, раціонально відповідальність та повноваження, створити сувору систему звітності. Об'єктивність розслідування транспортних пригод та виявлення безпосередніх і непрямих причин досягається тим, що вони проводяться незалежним та незацікавленим органом, яким є Рада з безпеки на транспорті, що має розгалужену мережу офісів на всій території країни та користується довірою громадськості.

Діяльність окремих залізничних компаній із забезпечення безпеки експлуатаційного процесу залізниць суворо регламентована державою та ефективно контролюється інспекторським корпусом Міністерства транспорту, наділеним широкими повноваженнями.

Залізниці Великобританії пішли іншим шляхом. Основна відповідальність за безпеку експлуатаційного процесу залізниць була покладена на одну з новостворених приватних компаній, власника-розпорядника залізничної

інфраструктури Railtrack. Багато в чому саме таке рішення зумовило подальше зростання кількості аварій та загальне погіршення безпеки руху. В даний час проводиться велика робота з удосконалення законодавства та стандартизації, перерозподілу функцій та відповідальності між державним та приватним секторами економіки, приведення до спільного знаменника безпеки більш ніж 100 приватних компаній, що утворилися після розчленування британських залізниць у процесі реформи.

Недоліки системи забезпечення безпеки на залізницях Великобританії, що існує на даний момент, цілком очевидні. Це насамперед нечіткий розподіл підпорядкованості та відповідальності між різними контролюючими інстанціями, дублювання функцій, відсутність збалансованого підходу, що дозволяє чітко розставити пріоритети та ефективно використовувати засоби, що виділяються на цілі безпеки, невідпрацьований регламент взаємовідносин у забезпеченні безпеки експлуатаційного процесу між компаніями, що представляють інфраструктуру.

Допущені на початковому етапі реформи і помилки, що згодом проявилися в організації фінансових взаємин виділених комерційних структур, розподілі відповідальності за безпеку експлуатаційного процесу залізниць, організації їх ремонтно-технічного та інженерного забезпечення викликали необхідність розширення участі держави у функціонуванні галузі. Стало очевидним, що держава, лібералізувавши господарську діяльність підприємств залізничного транспорту, не може при цьому усунутись від відповідальності за безпеку роботи залізниць. Навпаки, роль держави у координації, напрямі та контролі всієї діяльності із забезпечення безпеки суттєво зростає. Тому на залізницях Великобританії йде активний перерозподіл функцій забезпечення, регулювання та контролю безпеки на користь державних установ та державних позавідомчих структур.

У різних країнах неодноразово висловлювалися побоювання, що дерегулювання залізничного ринку та його відкриття для конкуренції створює загрозу безпеці на транспорті. Немає підстав вважати, що наявність окремого відомства за розпорядженням інфраструктурою та кількох компаній-операторів

неминуче веде до зниження рівня безпеки. Наприклад, досвід Швеції свідчить про можливість збереження високого стандарту безпеки навіть в умовах дерегулювання. У цій країні залізничний транспорт залишився найбезпечнішим із усіх видів транспорту.

На мережі залізниць Німеччини Deutsche Bahn AG створено ефективні методи забезпечення безпеки руху та експлуатації залізничного транспорту. З відкриттям ринку у загальну систему управління безпекою мають інтегруватися нові компанії-оператори перевезень. Проте необмежену кількість компаній-операторів, які мають різні досвід та культуру виробництва, створюють певні складнощі для існуючої системи забезпечення безпеки. Наявність спільних точок зіткнення між підприємствами з управління інфраструктурою та компаніями-операторами означає, що потрібні особливі заходи контролю над ними.

Кожне залізничне підприємство відповідає за всі загрози, джерелом яких є експлуатація залізничного транспорту. При цьому йдеться про можливість заподіяння шкоди іншим особам, чи то травмування чи загибель пасажирів, шкоду, що завдається співробітникам підприємства або третім особам (мешканцям прилеглих до залізничних зон, користувачам залізничних переїздів та ін.), пошкодження майна. У Німеччині Загальний закон про залізничні зобов'язує залізничні підприємства будувати рухомий склад, споруди та допоміжні засоби з великим ступенем надійності, утримувати їх у безпечному стані, а також забезпечувати безпеку експлуатації залізничного транспорту.

В даний час на мережі Deutsche Bahn AG працює близько 250 незалежних компаній-операторів перевезень, проте становище із забезпеченням безпеки руху не тільки не погіршилося, але значно покращилося порівняно з дореформеним періодом.

Для виходу загальну мережу компанія-оператор зобов'язана отримати відповідну ліцензію, яку видають або департаменти залізничного транспорту у міністерствах транспорту країни, або спеціальні ліцензійні відомства федеральних чи місцевих органів. У цій ліцензії, поряд з умовами надійності компанії в експлуатації, фінансовою ефективністю, професіоналізмом,

страхуванням відповідальності перед третіми особами, особлива увага приділяється питанням безпеки.

Без сертифікату безпеки компанії-оператори не можуть отримати ліцензію та брати участь у залізничних перевезеннях на лініях громадського користування. Сертифікат безпеки видається на підставі заяви компанії спеціалізованим уповноваженим органом, наприклад, у Німеччині – Федеральним залізничним агентством ФРН. Він дійсний щодо залізничної мережі або окремих залізничних ліній громадської компанії, яка експлуатує виробничі потужності залізничної мережі.

Сертифікат безпеки видається, якщо компанія-оператор довела, що у своїх корпоративних регламентаціях управління вона витримує та використовує положення про кваліфікацію персоналу та експлуатацію рухомого складу. При цьому слід констатувати, що локомотивні та поїзні бригади мають необхідний рівень підготовки для того, щоб дотримуватися правил експлуатації, що застосовуються компанією-власником залізничної інфраструктури, і дотримуватися інструкцій з безпеки, дія яких поширюється на компанії-оператори. Також необхідною умовою отримання сертифіката є висновок у тому, що рухомий склад відповідає технічним приписам.

Відповідальність за експлуатацію рухомого складу несе залізнична компанія-оператор. Весь рухомий склад повинен бути прийнятий відповідно до правил технічної експлуатації залізниць уповноваженим наглядовим органом і регулярно контролюватись, що документально має підтверджуватись свідоцтвами.

Поряд із виконанням правових та організаційних умов важливою передумовою для забезпечення безпеки при допуску рухомого складу на залізничні колії загального користування є технічна сумісність рухомого складу та колії. Завдяки відкриттю в рамках Європейського Союзу залізничної інфраструктури для недискримінаційного доступу з використанням різних видів рухомого складу вимоги до системної сумісності технічних компонент істотно зросли.

У зв'язку з тим, що на мережу загального користування вийшло багато нових компаній-операторів із власним чи орендованим рухомим складом. Також через потреби залізничних компаній у підвищенні перевізної спроможності або у підвищенні рівня комфорту спостерігається тенденція появи все більш різноманітного рухомого складу – двоповерхових пасажирських вагонів, вантажних вагонів з підвищеним осьовим навантаженням, швидкісних пасажирських поїздів ІСЕ збільшеної ширини тощо.

З іншого боку, ускладнення обладнання інфраструктури з використанням нових технологій (насамперед у галузі систем управління рухом та телекомунікацій) потребує відповідної адаптації рухомого складу. Таким чином, у рамках системи «рухомий склад – колія» виникають нові технічні взаємини, які можуть обмежити можливість вільного використання рухомого складу або повністю виключити таку можливість на певних залізничних лініях загального користування. Компанії-оператори не можуть претендувати на отримання доступу до мережі для рухомого складу, якщо він конструктивно або технологічно не прив'язаний до інфраструктурних умов мережі загального користування.

Безпечна експлуатація залізничної інфраструктури з технічної та експлуатаційної точок зору передбачає, що весь рухомий склад, що вводиться в регулярну експлуатацію, має необхідні згідно з нормами ЄС сертифікати або прийнятий відповідно до вимог правил технічної експлуатації. Для рухомого складу особливої конструкції потрібно, щоб компанія-розпорядник інфраструктури попередньо перевірила передбачувану область експлуатації з точки зору безпечної та надійної організації перевезень. Якщо в результаті модернізації ліній та впровадження нових інформаційних технологій рухома одиниця більше не відповідає вимогам достатньої системної безпеки мережі або ділянки мережі, на якій вона експлуатується, то може знадобитися дооснащення для можливості доступу до інфраструктури в майбутньому.

## **2.5 Вимоги нормативних документів Європейського Союзу згідно з безпекою та екологією пасажирського рухомого складу**

Забезпечення безпеки залізничних перевезень одна із найважливіших напрямів у концепції розвитку залізничного транспорту. Особлива увага приділяється забезпеченню безпеки пасажирських перевезень, оскільки з підвищення швидкості руху та збільшенням пасажирообігу виникають підвищені ризики для життя та здоров'я пасажирів у разі виникнення аварійних ситуацій.

Кошти для запобігання аваріям на залізниці умовно поділяються на активні та пасивні: активні – комплекс заходів, спрямованих на запобігання виникненню аварійних ситуацій; пасивні — технічні рішення, які мають на меті зменшення можливих негативних наслідків у разі аварії. Постійне вдосконалення запобіжних заходів не знімає проблеми остаточно. Аварійна ситуація на залізниці може стати наслідком багатьох причин, що включають людський фактор, усунути які у повному обсязі немає можливості. Тому розвиток пасивних засобів безпеки є суттєвою частиною політики щодо забезпечення безпеки руху. Основні роботи з впровадження подібних рішень виробляються на стадії проектування одиниць рухомого складу.

Розглянемо вимоги до безпеки пасажирського рухомого складу відповідно до нормативних документів.

Відповідно до пункту 44 Директиви (ЄС) 2016/797 Європейського Парламенту та Ради від 11 травня 2016р. [9] щодо сумісності залізничної системи в межах Європейського Союзу «коли під час експлуатації з'ясовується, що транспортний засіб або тип транспортного засобу не відповідає одній з наведених основних вимог, відповідні залізничні підприємства повинні вжити необхідних заходів для приведення транспортного засобу відповідно».

Крім того, якщо така невідповідність призводить до серйозного ризику для безпеки, органи національної безпеки, відповідальні за нагляд за тиражем транспортного засобу, повинні мати можливість вживати необхідних тимчасових заходів безпеки, включаючи негайне обмеження або зупинення відповідної операції. Якщо виправних заходів недостатньо, і серйозний ризик безпеки, який

виникає внаслідок невідповідності, залишається, органи національної безпеки або Агентство повинні мати право скасувати або змінити дозвіл. Серйозний ризик безпеки в цьому контексті слід розуміти як серйозну невідповідність юридичним зобов'язанням або вимогам безпеки, які самі по собі або внаслідок низки послідовних подій можуть призвести до аварії або серйозної аварії. Процес анулювання повинен підтримуватись належним обміном інформацією між Агентством та національними органами безпеки, включаючи використання реєстрів.

Існують суттєві відмінності між національними правилами, внутрішніми правилами та технічними умовами, що застосовуються до залізничних систем, підсистем та компонентів, оскільки вони включають методи, специфічні для національних галузей промисловості, а також конкретні розміри та пристрої, а також спеціальні характеристики. Ця ситуація може завадити безперешкодному рухові поїздів між державами ЄС.

З TSI LOC&PAS – Локомотиви та пасажирські вагони [11] проводимо вибір визначальних параметрів пасивної безпеки, пристроїв виявлення рухомого складу, пристроїв контролю стану буксових підшипників, пристроїв захисту від сходу у кривих, систем оповіщення та зв'язку для пасажирів, внутрішнього мікроклімату, бортового обладнання, засобів зберігання персональних даних, пристроїв запису, пожежної безпеки; з TSI CCS – керування проводимо вибір визначальних параметрів бортової керуючої системи, команд та сигналізації як необхідних функцій для безпечного контролю за залізничним рухом та які необхідні для його роботи, інтерфейсів, а також рівнів продуктивності, необхідних для задоволення основних вимог безпечного руху пасажирських поїздів.

Технічні специфікації з інтеперабельності (TSI) зазвичай не включають конкретних нормативних документів, які напряму регулюють обмін даними у складі поїзда (між вагонами, поїздами тощо). TSI встановлюють загальні вимоги та стандарти, але конкретні технічні деталі можуть бути визначені в інших стандартах, які вказуються у TSI або в інших правових документах.

Наприклад, для обміну даними у складі поїзда на залізницях Європейського Союзу можуть використовуватися різні стандарти, такі як:

**ETCS (European Train Control System):** Даний стандарт визначає систему контролю руху поїздів, включаючи обмін даними між поїздами та землею (система зв'язку ETCS Level 1, Level 2, Level 3 тощо).

**TAF/TAP TSI (Telematic Applications for Freight/Passenger Services):** Ці TSI встановлюють технічні вимоги до телематичних додатків для вантажних та пасажирських послуг, що можуть включати обмін даними між поїздами та іншими системами.

**UNISIG (International Union of Railways (UIC) Control Command and Signalling):** UNISIG визначає стандарти з управління рухом поїздів, у тому числі для систем зв'язку та обміну даними.

Ці стандарти і специфікації можуть визначати технічні деталі щодо обміну даними у складі поїздів, в тому числі між вагонами, поїздами, системами контролю та іншими елементами залізничного транспорту.

IEC 61375 – це набір міжнародних стандартів, розроблений Міжнародною електротехнічною комісією (IEC), який стосується систем зв'язку між вагонами у складі поїздів, а також систем обміну даними та комунікацій на залізничному транспорті. Цей стандарт регулює специфікації технічних засобів для забезпечення безперервного обміну інформацією між вагонами та контрольно-діагностичними системами на залізницях.

IEC 61375 визначає протоколи комунікації, інтерфейси та вимоги до апаратного забезпечення, які дозволяють забезпечити надійний обмін інформацією між різними компонентами складу поїзда, такими як вагони, локомотиви, системи контролю, системи безпеки тощо.

Стандарт IEC 61375 містить технічні специфікації для систем цифрового зв'язку на залізничному транспорті, що дозволяє покращити безпеку, ефективність і управління рухом поїздів, а також дозволяє забезпечити зручність та комфорт пасажирів.

Технічні специфікації з інтероперабельності (TSI) встановлюють європейські стандарти і вимоги для залізничного транспорту в Європейському Союзі з метою забезпечення спільного функціонування та сумісності між різними системами залізничного транспорту.

IEC 61375, як міжнародний стандарт, визначає технічні специфікації для систем зв'язку та обміну даними у складі поїздів. Цей стандарт не є безпосередньою частиною TSI.

Однак, для забезпечення інтероперабельності та відповідності європейським стандартам, системи зв'язку та обміну даними, які використовуються на залізницях в Європейському Союзі, повинні відповідати вимогам, включеним у TSI (Technical Specifications for Interoperability). Таким чином, хоча IEC 61375 може використовуватися як основа для розробки систем зв'язку у складі поїздів, вони повинні бути адаптовані та відповідати конкретним вимогам TSI, що стосуються залізничного транспорту в Європейському Союзі, для забезпечення відповідності цим стандартам.

Склад набору стандартів IEC 61375 наступний:

IEC 61375-2-1:2012 Електронне залізничне обладнання - Мережа зв'язку поїздів (TCN) - Частина 2-1: Дротова шина поїзда (WTB) IEC 61375-2-1:2012 застосовується до передачі даних у відкритих поїздах, тобто охоплює передачу даних між групами зазначених відкритих поїздів і передачу даних у складі зазначених відкритих поїздів.

IEC 61375-2-2:2012 Електронне залізничне обладнання. Мережа зв'язку поїздів (TCN). Частина 2-2. Тестування на відповідність дроту потягу шини IEC 61375-2-2:2012 застосовується до всього обладнання та пристроїв, реалізованих відповідно до IEC 61375-2-1, тобто він охоплює процедури, що застосовуються до такого обладнання та пристроїв, коли необхідно підтвердити відповідність. Застосовність цього стандарту до реалізації TCN дозволяє проводити індивідуальну перевірку відповідності самої реалізації та є передумовою для подальшої перевірки сумісності між різними реалізаціями TCN.

IEC 61375-2-3:2015 Електронне залізничне обладнання - Мережа зв'язку поїздів (TCN) - Частина 2-3: Профіль зв'язку TCN IEC 61375-2-3:2015 визначає правила для обміну даними між складами поїздів. Сукупність цих правил визначає профіль зв'язку третьої країни. Метою профілю зв'язку є забезпечення взаємодії між складами зазначених поїздів щодо обміну інформацією. Для цього він визначає всі елементи, які необхідні для комунікаційної сумісності:

- архітектура з визначеними напрямками руху поїздів, пов'язані з різними видами поїздів; - загальна концепція функціональної адресації; - загальний протокол зв'язку для обміну даними між функціями; - комплекс послуг з управління поїзним зв'язком. Зміст виправлень від грудня 2015 року та жовтня 2016 року включено до цієї копії.

IEC TS 61375-2-4:2017 Електронне залізничне обладнання. Мережа зв'язку поїздів (TCN). Частина 2-4. Профіль застосування TCN IEC TS 61375-2-4:2017(E) застосовується до додатків у поїздах, тобто він охоплює профіль додатків для функцій, що належать до системи управління та моніторингу поїздів (TCMS). Профіль програми базується на системі зв'язку TCN для передачі даних між складами зазначених поїздів. Цей документ забезпечує інтерфейс даних із параметрами та адресацією функцій TCMS на основі профілю зв'язку, викладеного в IEC 61375-2-3. Цей документ застосовується до рухомого складу, який потребує сумісного зчеплення та відчеплення. Ця частина стандарту IEC 61375 може бути додатково застосована до закритих поїздів і складових поїздів за погодженням між покупцем і постачальником.

IEC 61375-2-5:2014 Електронне залізничне обладнання. Мережа зв'язку поїздів (TCN). Частина 2-5. Магістраль поїздів Ethernet IEC 61375-2-5:2014 визначає вимоги до мережі Ethernet Train Magicne (ЕТВ) для забезпечення відкритої системи передачі даних потягу на основі технології Ethernet. Дотримання цього стандарту забезпечує взаємодію між локальними підмережами Consist незалежно від мережевої технології Consist (додаткову інформацію див. у IEC 61375-1). Усі визначення мережі Consist мають враховувати цей стандарт, щоб зберегти сумісність. Цей стандарт може бути додатково застосований до

закритих поїздів і складових поїздів, якщо це погоджено між покупцем і постачальником.

IEC 61375-2-6:2018 Електронне залізничне обладнання. Мережа зв'язку поїздів (TCN). Частина 2-6. Зв'язок між бортом і землею IEC 61375-2-6:2018 встановлює специфікацію зв'язку між бортовими підсистемами та наземними підсистемами. Система зв'язку, інтерфейси та протоколи визначені як функція мобільного зв'язку з використанням будь-якої доступної бездротової технології. Цей документ містить вимоги для того, щоб:

а) вибрати бездротову мережу на основі параметрів QoS, запитаних додатком; б) дозволити додаткам TCMS та/або OMTS, встановленим на борту та підключеним до бортової мережі зв'язку, мати віддалений доступ до додатків, що працюють на наземних установках; с) дозволити програмам, що працюють на наземних установках, мати віддалений доступ до програм TCMS та/або OMTS, встановлених на борту.

IEC TR 61375-2-7:2014 Електронне залізничне обладнання - Мережа зв'язку поїзда (TCN) - Частина 2-7: Бездротова магістраль поїзда (WLTB) IEC TR 61375-2-7:2014 описує стек протоколів бездротової магістралі потяга на основі радіозв'язку, яка використовується у вантажних поїздах з розподіленою потужністю. Ця частина надає інформацію про фізичний рівень, рівень каналу даних, прикладний рівень і програму розподіленого живлення.

IEC 61375-2-8:2021 Електронне залізничне обладнання. Мережа зв'язку поїздів (TCN). Частина 2-8. Випробування на відповідність TCN IEC 61375-2-8:2021 застосовується до всього обладнання та пристроїв, реалізованих відповідно до IEC 61375-2-3:2015, IEC 61375-2-5:2014 та IEC 61375-3-4:2014, тобто охоплює процедури для застосовуватися до такого обладнання та пристроїв, коли відповідність повинна бути доведена. Застосовність цього документу до реалізації TCN дозволяє проводити індивідуальну перевірку відповідності самої реалізації та є передумовою для подальшої перевірки сумісності між різними реалізаціями TCN.

IEC 61375-3-1:2012 Електронне залізничне обладнання - Мережа зв'язку поїздів (TCN) - Частина 3-1: Багатофункціональний автобус (MVB) IEC 61375-3-1:2012 застосовується там, де потрібен MVB.

IEC 61375-3-2:2012 Електронне залізничне обладнання. Мережа зв'язку поїздів (TCN). Частина 3-2. Випробування на відповідність MVB (багатофункціональний транспортний автобус). IEC 61375-3-2:2012 застосовується до всього обладнання та пристроїв, реалізованих відповідно до IEC 61375-3-1, тобто він охоплює процедури, що застосовуються до такого обладнання та пристроїв, коли необхідно підтвердити відповідність. Застосовність цього стандарту до реалізації TCN дозволяє проводити індивідуальну перевірку відповідності самої реалізації та є передумовою для подальшої перевірки сумісності між різними реалізаціями TCN.

IEC 61375-3-3 Електронне залізничне обладнання - Мережа зв'язку поїздів (TCN) - Частина 3-3: CANopen Consist Network (CCN) IEC 61375-3-3:2012 визначає шину передачі даних всередині, яка базується на CANopen. CANopen розроблено для використання в програмах промислової автоматизації, але не обмежується цим. Ці програми можуть включати такі пристрої, як модулі вводу/виводу, контролери руху, людино-машинні інтерфейси, датчики, контролери із замкнутим циклом, кодери, гідравлічні клапани або програмовані контролери. Ця частина IEC 61375 застосовується до всього обладнання та пристроїв, що працюють у складеній мережі на основі CANopen у межах архітектури TCN, як описано в IEC 61375-1.

IEC 61375-3-4:2014 Електронне залізничне обладнання. Мережа зв'язку поїздів (TCN). Частина 3-4. Мережа Ethernet Consist (ECN) IEC 61375-3-4:2014 визначає мережу передачі даних всередині Consist на основі технології Ethernet, Ethernet Consist Network (ECN). Застосовність цієї частини стандарту IEC 61375 до мережі Consist забезпечує взаємодію окремих транспортних засобів у рамках Open Trains у міжнародному сполученні. Ця частина IEC 61375 може бути додатково застосована до закритих поїздів і складових поїздів за погодженням між покупцем і постачальником.

Зокрема один із стандартів комплексу стандартів ІЕС 61375 у 2018 році імплементований в українську систему стандартизації а саме:

ДСТУ EN 61375-2-5:2018 є національний стандарт України, який відповідає міжнародному стандарту ІЕС 61375. Цей стандарт встановлює технічні вимоги до систем зв'язку та обміну даними між поїздами, вагонами та іншими компонентами залізничного транспорту. Містить специфікації технічних засобів, які необхідні для забезпечення обміну даними між різними частинами поїзда. Цей стандарт може включати вимоги до протоколів зв'язку, інтерфейсів, форматів даних та інших технічних аспектів, які допомагають забезпечити безперебійну та ефективну комунікацію між різними частинами залізничного транспорту.

ДСТУ EN 61375-2-5:2018 відображає вимоги міжнародного стандарту ІЕС 61375 у контексті української системи стандартизації. Цей стандарт може бути використаний як регулятивний документ для розробки, впровадження та забезпечення відповідності систем зв'язку та обміну даними у складі поїздів в Україні, враховуючи міжнародні стандарти й вимоги європейського залізничного транспорту.

## **2.6 Європейська система управління рухом поїздів**

**Європейська система управління рухом поїздів** (англ. *European Train Control System*, скорочено **ETCS** ; буквально «європейська система контролю поїздів») - Комплекс єдиних стандартів, розроблених у рамках міжнародного співробітництва для залізничної автоматики, телемеханіки, зв'язку та диспетчерського контролю. ETCS покликана ліквідувати відмінності в несумісних одна з одною системах сигналізації, централізації, блокування (СЦБ) європейських країн, забезпечивши тим самим безперешкодне та безпечне залізничне сполучення на європейському континенті. З 2004 року впровадження ETCS є обов'язковим на всіх нових і реконструйованих трансєвропейських залізничних коридорах Європейського союзу.

Інтеграція європейських залізниць у єдину мережу ускладнюється відмінностями у системах електрифікації; сигналізації, централізації та

блокування (СЦБ); габаритах рухомого складу та наближення будівель; конструкції зчіпних пристроїв у кожній країні. Несумісність різних систем забезпечення руху поїздів стала серйозною перешкодою на шляху створення єдиної європейської мережі залізниць. [4]. Наприкінці 1980-х у Європі налічувалося до 30 різних систем СЦБ.

У цей час почав бурхливо розвиватися швидкісний залізничний транспорт. Спочатку склади, що йдуть міжнародними лініями (Eurostar, Thalys), оснащувалися системами сигналізації кожної з країн, що ускладнювало роботу локомотивних бригад, а також збільшувало експлуатаційні витрати та ризик виникнення несправностей. 4 та 5 грудня 1989 року робоча група, що складається з міністрів транспорту європейських держав, затвердила генеральний план розвитку швидкісних залізниць у Європі. 17 грудня 1990 року Європейська рада схвалила цей проект, і 29 липня 1991 року було прийнято резолюцію 91/440/ЕЕС, згідно з якою передбачалося створення єдиної системи управління рухом поїздів [5]. На цей час вже було прийнято основні стандарти ETCS. Специфікацію нової системи протягом півтора року розробляли Європейський науково-дослідний інститут залізничного транспорту, залізничні оператори та постачальники обладнання. Основну проектну роботу завершили компанії-виробники рухомого складу та пристроїв автоматики: Alstom, Ansaldo, Bombardier, Invensys, Siemens та Thales, які спільно утворили спілку виробників систем безпеки (англ. *Union of Signalling Industry*, скор. *UNISIG*). З 1998 по 2002 рік до технічної документації ETCS вносилися зміни та уточнення [6]. У 1999 році система була вперше застосована на лінії Будапешт - Відень. У 2001 році Європейський Парламент затвердив директивою 2001/16/ЕС низку заходів щодо поступової уніфікації всієї мережі європейських залізниць та забезпечення сумісності залізниць, обладнаних та не обладнаних ETCS (див. Нульовий рівень) [7]. У 2002 році Європейська комісія прийняла ETCS як обов'язкову на швидкісних залізницях, а з 2004 року на всіх трансєвропейських залізничних коридорах [2]. Швейцарія, яка не є членом Європейського Союзу, прийняла для забезпечення безпеки руху поїздів на своїх залізницях керівні документи єдиної Європи [8].

До початку 2006 року пристроями ETCS було оснащено понад 3000 одиниць рухомого складу [9] та 6000 км колій [10]. Станом на вересень 2013 року ETCS та схожі з нею системи впроваджено у 34 країнах, включаючи Туреччину, Ізраїль, Китай, Лівію та Нову Зеландію.

## 2.7 Принцип дії ETCS

При використанні традиційних систем забезпечення руху поїздів на кожній блок-ділянці, на які поділяються перегони, може бути не більше одного складу. В основу роботи ETCS покладено ідею безперервного контролю перевізного процесу за допомогою сукупності різних технічних засобів, завдяки чому досягається безпечне зменшення інтервалу попутного прямування, а значить збільшення пропускної спроможності. Дія ETCS заснована на визначенні розташування поїзда, обчисленні відстані між поїздами, контролі максимально дозволеної швидкості на ділянці, розрахунку кривої гальмування (залежності швидкості від пройденого шляху), зіставленні даних про маршрут з технічними характеристиками поїзда. Прийом, обробка та передача всієї необхідної інформації здійснюється комплексом підлогових та бортових пристроїв та систем ETCS [11]. Безперервний контроль руху, пристосований до постійної зміни дорожньої ситуації, дозволяє оптимізувати трафік і знизити енерговитрати [12].

## 2.8 Компоненти ETCS

**Євробалізи** (англ. *eurobalises*) – автономні приймальні пристрої (транспондери) з енергонезалежною пам'яттю, що встановлюються між рейками [13]. Призначені для обміну даними з рухомим складом [14]. Балізи сприймають високочастотний сигнал від поїзда, що проїжджає над ними, і можуть в залежності від рівня впровадження ETCS передавати у відповідь координати, дані про шляхи (криві, ухили, системи електропостачання), постійні та тимчасові обмеження швидкості, показання світлофорів [15]. Якщо обсяг даних великий, то встановлюють кілька (до восьми) баліз поспіль. Відстань між балізами (або групами

«баліз ») залежно від встановленої на ділянці швидкості варіюється від 1 до 2,5 км. Часто балізи розміщують парами для підвищення ймовірності передачі інформації, і щоб бортова система розпізнавала напрямок руху [16]. Під час передачі використовується частотна маніпуляція. Логічна одиниця кодується сигналом із частотою 4,516 МГц (8 періодів), логічний нуль – сигналом із частотою 3,951 МГц (7 періодів). Значення несучої частоти становить 4,237 МГц [17]. Швидкість передачі досягає 564,48 кбіт/с [18]. Отримана інформація дешифрується бортовою системою та виводиться на пульт машиніста. Обмін повідомленнями може відбуватися за швидкості прямування поїзда до 500 км/год [19]. Необхідну енергію балізи одержують від передавальних модулів рухомого складу, які випромінюють високочастотний (27,095 МГц) сигнал, що індукує в котушці балізи електричний струм [20]. Кодова послідовність з балізи на поїзд починає передаватися через 150 мкс після прийому високочастотного сигналу [21]. UNISIG встановлено два стандартні геометричні розміри балізи: 200 × 390 мм і 358 × 488 мм [22]. Програмування балізи здійснюється за допомогою індуктивного зв'язку за допомогою портативного портативного комп'ютера і програмного модуля [23] [24]. Термін служби автономної євробалізи становить 30 років [25].

**Євролуп** (англ. *euroloop*) - кабельна система передачі даних. Може застосовуватись у ETCS першого рівня. Передача сигналів здійснюється за допомогою випромінюючого кабелю (гнучка антена), довжина якого може досягати 1 км. Сам кабель, як правило, кріпиться до підшви рейки і передає бортовій системі поїзда радіосигнал подібно до баліз. Головною перевагою випромінюючих кабелів перед балізами є безперервність передачі повідомлень, що підвищує безпеку руху [26].

**Колійний електронний блок** (КЕБ) (англ. *Lineside Electronic Unit*, скорочення *LEU*) використовується на лініях з ETCS першого рівня для забезпечення обміну даними між пристроями СЦБ та рухомим складом. КЕБ може працювати як на передачу, а й у прийом кодових комбінацій, поєднуючи в такий спосіб функції кодового колійного трансмітера і ресивера. Однак передача по

низхідному каналу (рухомий склад- євробалізу і далі на КЕБ) майже не застосовується. Як трансмітер КЕБ перетворює сигнали від підлогових пристроїв СЦБ кодові послілки, представлені у вигляді диференціального біімпульсного манчестерського коду, які потім передаються з євробалізи на рухомий склад [27]. Швидкість передачі даних з КЕБ на балізі дорівнює швидкості по висхідному каналу (564,48 кбіт/с) [28]. У разі погіршення або втрати зв'язку з КЕБ баліза передає збережену кодову послілку, що складається, як правило, з одних логічних нулів або одиниць, щоб бортові системи розпізнали несправність обладнання для підлоги [29] [28]. КЕБ з'єднується з балізою інтерфейсним кабелем, а сам поміщається на щоглу світлофора або на низьку металеву основу поблизу нього [30] [31].

Основними елементами **бортового обладнання** (рис. 4) є комп'ютер; високочастотний випромінювач; приймач радіосигналів, що посилаються євробалізами; GSM-R передавач; одометр і самописець, що фіксує всі дії машиніста, параметри руху та показання сигнальних точок [32]. Модуль пересилання здійснює контроль вхідно-вихідних характеристик, придушення небажаних компонентів сигналу та його деманіпуляцію [33]. Бортове обладнання збудовано за модульним принципом. Кожен функціональний блок (див. рисунок нижче) виконує строго певні завдання і має свій інтерфейс [34].

**Дисплейний модуль ETCS** розділений на шість робочих полів [35] і відображає на них поточну швидкість руху складу, розрахункову та максимально допустиму швидкість, наступне обмеження швидкості, показання світлофорів [36], інформацію про маршрут, технічні дані, місцезнаходження, відстань до найближчого колійного об'єкта, поточний рівень та режим роботи ETCS, а також видає текстові, символні та звукові попередження про небезпечні зони, збої та помилки [37].

**Центр радіоблокування (ЦРБ)** – сукупність обладнання, яке приймає та обробляє в автоматичному режимі всю інформацію про поїздну обстановку на ділянці, яка надходить від бортових систем рухомого складу за цифровим радіоканалом стандарту GSM-R та підлогових пристроїв СЦБ. На підставі цієї

інформації та відповідно до графіка руху поїздів центром радіоблокування приймається оптимальне рішення щодо регулювання руху, яке по радіоканалу передається бортовим інформаційно-керуючим системам рухомого складу. Таким чином, ЦРБ здійснює автоматизоване диспетчерське управління рухом поїздів [38] [39]. Обладнання ЦРБ розміщується в стандартних стійках в лінійно-апаратному залі і включає: центральний процесорний пристрій, перетворювач протоколів, IP-маршрутизатор, мережеві комутатори, щоглу з спрямованими антенами та інше. Поїзд постійно перебуває у зоні дії ЦРБ, зокрема під час проходження мостів і тунелів [40].

**Єврорадіо** – захищений протокол радіозв'язку, що дозволяє передавати дані закритим каналом, побудованим на відкритій мережі стандарту GSM-R [12]. Засобами єврорадіо здійснюється асинхронний обмін інформацією між поїздом та центром радіоблокування. Передача даних від рухомого складу ведеться в частотному діапазоні від 921 до 925 МГц, а прийом від 876 до 880 МГц. У зазначеній смузі частот міститься до 19 каналів, розділених полосою 200 кГц. Поряд із частотним поділом використовується часовий: кожен канал поділяється на 8 таймслотів з періодом 577 мкс кожен, за який передається 148 біт інформації. Засобами GSM-R передаються як дані, так і мова. Службова та користувацька інформація пропускається різними фізичними каналами. Взаємодія мережевих пристроїв здійснюється відповідно до моделі OSI. GSM-R-модеми працюють на каналному рівні. Маршрутизація даних відбувається на мережному рівні. На транспортному рівні для встановлення з'єднання з віддаленими об'єктами застосовується протокол X.22 4 [41]. Встановлення з'єднання між рухомим складом та ЦРБ має відбуватися впродовж не більше 10 секунд. Після 10 секунд робиться повторна спроба підключення. Покриття GSM-R має дозволяти здійснити щонайменше дві спроби підключення без виходу рухомого складу, що рухається на максимальній дозволений швидкості, із зони дії поточної ЦРБ. Допустимий коефіцієнт помилки (відношення невдалих підключень до загального числа) UNISIG встановив на рівні  $<10^{-4}$ . При втраті з'єднання між поїздом та ЦРБ автоматично застосовується екстрене гальмування [42].

**Колійні пристрої контролю звільнення блок-ділянки** служать для перевірки слідування поїзда в повному складі. У ролі таких пристроїв виступають рейкові кола або пристрої відліку колісних пар. Останніми порівнюється кількість колісних пар, на початку та в кінці блок-ділянки. Якщо значення збігаються, то на пост централізації передається інформація про вільний стан блок-ділянки.

### Елементи бортового обладнання рухомого складу

Основними елементами обладнання рухомого складу, що забезпечують безпечний рух мережею доріг (рис. 4) є: Блок CMD, Блок STM ; Блок DAS ; Блок TIU та інші.

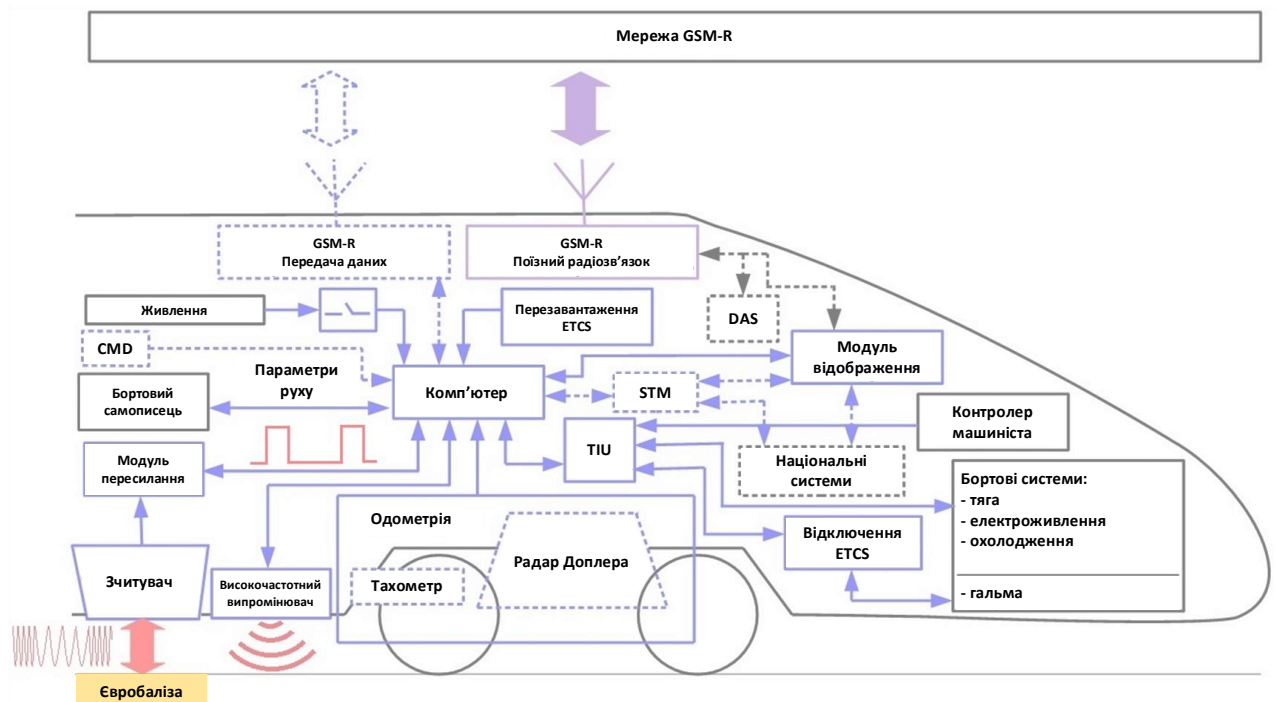


Рисунок 4 – Блок-схема елементів бортового обладнання рухомого складу, обладнаного ETCS

**Блок CMD** (англ. *Cold Movement Detection*) контролює параметри руху рухомого складу в холодному стані при відключеній ETCS [43].

**Блок STM** (*Specific Transmission Module*) забезпечує перехід з ETCS на національні системи забезпечення руху поїздів (рівень NTC) [44].

**Блок DAS** (англ. *Drivers Advisory System*) - система інформування машиніста. Виводить на пульт машиніста інформацію, отриману від пристроїв ETCS [45].

**Блок TIU** (англ. *Train Interface Unit*) фактично реалізує автоведення поїзда (формує команди про зміну сили тяги та швидкості, керує гальмами тощо), виходячи з інформації, отриманої від пристроїв ETCS) [46].

## 2.9 Рівні ETCS

Залежно від вимог, що висуваються до конкретної ділянки залізниці, виділяють чотири основні рівні ETCS: від нульового до третього. Бортові системи на рухомому складі мають зворотну сумісність, тобто поїзд, обладнаний ETCS другого рівня, може експлуатуватися на залізничних лініях першого та нульового рівнів.

**Нульовий рівень.** При нульовому рівні наявні колійні пристрої СЦБ не включені до ETCS. Машиніст візуально стежить за сигналами та знаками. Бортова система контролює лише дотримання швидкісного режиму для даного типу рухомого складу на ділянці, що прослідковується. Даний рівень реалізації не застосовується на міжнародних маршрутах, оскільки через те, що видимі сигнали в різних країнах відрізняються, при проходженні кордону обов'язковою є зміна локомотивних бригад [80].

**Перший рівень** (рис. 5). На першому рівні реалізації ETCS перегони поділяються на блок ділянки прохідними сигнальними точками. Довжина кожної блок-ділянки повинна бути не меншою за гальмівний шлях рухомого складу. Така організація руху найбільш наближена до системи автоблокування. Через євробалізи або євrolуп (випромінюючий кабель) на поїзд передаються свідчення світлофорів та дані про шлях [81, 20]. Ця система легко інтегрується в наявні в різних країнах види сигналізації та узгоджується з ними, що дозволяє уникнути глибокої модернізації бортового та підлогового обладнання [82]. Вся інформація кодується колійним електронним блоком і потім надходить на балізи. Спеціальний зчитувач під дном поїзда приймає її, бортовий комп'ютер дешифрує дані, що надійшли, розраховує оптимальну швидкість, криву гальмування і виводить усі відомості на пульт машиніста. Інформація оновлюється при кожному наступному проходженні балізи. Для контролю проходження поїздом кордону

блок-діляниці у повному складі, тобто фактичного звільнення блок-діляниці, застосовуються рейкові ланцюги або пристрої рахунку колісних пар [39].

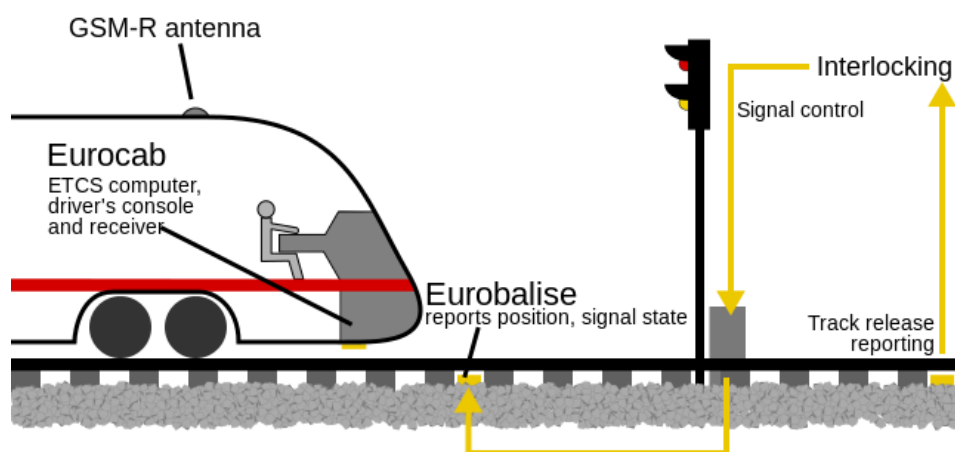


Рисунок 5 – Схема роботи першого рівня ETCS

**Другий рівень** (рис. 6.). ETCS другого рівня характеризується безперервним обміном інформацією двостороннього цифрового радіоканалу стандарту GSM-R між рухомим складом і центром радіоблокування, який здійснює автоматичне інтервальне регулювання. Євробалізи передають на потяг лише свої координати. Бортова система постійно визначає розташування складу на підставі останніх отриманих координат з балізи і пройденого після цього шляху, обчисленого одометром. Ці відомості безперервно передаються до центру радіоблокування. У центрі радіоблокування проводиться порівняння даних, що надійшли, з плановим графіком руху поїзда. Результати порівняння по мережі цифрового радіозв'язку передаються до бортової інформаційно-керівної системи рухомого складу для інформування машиніста про відхилення від графіка руху для подальшого прийняття рішень з керування поїздом [83]. Наявність світлофорів для підлоги при цьому не потрібна. Контроль проходження поїзда у повному складі, як і у першому рівні, здійснюється підлоговими пристроями СЦБ. Інформація про вільність ділянки передається на пост електричної централізації (ЕЦ), потім надходить у центр радіоблокування, а звідти по радіозв'язку відправляється поїздом, що йде слідом. Безперервний радіообмін дозволяє

скоротити інтервал попутного прямування порівняно з традиційними системами СЦБ [84].

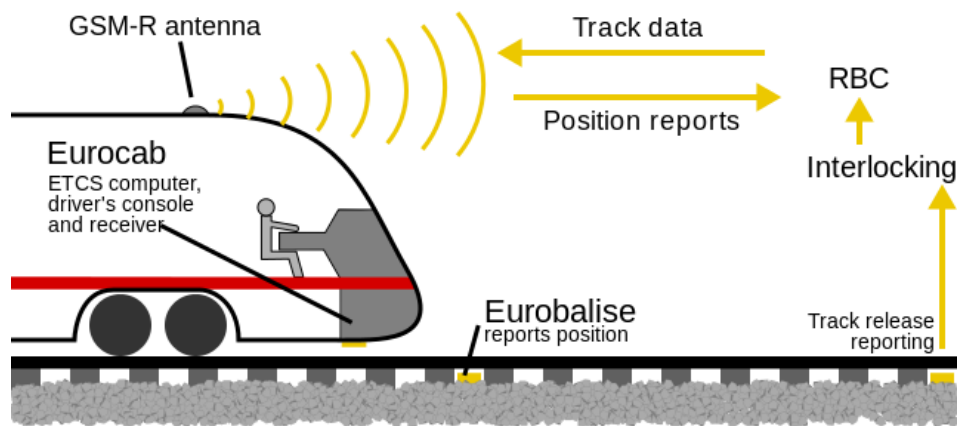


Рисунок 6 – Схема роботи ETCS другого рівня

**Третій рівень** (рис. 7.). Третій рівень має поки що найменше поширення. При його реалізації рухомий склад на додаток до вже згаданих систем обладнується системою перевірки цілісності складу, що дозволить повністю відмовитися від обладнання для підлоги виявлення поїзда (рейкових ланцюгів і пристроїв рахунку колісних пар). Обмін усім обсягом необхідної інформації відбувається по радіоканалу між центром радіоблокування та рухомих складом. Відпаде необхідність поділу перегону на блок-дільниці, що дозволяє безпечно скоротити інтервали попутного прямування і тим самим максимально збільшити пропускну спроможність лінії. Основною проблемою стала розробка якомога надійнішої системи контролю цілісності складу. Сучасні розробки в цій сфері мають на увазі прокладання кабелю, що проходить через усі вагони, та постійний обмін сигналами між першим та останнім вагоном. Така система використовується на високошвидкісних електропоїздах ICE, TGV, Talgo, але вона не застосовується на вантажних потягах. Радіоелектронні пристрої контролю, які визначають розчіп складу по падінню тиску в гальмівній магістралі по останньому вагону, що набули поширення в країнах Північної Америки та Південної Африки, не дозволяють виявити розрив поїзда досить швидко [85]. На казахстанських

залізницях модулі контролю повноскладності дублюються лічильниками колісних пар [86].

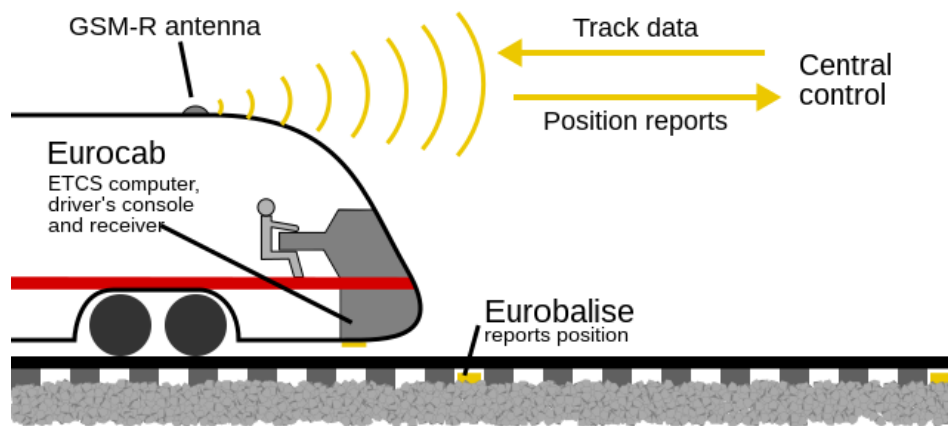


Рисунок 7 – Схема роботи третього рівня ETCS

Виходячи з викладеного, необхідно розглянути внутрішнє обладнання (On Board) пасажирського рухомого складу, що забезпечує безпечний рух, взаємодію з пасажирами та контроль стану з точки зору TSI CCS, Loc&Pas та TAP.

### 3 СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА

#### 3.1 Системи технічного забезпечення сучасного рухомого складу

Системи контролю безпеки на залізничному транспорті (зокрема у складі пасажирських поїздів) відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки пасажирів, персоналу та матеріальних цінностей під час подорожей залізницею. Найпоширенішими серед них є:

**Системи безпеки поїздів (Train Protection Systems)** – призначені для запобігання аваріям через перевищення швидкості, недотримання сигналів світлофорів або інших небезпечних ситуацій. Вони включають автоматичні гальмівні системи, які активуються автоматично для зменшення швидкості поїзда у разі необхідності.

**Системи моніторингу технічного стану поїзда у процесі руху** – включають в себе різноманітні датчики, які вимірюють різні параметри, такі як тиск у гальмах, температура, стан колісних пар, стан зчеплення та інші важливі параметри. Вони дозволяють операторам поїздів в реальному часі відстежувати та аналізувати стан поїзда. Сюди також можна віднести системи, які забезпечують контроль цілісності складу поїзда, що є обов'язковою вимогою TSI при застосуванні ETCS третього рівня.

**Відеоспостереження та системи відеоаналітики.** Камери спостереження, які встановлені у вагонах і на платформах для відстеження дій пасажирів, виявлення небезпечних ситуацій та допомоги в розслідуванні подій.

**Системи контролю доступу та електронного квиткування** – дозволяють контролювати доступ пасажирів до поїзда, перевіряючи їх квитки або електронні карти.

**Системи екстреного зв'язку** – включають аварійні кнопки, які пасажирів можуть використовувати у випадку негайної потреби в допомозі.

**Системи виявлення вибухонебезпечних матеріалів і наркотиків** – використовуються для виявлення небезпечних речовин або предметів, які можуть загрожувати безпеці пасажирів.

Окреслені системи спільно створюють безпечніші умови для подорожей

пасажирськими поїздами, допомагаючи уникнути аварій та забезпечити швидку реакцію на будь-які загрози чи небезпеки, що виникають у процесі руху.

Розглянемо сучасну інфраструктуру залізниці з точки зору наявності систем передачі, обміну та обробки інформації. Як можна побачити на рис.8, застосовується значна кількість різних технологій для збору та обміну інформацією не тільки в межах самого поїзда, а й між поїздом і колійною автоматикою, залізничною станцією та іншими елементами.

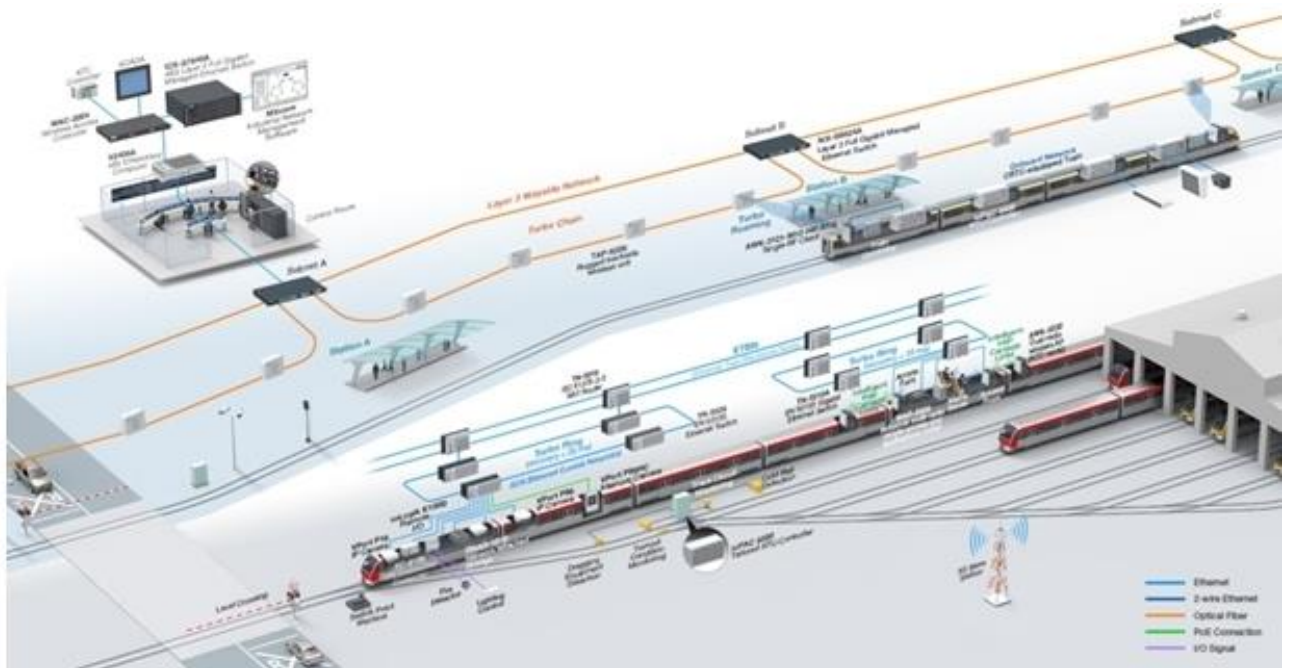


Рисунок 8 – Сучасна залізнична структура [5]

Робота таких систем потребує певного обладнання, яке розміщується на пасажирському вагоні та поїзді (рис. 9). Воно має бути єдиним для всього рухомого складу тобто бути багатофункціональним.

Погляньмо уважно на сучасний поїзд. Цей транспортний засіб сьогодні є осередком різних підсистем, які відповідають за безпеку руху поїзда на перегоні, так і за надання комфорту пасажиром.

З точки зору обміну даними у складі поїздів, Технічні специфікації з інтеперабельності (TSI) включають нормативні вимоги до систем зв'язку та обміну даними на залізницях у Європейському Союзі. Ці вимоги охоплюють різні аспекти, такі як:

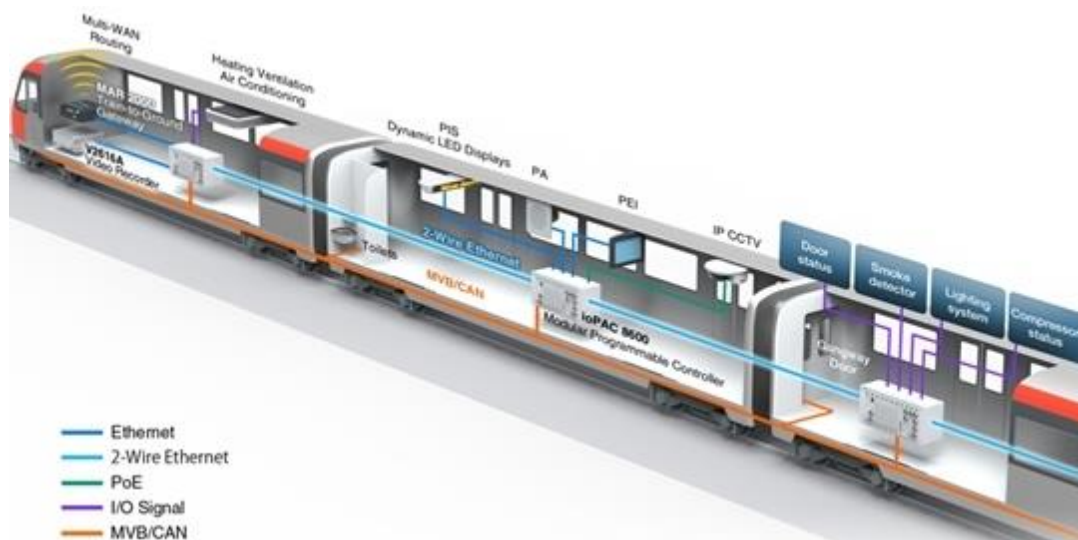


Рисунок 9 – Сучасна структура поїзда [6]

**Цифрові системи зв'язку між вагонами:** TSI встановлюють вимоги до систем цифрового зв'язку, які забезпечують обмін даними між різними вагонами, локомотивами та іншими компонентами поїзда.

**Протоколи обміну даними:** TSI можуть визначати стандартні протоколи обміну даними, які повинні використовуватися для взаємодії між різними системами у складі поїзда. Це може включати вимоги до форматів даних, способів передачі інформації та засобів забезпечення безпеки цього обміну.

**Системи зв'язку та передачі даних:** TSI встановлюють вимоги до систем зв'язку, включаючи бездротові та проводові системи, які забезпечують передачу даних у складі поїзда, сприяючи контролю, безпеці та управлінню.

**Контроль якості та надійності зв'язку:** TSI також можуть містити вимоги до контролю якості зв'язку та надійності передачі даних, забезпечуючи, що системи зв'язку у складі поїзда працюють ефективно та безперебійно.

**Системи управління та моніторингу:** TSI можуть включати вимоги до систем управління та моніторингу, які дозволяють відстежувати обмін даними, контролювати його та забезпечувати, що він відповідає стандартам безпеки та ефективності.

Обмін даними у складі поїзда впливає на безпеку, ефективність та управління поїздом. Для забезпечення взаємодії різних систем та безпеки

пасажирів TSI встановлюють нормативні вимоги, яким повинні відповідати системи обміну даними у складі поїзда.

Ці системи допомагають забезпечити безпеку пасажирських поїздів, вчасно виявляючи можливі проблеми та допомагаючи управлінню поїздами в реальному часі для забезпечення безпечної та ефективної подорожі.

**Системи контролю цілісності складу поїзда** використовуються для моніторингу та забезпечення цілісності вагонів та з'єднань у складі поїзда під час руху. Основна мета таких систем - виявлення можливих проблем або пошкоджень, що можуть виникнути в ході руху поїзда. Ось деякі з найбільш поширених систем контролю цілісності складу поїзда:

**Системи виявлення відступів та перегинів (Alignment and Deflection Detection Systems):** Ці системи виявляють відхилення від нормальної конфігурації вагонів чи з'єднань між ними. Вони можуть виявляти незвичайні кутові відхилення, що можуть свідчити про можливі проблеми із зчепленням або зношенням елементів.

**Системи виявлення вібрацій та ударів (Vibration and Impact Detection Systems):** Ці системи використовують датчики для виявлення надмірних вібрацій або ударів, що можуть вказувати на проблеми з колісними парочками, зчепленням або станом коліс.

**Візуальні системи моніторингу (Visual Inspection Systems):** Камери та відеоспостереження можуть бути використані для відстеження стану з'єднань між вагонами, перевірки стану зчеплення та виявлення будь-яких пошкоджень або неправильного з'єднання.

**Системи моніторингу та діагностики колісних пар:** Датчики, які вимірюють стан колісних пар (наприклад, температуру, стан гальм і тиск у них), дозволяють вчасно виявляти можливі проблеми з колесами.

Ці системи допомагають уникнути аварій та забезпечують безпеку пасажирів шляхом постійного моніторингу та виявлення можливих проблем з цілісністю складу поїзда під час руху.

Зокрема, у якості прикладу технології, яка використовується для виявлення

відступів та перегинів у складі поїзда, можна зазначити **Loram Greenray System**. Ця система використовує лазерні датчики для вимірювання відступів і перегинів рейок. Вона допомагає виявляти небезпечні аномалії у стані рейок, які можуть призвести до нещасних випадків або аварій. Також деякі системи використовують **різноманітні сенсори та технології** для виявлення відступів, перегинів або недоліків у геометрії колій під час руху поїзда.

У якості прикладу технології, яка використовується для виявлення вібрацій та ударів у складі поїзда, можна зазначити **Wi-Tronix Violet System**. Ця система використовує різноманітні датчики для моніторингу вібрацій та ударів у складі поїзда. Вона допомагає виявляти незвичайні вібрації, які можуть свідчити про можливі проблеми з колесами, зчепленням або іншими частинами поїзда. Також деякі системи використовують **мікрофони та акустичні датчики** для виявлення надмірних шумів або ударів, що можуть вказувати на проблеми з колесами, рейками чи іншими елементами.

### 3.2 Шини WTB та MVB

Мережа зв'язку поїздів Train communication network (TCN) – це ієрархічна комбінація двох шин для передачі даних у поїздах. Вона складається з багатофункціональної шини MVB кожної транспортної одиниці та провідної шини WTB для з'єднання різних одиниць транспортних засобів у одне ціле. Компоненти TCN були стандартизовані в IEC 61375.

Стандарт MVB був введений для заміни безлічі шин в обладнанні поїздів. Незважаючи на переваги шини MVB, багато транспортних шин все ще будуються з компонентів CANopen, WorldFIP (у Франції), LonWorks чи Profibus (у США). У той час як WorldFIP, CANopen, Lonworks і Profinet контролюються міжнародними асоціаціями виробників, які націлені на широкий спектр застосувань, MVB було адаптовано до застосування в залізничному рухомому складі з метою сумісності, тому не допускає жодних опцій.

Шина WTB призначена для міжнародних пасажирських поїздів змінного складу до 22 вагонів.

Унікальною властивістю WTB є ініціалізація поїзда, під час якої щойно підключені транспортні засоби отримують адресу в послідовності та можуть ідентифікувати борт (сторону) транспортного засобу, так, що за командою двері відкриваються з правильної сторони. Коли дві композиції поїздів об'єднуються, адреси перерозподіляються, щоб сформувати нову композицію транспортних засобів із послідовною адресою. Транспортні засоби без вузла WTB не враховуються.

Отже, у межах вагона прокладено MVB-шину (рис. 10), а поїзд об'єднано в єдину WTB-шину (рис. 11). Розглянемо детальніше ключовий функціонал WTB-шини (англ. Wired Train Bus), провідна поїзна шина, яка відповідає стандарту Міжнародного союзу залізниць (МСЗ) UIC 556 "Information sübertragungim Zug - Zugbus ("Передача інформації поїзд – Поїзна шина").

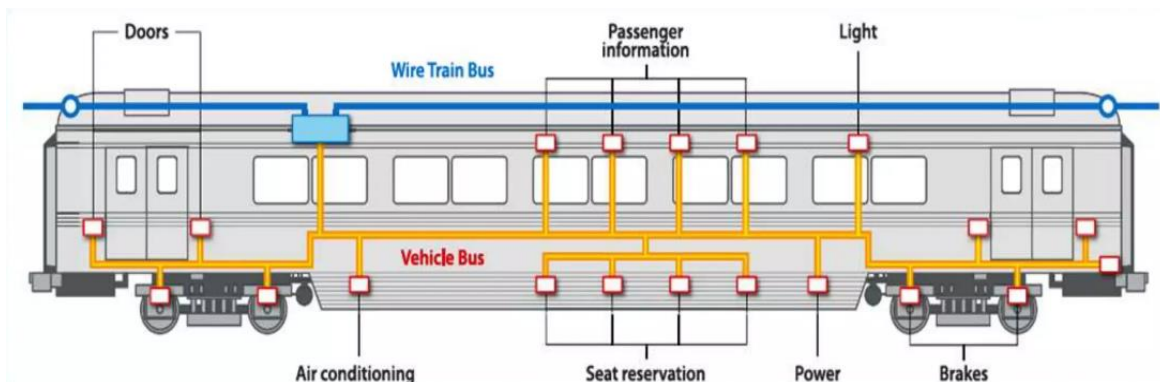


Рисунок 10 – Інфраструктура сучасного вагона

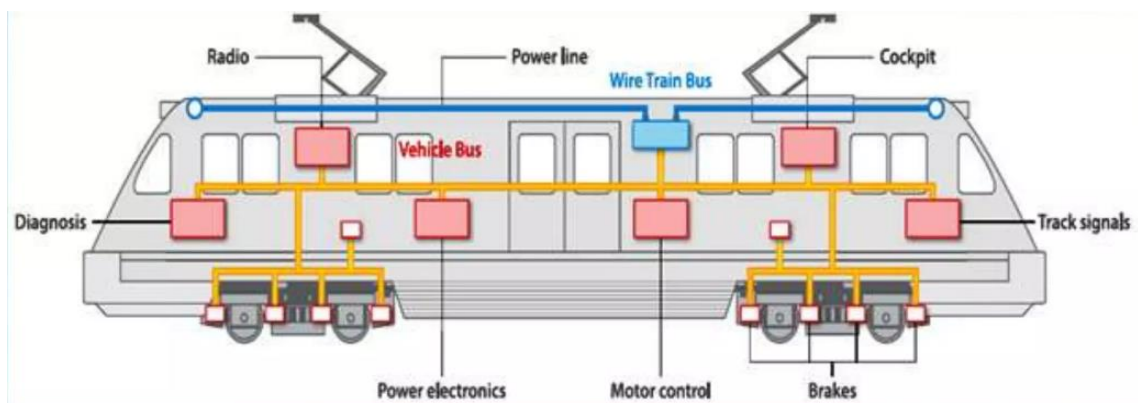


Рисунок 11 – Інфраструктура сучасного поїзда

Основне завдання цих шин – забезпечення єдиного інформаційного каналу між різними одиницями рухомого складу. І тому використовуються протоколи

реального часу. Крім того, WTB забезпечує PDM - Process Data Marshalling, LFLD - Line Fault Location Detection, Network Management, Conformity Arrangements.

Основні обмеження:

- необхідність повної переадресації пристроїв (коли причіпляється або відчеплюється вагон);
- певна кількість вагонів у складі (не більше 22).

У свою чергу, MVB-шина забезпечує взаємодію між різними датчиками, актуаторами та ПЛК. Використовується архітектура master-slave. Причому допускається використання кількох пристроїв типу “ master ” у мережі. Формат спілкування подано на рис. 12.

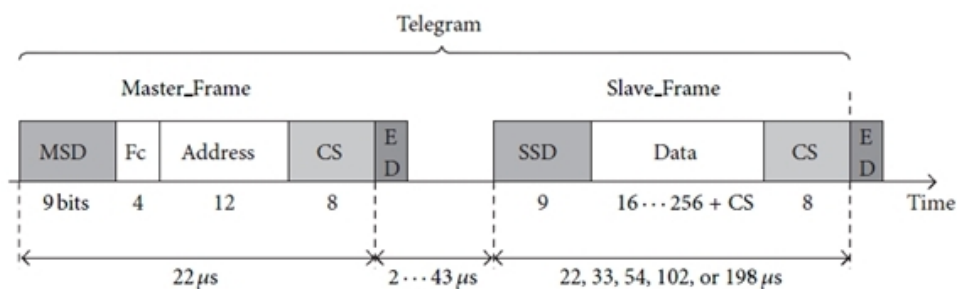


Рисунок 12 – Формат протоколу у шині MVB

Для побудови інфраструктури MVB/WTB можуть використовуватися такі середовища передачі:

- ESD ( **E**lectrical **S**hort **D**istance ). Забезпечує зв'язок на відстані близько 20 метрів, найчастіше застосовується для підключення пристроїв в одному корпусі;
- EMD ( **E**lectrical **M**edium **D**istance ). Використовується для забезпечення зв'язку на відстані близько 200 метрів, можливе підключення до 32 пристроїв;
- OGF ( **O**ptical **G**lass **F**iber ) - відстань близько 2000 метрів. Основне застосування - там, де потрібна висока заводо захищеність (на локомотивах, наприклад).

Тепер кілька слів хотілося б сказати про класи MVB-пристроїв (рис. 13). Найпростіші можна зарахувати до 1-го класу. В основному, вони призначені для

підключення до датчиків та актуаторів. Пристрої вищого класу мають CPU, їх можна конфігурувати і програмувати. Якщо заглянути в технічний опис представлених пристроїв [8], [15], [16], [17], то побачимо, що там можуть використовуватися Intel Atom N450, XScale IX435, ARM 9, Intel Core i7 та подібні процесори. Об'єм оперативної пам'яті від 512 МБ до кількох Гб. Працюють під відомими ОС (включаючи Windows, Linux, QNX). Для деяких пристроїв можлива розробка програм мовами програмування, як «С» або «Perl».



Рисунок 13 – MVV-пристрої

Сучасна інфраструктура поїзда передбачає використання різних мультимедіа-пристроїв (у тому числі смартфонів або планшетів), за допомогою яких можливо підключатися до внутрішньої мережі поїзда та отримувати інформацію про час відправлення, прогноз погоди та інші дані, актуальні для мандрівників.

### 3.3 Аналіз інфраструктури поїзда

Тепер розглянемо детальніше можливу схему, яка може застосовуватися на сучасних поїздах, а також різні системи автоматки, які використовуються для забезпечення безпеки та комфорту пасажирів (рис. 14).

На цьому рисунку представлено одне із реальних рішень щодо побудови MVV-шини. Як можна побачити, до шини підключається безліч різних пристроїв: HVAC – система кондиціонування повітря (1), функціонал контролю різних

параметрів візка (2), інформаційна система для пасажирів (3), система діагностики (4), система освітлення (5), система контролю рівня води (6), контролери відеоспостереження (7), контролери акумуляторної батареї (8), контролери дверей (9), екстрений зв'язок (10), комунікаційна система (12). Усім цим управляє реєстратор подій – бортовий комп'ютер (11).

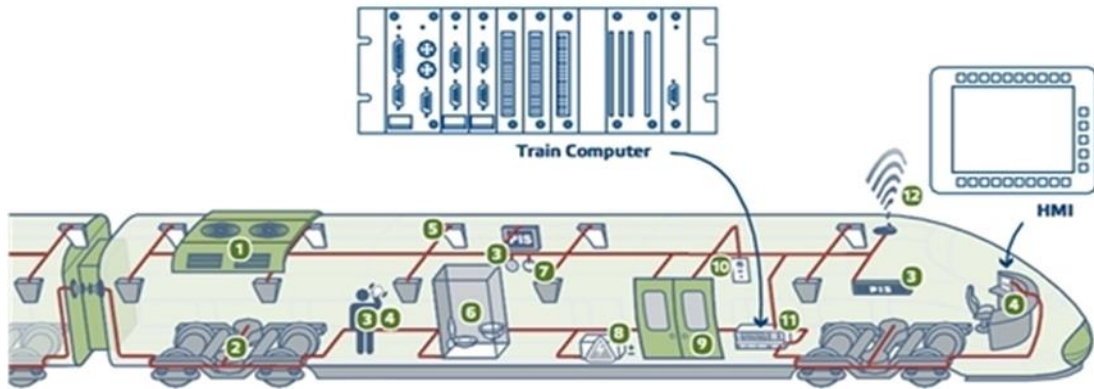


Рисунок 14 – Внутрішня структура вагона

**Система обліку пасажиропотоку** (рис. 15). Електронні квитки та електронна реєстрація на поїзд – цим, мало кого можна, здивувати. Але сучасні поїзди у своєму арсеналі неодмінно мають і систему обліку та аналізу пасажиропотоку.

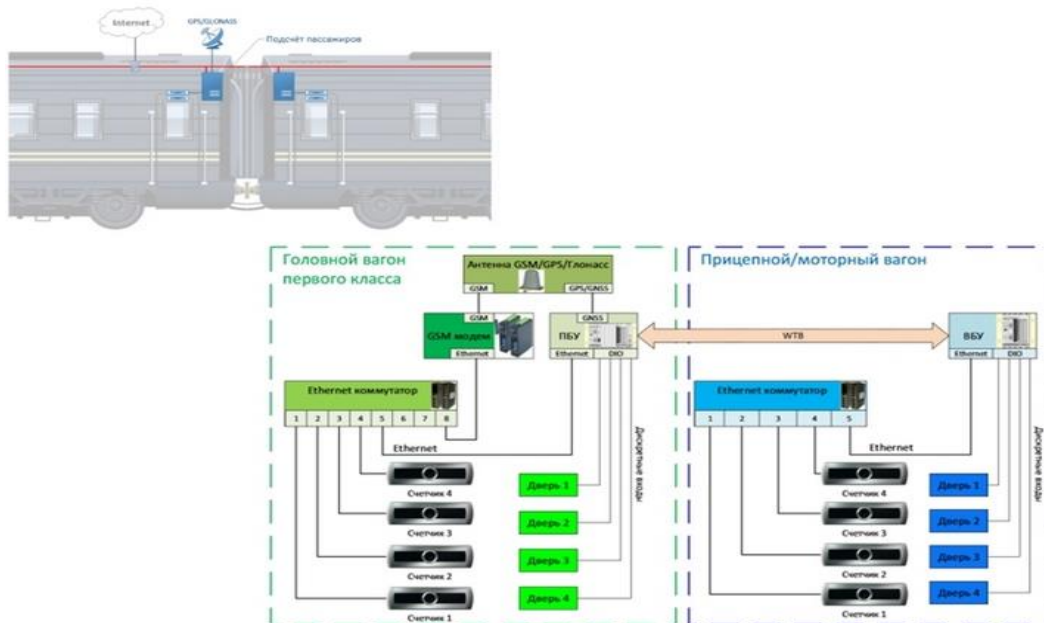


Рисунок 15 – Автоматизована система обліку та аналізу пасажирів [11]

**Система моніторингу візків та колісних пар** (рис. 16). Дана система проводить самодіагностику та моніторинг поїзда. Зокрема, має постійно працювати система моніторингу стану колісних пар. Вона відповідає за вимірювання швидкості, вібрації та інших параметрів колісних пар, і, у разі відхилення від норми, формує повідомлення, результатом яких може бути направлення на діагностичне обслуговування після прибуття на кінцеву станцію.

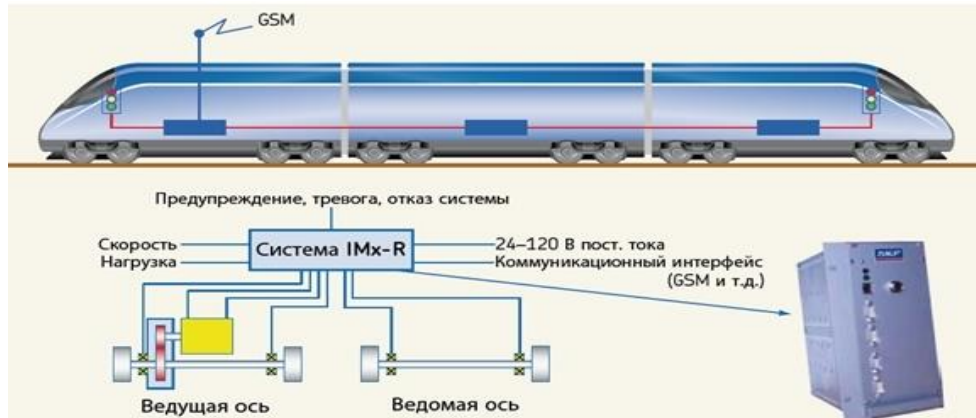


Рисунок 16 – Моніторинг візків та колісних пар [10]

**Локомотивна телеметрична система** (рис. 17). Як можна побачити на схемі, при побудові даної системи використовуються поширені протоколи, зокрема, CAN, Ethernet, RS-232, RS-485. Можуть застосовуватись промислові Ethernet-комутатори.



Рисунок 17 – Локомотивна телеметрична система [9]

### 3.4 Поїзна автоматизована система

Найбільш подібною до MVB-шини (у межах вагона), та WTB-шини у межах поїзда) є автоматизована інформаційно-діагностична система (ПАІДС) «ВІД». Проаналізуємо цю систему.

Поїзна автоматизована інформаційно-діагностична система (ПАІДС) «ВІД», розроблена НВП «ХАРТРОН-ЕКСПРЕС ЛТД» для ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод», призначена для оперативного контролю стану поїздного обладнання. Результати контролю відображаються на екрані дисплея, запам'ятовуються у базі даних, видаються як документа. ПАІДС «ВІД» встановлюється в поїздах, укомплектованих вагонами, що містять шафи розподільні системи автоматизованого управління, контролю та діагностики електрообладнання пасажирського вагона (ШР САУКД ПВ), вагонами, що містять блоки контролю та сполучення (БКС), та вагонами-автомобілевозами, що містять шафу управління та діагностичного контролю вузлів вагона-автомобілевоза (ШР УДК).

#### **Переліки сигналів, які контролюються ПАІДС:**

##### 1) Вагони, які містять ШР САУКД ПВ.

##### 1.1) Перелік сигналів про стан систем, що забезпечують безпеку:

- аварія (натискання кнопки "Аварія", замикання шин низьковольтної (н/в) магістралі на корпус ( $R_{\text{ізоляції}} < 1 \text{ кОм}$ ), пожежа в ШР САУКД ПВ, напруга бортової мережі вище максимально-допустимого значення);
- аварія генератора;
- замикання фази генератора на корпус;
- обрив фази генератора;
- перегрів букс;
- пожежна тривога;
- включення засобів пожежогасіння;
- замикання шини "плюс" низьковольтної (н/в) магістралі на корпус. Опір  $R_{\text{ізоляції}} < 1 \text{ ком}$ ;
- замикання шини "мінус" н/в магістралі на корпус. Опір  $R_{\text{ізоляції}} < 1 \text{ ком}$ ;
- замикання шини "плюс" н/в магістралі на корпус. Опір  $R_{\text{ізоляції}} < 20 \text{ кОм}$ ;
- замикання шини "мінус" н/в магістралі на корпус. Опір  $R_{\text{ізоляції}} < 20 \text{ кОм}$ ;

- контроль опору ізоляції  $R_{\text{ізоляції}}$  високовольтної (в/в) магістралі;
- кришка високовольтної (в/в) ящика відкрита;
- кожух казана відкритий;
- заповнення бака екологічно чистого туалету (ЭЧТ1) – 90 %;
- заповнення бака ЕЧТ2 – 90 %;
- аварія ЕЧТ1;
- аварія ЕЧТ2;
- аварія компресора ЕЧТ;
- перегрів води у бойлері;
- рівень води в бойлері нижче за норму;
- рівень води в котлі опалення нижче за норму;
- температура води у котлі  $t_k > 95$  °З;
- відмова обмежувача;
- захист обмежувача;
- диференційний захист електронагрівача казана групи І;
- диференційний захист електронагрівача казана групи ІІ;
- тепловий захист електрокалорифера;
- тепловий захист вентилятора;
- теплова заштита вентилятора конденсатора;
- тиск повітря в компресорі 1 вище за норму;
- тиск повітря в компресорі 1 нижче за норму;
- тиск повітря в компресорі 2 вище за норму;
- тиск повітря в компресорі 2 нижче за норму;
- аварія модуля 1 перетворювача кондиціонера;
- аварія модуля 2 перетворювача кондиціонера;
- аварія модуля 3 перетворювача кондиціонера;
- сигнали ППКП;

## 1.2) Перелік контрольованих сигналів про стан обладнання.

### 1.2.1) Електропостачання:

- режим управління "Автоматичний";
- режим управління "Ручний";
- нормальний режим н/в магістралі;

- живлення у магістраль;
- живлення від магістралі;
- 1 ступінь;
- 2 ступінь;
- 3 ступінь;
- мережа 380, 50 Гц;
- струм акумуляторної батареї;
- струм генератора;
- напруга бортової мережі.

#### 1.2.2) Опалення:

- в/в магістраль;
- електромагнітний клапан водяного опалення;
- насос опалення;
- електронагрівання котла групи I;
- електронагрівання котла групи II;
- електрокалорифер;
- н/в опалення;
- температура води у котлі  $t_k > 90^\circ\text{C}$ ;
- температура води у котлі;
- напруга внутрішньої магістралі;
- струм в/в магістралі;

#### 1.2.3) Кліматична установка:

- кліматичне обладнання;
- режим "Охолодження";
- повітря в салоні. Відстій;
- повітря в салоні.  $(t-2)^\circ\text{C}$ ;
- повітря в салоні.  $(t-1)^\circ\text{C}$ ;
- повітря в салоні.  $t^\circ\text{C}$ ;
- температура повітря в салоні  $(t + 1)^\circ\text{C}$ ;
- температура повітря в салоні  $(t + 2)^\circ\text{C}$ ;
- заслінка 1 закрита;

- заслінка 1 відкрита;
- заслінка 2 закрита;
- заслінка 2 відкрита;
- температура повітря у салоні;
- температура зовнішнього повітря;
- температура припливного повітря;
- потужність нагнітання компресора 1;
- потужність нагнітання компресора 2;
- потужність всмоктування компресора 1;
- потужність всмоктування компресора.

#### 1.2.4) Особливі споживачі:

- радіоустановка;
- відеоустановка;
- кип'ятильник;
- мікрохвильова піч;
- бойлер;
- холодильник;
- розетки;
- пожежна заслінка відкрита;
- блокування дверей;
- прийом повідомлень;
- архів САУКД;
- архів УПС;
- службова інформація;
- живлення ЕЧТ;
- заповнення бака ЕЧТ1 – 85%;
- заповнення бака ЕЧТ1 – 50%;
- заповнення бака ЕЧТ1 – 15%;
- заповнення бака ЕЧТ2 – 85%;
- заповнення бака ЕЧТ2 – 50%;
- заповнення бака ЕЧТ2 – 15%;
- температура води у водоохолоджувачі.

## 2) Вагони, із БКС.

### 2.1) Перелік сигналів про стан систем, що забезпечують безпеку:

- максимальна напруга;
- мінімальна напруга;
- перегрів букс;
- напруга бортової мережі поза діапазоном;
- напруга обмежувача поза діапазоном;
- струм генератора поза діапазоном;
- струм акумуляторної батареї поза діапазоном (розряд);
- сигнали ППКП.

### 2.2 ) Перелік контрольованих сигналів про стан обладнання:

- харчування в н/в магістраль;
- харчування від магістралі;
- нормальний режим;
- батарея;
- генератор;
- включення компресора;
- включення компресора 1/3;
- включення компресора 2/3;
- включення компресора 3/3;
- охолодження;
- кліматичне встановлення;
- насос опалення;
- електрокалорифер;
- вентилятор;
- підігрів олії;
- охолодження;
- кип'ятильник;
- холодильник.

### **Улаштування та принцип роботи.**

Структурно система складається з поїзного та вагонного рівнів. Поїздний рівень включає персональний комп'ютер (ноутбук), встановлений у штабному вагоні поїзда, вагонний - промислові контролери, встановлені в ШР САУКД ПВ, БКС і ШР УДК. Взаємодія ноутбука з контролерами здійснюється через мережу, прокладену вздовж поїзда.

І ноутбук, і промислові контролери оснащені програмами, які дозволяють їм обмінюватися мережею. Користувач ПАІДС «ВИД» працює з ноутбуком. Його запити та вимоги передаються промисловим контролерам, кожен з яких збирає інформацію про той вагон, де він встановлений та передає її на ноутбук. Крім цього, додаткову інформацію можна отримати ноутбуком від пристроїв, якими він додатково оснащується (наприклад, від приймача GPS системи глобального позиціонування).

Отримана інформація аналізується у ноутбуці. Її обсяг дозволяє оцінити стан електрообладнання всіх вагонів та поїздів загалом. Початкова інформація та результати аналізу відображаються на екрані дисплея ноутбука. Якщо виникла аварійна ситуація, то видається повідомлення та лунає звуковий сигнал, який може бути припинено, тільки якщо користувач системи ознайомився з повідомленням. Вся необхідна інформація запам'ятовується у базі даних ПАІДС «ВИД». За результатами роботи видається звіт.

### **Підготовка до роботи та порядок роботи.**

Після ввімкнення ноутбука. На екрані дисплея з'являться повідомлення про хід роботи програм перевірки комп'ютера, початкове завантаження та запуск операційної системи WINDOWS. Потім відбувається автоматичний запуск програмного забезпечення ПАІДС «ВИГЛЯД» і на екрані дисплея з'являється вікно, зображене на рис. 18.

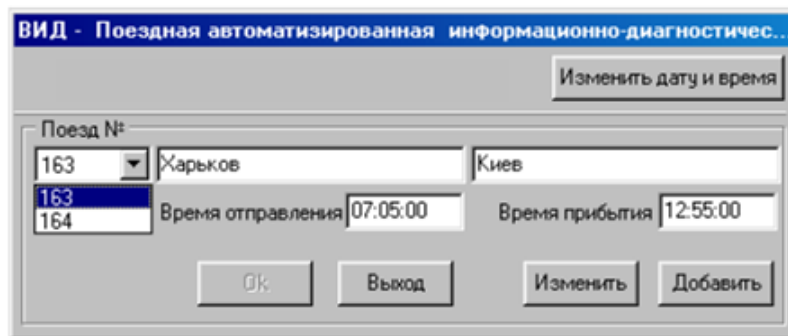


Рисунок 18 – Вікно вибору поїзда, маршруту та часу

Це означає, що можна приступати до роботи із системою. Взаємодія з нею здійснюється за допомогою клавіатури чи маніпулятора «миша».

У полі з номерами поїздів (крайнє ліве поле) виберіть зі списку номер поїзда та натисніть кнопку « **ОК** ». Якщо в списку немає номера поїзда, натискається кнопка « **ДОДАТИ** ». З'являється вікно для введення відомостей про поїзд, зображене на рис. 19. Якщо відомості про поїзд вказані неправильно, у полі з номерами поїздів вибирається його номер та натискається кнопка « **ЗМІНИТИ** ». З'являється вікно для введення інформації про поїзд, зображене на рис.19. Робота із вікном, зображеним на рис. 19, завершується поверненням у поточне вікно. Робота з поточним вікном завершується натисканням кнопки " **ОК** " або кнопки " **ВИХІД** ". У цьому вікно модифікується до виду, зображеному на рис. 18 або робота із системою завершується.

При необхідності змінити поточну дату та час можна скористатися кнопкою – « **ЗМІНИТИ ДАТУ І ЧАС** ».

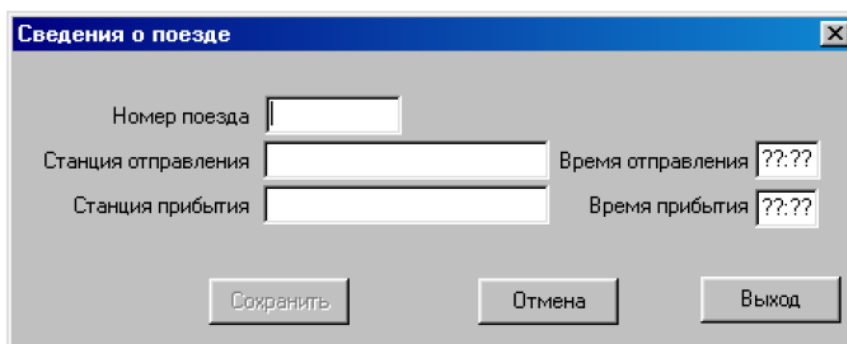


Рисунок 19 – Вікно введення відомостей про поїзд

У полі **Номер поїзда** можна ввести номер поїзда. У полях «**Станція відправлення**» та «**Станція прибуття**» вказується початковий та кінцевий пункти маршруту. У полях "**Час відправлення**" та "**Час прибуття**" - потрібні значення.

Натиснувши кнопку «**Зберегти**», збережуться введені відомості. При натисканні кнопок «**Скасування**» або «**ВИХІД**» відбувається повернення у вікно, зображеному на рис. 18.

Тип вагона	Ботровой номер вагона	Номер вагона в составе
61-706х	043-99999	1
61-706х	043-00002	2
61-706х	043-00003	3

Рисунок 20 – Вікно вибору кількості вагонів у поїзді

У цьому вікні (рис. 20) вибираються дані, згруповані в «**Список вагонів, що входять до складу поїзда**» (тип вагона, заводський та порядковий номери вагонів). Якщо вони не потребують корекції, натискається кнопка «**ПОЧАТИ РОБОТУ**», яка дозволяє перейти до основного режиму роботи системи (рис. 22) (рис. 23).

Натискання кнопки **«ВИХІД»** завершує роботу системи. Якщо їх необхідно оновити, потрібно натиснути кнопку **«ОНОВИТИ»**, попередньо ввімкнувши ШР САУКД ПВ, БКС та ШР УДК у всіх вагонах.

Після натискання кнопки **«ОНОВИТИ»**, програма запросить пароль, що дозволяє виконання цієї операції (рис. 21).

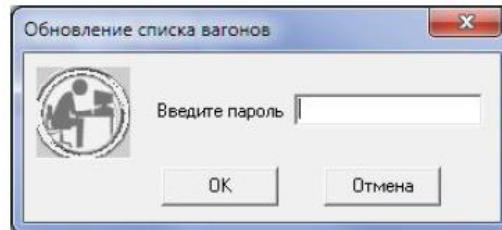


Рисунок 21 – Введення пароля

Введіть пароль та натисніть кнопку **«ОК»**.

При першому запуску після встановлення на персональний комп'ютер програма виведе запит на зміну пароля, встановленого за замовчуванням (рис. 22).

Стандартний пароль 0000.

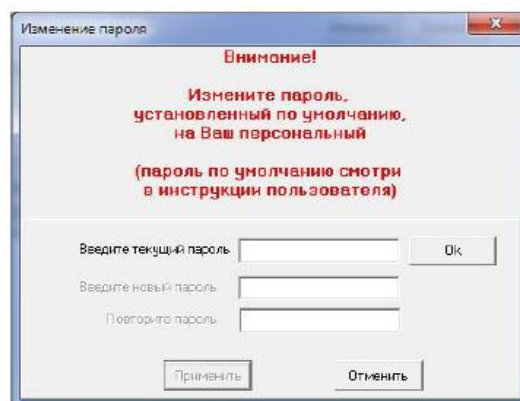


Рисунок 22 – Зміна пароля за промовчанням

У полі **«Введіть поточний пароль»** вводиться 0000 (чотири цифри нуль) та натискається кнопка **«ОК»**.

Якщо введено правильний пароль, поля **"Введіть новий пароль"** і **"Повторіть пароль"** стануть доступними для використання.

Заповнюються поля «Введіть новий пароль» та «Повторіть пароль». При збігу паролів кнопка «Застосувати» стане доступною.

Щоб зберегти встановлений пароль, натисніть кнопку «Застосувати».

Вікно, зображене на рис. 22 закриється і на екран буде виведено вікно, зображене на рис. 21. Вводиться пароль і натисніть кнопку «ОК».

З'явиться вікно пошуку вагонів, зображене на рис. 24, після закриття якого дані, що містяться у груповому вікні "Список вагонів, що входять до складу поїзда", оновляться. Необхідно лише вказати системі порядкові номери вагонів у складі поїзда, що відповідають знайденим заводським номерам (на їхньому місці будуть символи «?»).

Для зміни поточного пароля, натискається на стрілочку, розташовану на кнопці з написом «Оновити» (рис. 20) і на напис «Змінити пароль», що з'явився.

На екрані монітора буде виведено вікно, зображене на рис. 23.

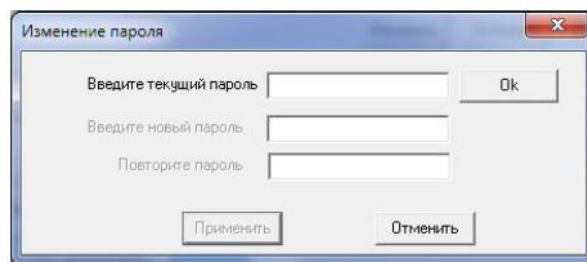


Рисунок 23 – Вікно зміни пароля

Заповнюються всі поля введення та натискається кнопка «Застосувати».

З появою вікна (рис. 24) система перетворюється на режим пошуку вагонів у складі поїзда. Знайдений вагон повідомляє системі свій тип та заводський номер. Після завершення пошуку вікно закривається і здійснюється повернення у вікно, зображене на рис. 20. Якщо всі вагони знайдені, а система продовжує пошук, процес пошуку можна зупинити, натиснувши кнопку «Зупинити».

Основний режим роботи дозволяють отримати повну та вичерпну інформацію про роботу системи в цілому, та кожного вагона, що обслуговується системою, зокрема, а також дозволяє дистанційно вмикати та вимикати



усіма пунктами зупинок, часом прибуття та вибуття, поточне положення поїзда на маршруті. За наявності системи глобального позиціонування, розташування поїзда, швидкість та напрямок його руху можна побачити у додатковому вікні.

У центрі вікна на світлому фоні наведено умовне зображення вагонів, що входять до поїзда. Якщо немає зв'язку з вагоном, або сигнали, контрольовані системою, знаходяться поза допустимими межами, змінюється колір вагона і на екран виводиться додаткове вікно з відповідним текстом. Виникає і попереджувальний звуковий сигнал, який може бути припинено, лише якщо користувач ознайомився з повідомленням.

У нижній частині екрана міститься перелік поточних повідомлень про відхилення в роботі електроустаткування. Повідомлення автоматично видаляються з цієї області під час усунення відхилень у роботі електрообладнання. Поява та зникнення різних ситуацій заноситься до бази даних системи до архіву подій.

Також у нижній частині вікна вказані клавіші, що використовуються під час роботи у цьому вікні:

← – попередній вагон;

→ – наступний вагон;

F2 – аварійні сигнали вагона (всі типи);

F3 - екран САУКД вагона (тільки ШР САУКД);

F4 – паспорт вагона (всі типи);

F5 – архіви ШР САУКД);

F6 – аналогові сигнали (тільки ШР САУКД);

F7 – спожита електроенергія (тільки ШР САУКД);

F8 – архів подій;

F9 – синхронізація дати та часу (ШР САУКД, ШР УДК);

F10 – розташування та швидкість поїзда (тільки за наявності у складі системи « GPS системи глобального позиціонування»).

Клавіші переміщення («←», «→») використовуються для навігації вагонами, зображеними у верхній частині вікна. В активному вагоні бортовий номер зображений білим кольором (в решті – чорним).

Натиснувши кнопку миші над зображенням потрібного вагона, або натискаючи кнопки переміщення («←», «→»), вибирається потрібний вагон і натискається кнопка «F2» на клавіатурі.

На екран буде виведено додаткове вікно, що відобразить стан усіх систем вагона (рис. 26). Вміст цього вікна залежить від моделі вагона та складу електрообладнання, встановленого у вагоні.

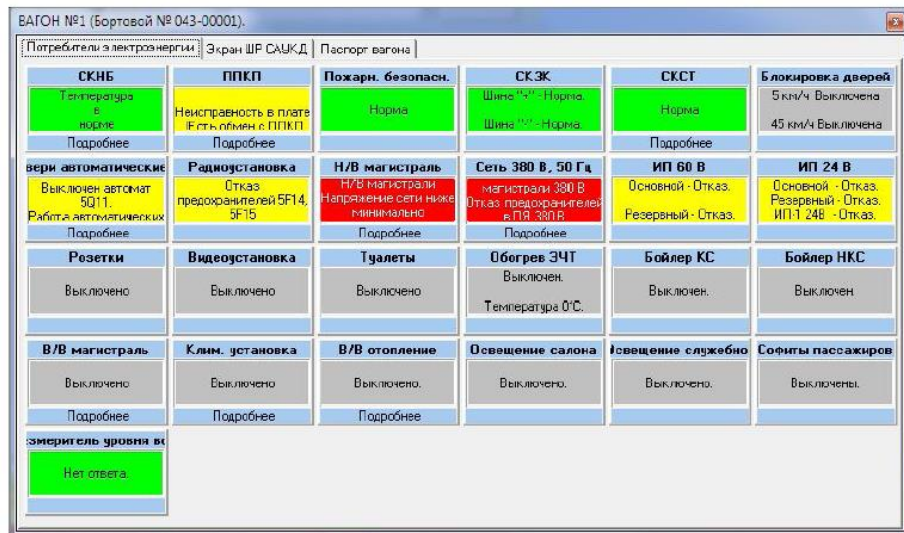


Рисунок 26 – Стан системи вагонів

Натискаючи кнопки переміщення («←», «→»), вибирається потрібний вагон і натискається кнопка «F3» на клавіатурі.

На тлі поточного вікна з'являється екран ШР САУКД активного вагона (рис. 27).

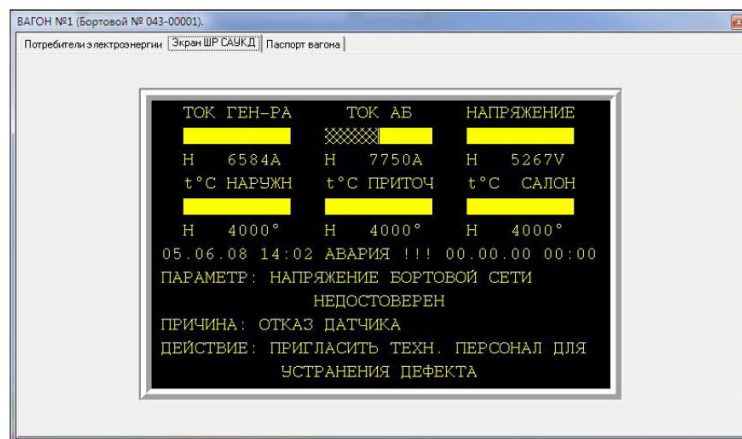


Рисунок 27 – Екран САУКД активного вагона


Натискаючи клавіші переміщення («←», «→») вибирається потрібний вагон, та натисніть клавішу **F4** на клавіатурі.

Відповідно з'являється вікно паспорту активного вагона (рис.28).

Вагон		Процессорная плата	
Тип	Купе	Тип	6030.01
Бортовой номер	043-00001	Заводской номер	1234567890
Записать в ШР САУКД		Порядковый номер	1
Программное обеспечение			
Заказ			
Версия			
Редакция			
Дата	01.01.2008		
Время	16:30		
Контрольная сумма	4860		

Рисунок 28 – Паспорт вагона

Інформацію про вагон (тип та бортовий номер) зміняться, ввівши необхідні дані та натиснувши кнопку «**Запис у ШР САУКД**».

Для завантаження архівів із ШР САУКД натискається клавіша «**F5**». На екрані дисплея з'явиться вікно управління завантаженням архівів із ШР САУКД до ноутбука для їхнього подальшого перегляду (рис. 29). Для завантаження архіву необхідно відзначити обраний вагон і дочекатися закінчення завантаження архіву. Одночасно можна завантажувати архіви з кількох вагонів. Після появи напису «**Архів ШР САУКД завантажений**» у колонці «**Стан**» вміст архіву можна переглянути, навіщо виділяється відповідний рядок у таблиці, і зробити подвійний клік мишкою чи натиснувши кнопку «».

Щоб переглянути аналогові сигнали, натискається клавіша «**F6**». На дисплеї з'явиться вікно аналогових сигналів усіх вагонів, що містять ШР САУКД (рис. 30). Перелік аналогових сигналів може змінюватись, залежно від типів вагонів, що входять до складу поїзда. Щоб переглянути потрібний параметр, натискається відповідна кнопка, що знаходиться в правій частині вікна.

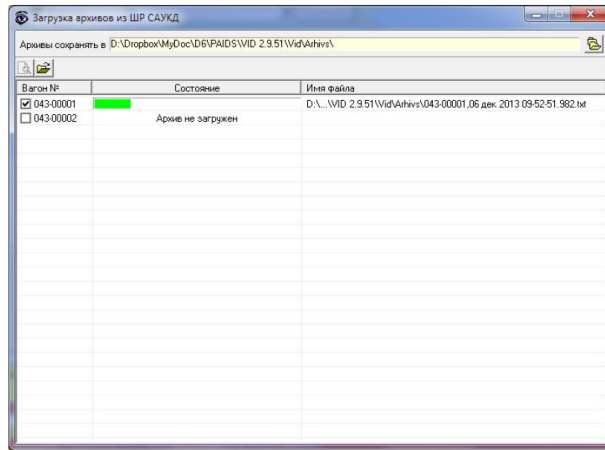


Рисунок 29 – Завантаження архівів ШР САУКД

При наявності принтера стан всіх аналогових сигналів може бути роздрукований у вигляді таблиці, для чого натискається кнопка друк.

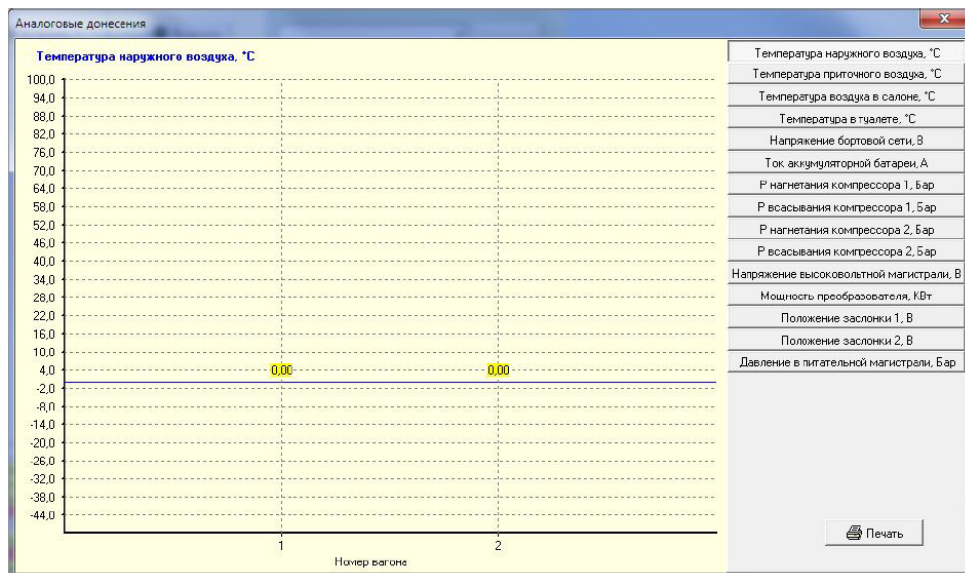


Рисунок 30 – Аналогові сигнали

Щоб переглянути архів спожитої електроенергії, натискається клавіша «F7». На екрані дисплея з'явиться вікно архіву спожитої електроенергії всіх вагонів, що містять ШР САУКД (рис. 31).

Щоб переглянути потрібний параметр, натискається відповідна кнопка, яка знаходиться у правій частині вікна.







табло переходить в автономний режим, з відображенням інформації, що зберігається в її енергонезалежній пам'яті.

Інформація для динамічного режиму (рядок, що біжить) надходить у табло з ноутбука. Вона може бути набрана в рядку **"Ваш текст"** або завантажена з файлу. Після вибору пункту **"Записати біжучий рядок"** інформація буде передана з ноутбука в табло, а після вибору пункту **"Показати біжучий рядок"** табло перейде в автономний режим, і передана інформація буде відображатися. Для повернення статичний режим виведення інформації вибирається пункт **"Статичний"**.

Якщо зв'язок буде перервано, через 30 секунд табло перейде в автономний режим роботи.

Після вибору пункту **"Встановити дату та час"** дата та час годинника, встановленого в табло, будуть відкориговані за датою та часом годинника ноутбука.

Якщо мишу підвести до лівого, правого або нижнього краю панелі керування інформаційними табло, панель зникне з вікна основного режиму роботи.

**Блокування дверей** можливе лише при автоматичному керуванні дверима. Блокуються обидві двері, розташовані в одному тамбурі.

Заблоковані двері зображуються з перекресленим номером дверей (рис. 35).

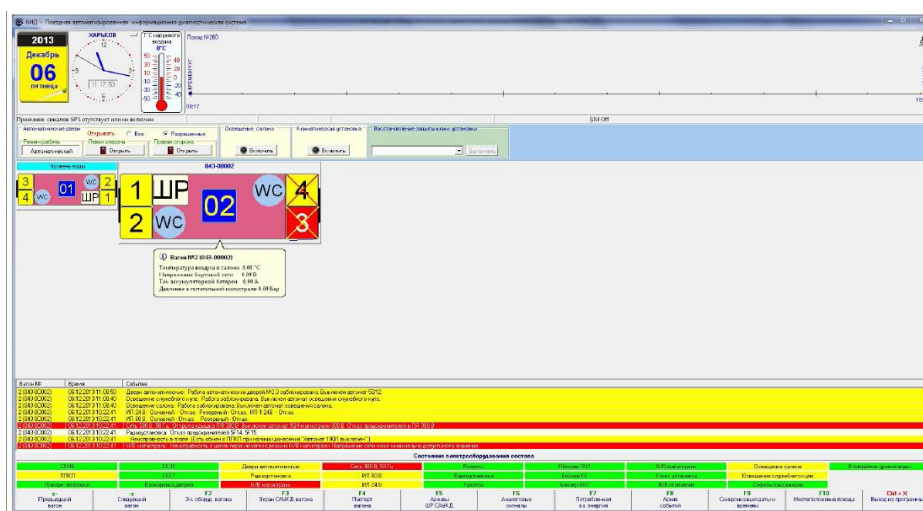


Рисунок 35 – Блокування дверей

Для увімкнення або вимкнення блокування дверей підводиться покажчик «миші» до потрібного вагона. Зображення вагона збільшиться. Навівши покажчик «миші» на потрібні двері та натиснувши ліву кнопку «миші». Стан блокування зміниться на протилежний.

При деякому доопрацюванні цієї системи з шинами MVB і WTB її можна сміливо застосувати в нових вагонах, які так необхідні для пасажирського господарства.

Крім того, дані конструкторські зміни закладуть можливість створення нових нормативних документів і до певного економічного ефекту.

## 4 ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ

### 4.1 Аналіз чисельності поїзного штату

Для розрахунку чисельності поїзного штату використовується чинна нормативна база « Наказ АТ «Укрзалізниця» від 21.05.2010 № 369-Ц «Типові норми часу на підготовку рейсів та обслуговування провідниками на шляху прямування пасажирських вагонів».

Технологічна (явочна) чисельність провідників пасажирських вагонів у кварталах визначається за формулою:

$$K_{np} = \frac{B \cdot P \cdot H \cdot T}{\Phi_{kv}},$$

де  $K_{np}$  – технологічна (явочна) чисельність провідників пасажирських вагонів,  $B$  – кількість вагонів у складі поїзда,  $P$  – кількість рейсів поїзда за квартал,  $H$  – норма обслуговування вагонів провідниками,  $T$  – робочий час одного провідника за рейс, визначений графіком,  $\Phi_{kv}$  - Норма робочого часу одного провідника за квартал.

Технологічна (явочна) чисельність начальників пасажирських поїздів згідно з цим наказом, встановлюється з розрахунку один на поїзд далекого та місцевого сполучення, поїзних електромеханіків з розрахунку один на поїзд далекого та місцевого сполучення.

Розрахунок чисельності начальників пасажирських поїздів обчислюється на кожен поїзд за формулою:

$$K_{H(E)} = \frac{P \cdot T}{\Phi}$$

де  $K_{H(E)}$  – кількість начальників пасажирських поїздів чи ПЕМ,  $P$  – кількість рейсів за обліковий період,  $T$  – робочий час за рейс одного начальника пасажирського поїзда чи поїздного електромеханіка, за нормами обслуговування пасажирських вагонів провідниками,  $\Phi$  – норма робочого дня одного робітника за обліковий період. Розрахунок чисельності наведено у додатку А. Результати розрахунків згруповані та зведені до таблиці VII.

Таблиця - VII Розрахункова чисельність поїзного штату

Підприємство	Провідників	ЛНП	ПЕМ	Усього на підприємстві
1.ВЧ-1 Київ-Пасажирський	2490	101	101	2692
2.ВЧ-2 Жмеринка	446	18	18	482
3.ВЧ-3 Хмельницький	423	17	17	458
4. ВЧ-4 Шевченка	299	12	12	324
5. ВЧД-3 Одеса-Гол.	1199	49	49	1297
6. ВЧД-13 Миколаїв	602	24	24	651
7. ВЧД-8 Львів	1161	47	47	1255
8. ВЧД-6 Чернівці	569	23	23	615
9. ВЧД-14 Ковель	532	22	22	575
10. ВЧ-5 Ужгород	206	8	8	222
11. ВЧ-7 Харків	1047	42	42	1131
12. ВЧ-6 Суми	258	10	10	279
13. ВЧ-8 Полтава	254	10	10	275
14. ВЧД-11 Дніпро	1019	41	41	1102
15. ВЧД-7 Запоріжжя	684	28	28	740
16. ВЧ-9 Кривий Ріг	459	19	19	496
17. ВЧД-2 Маріуполь	788	32	32	852
<b>Усього</b>	<b>12437</b>	<b>504</b>	<b>504</b>	<b>13445</b>

З розрахунку чисельності поїзного штату видно, який контингент необхідний забезпечення поїздів при технічному і нормативному знеособленні, що діє нині. Розрахунки проводилися виходячи з графіка руху поїздів 2019-2020, наведеного в додатку Б.

Для тенденції зміни поїзного штату візьмемо до розрахунку один із поїздів, зокрема, поїзд №63/64 сполученням «Харків – Київ» (рис.36).

#### 4.2 Аналіз зміни поїзного штату під час впровадження моніторингу

Обслуговування пасажирів в дорозі №63/64 сполученням «Харків - Київ» здійснювалося поїзною бригадою в наступному складі:

- 1 начальник поїзда; - 1 поїзний електромеханік; - 23 провідники.



Рисунок 36 – Потяг №63 / 64 сполученням «Харків - Київ»

Робота поїзної бригади поїзда під час рейсу здійснювалася з нормативом обслуговування вагонів у рейсі 3 провідники на 2 вагони, на хвостових вагонах 2 провідники (рис.37).

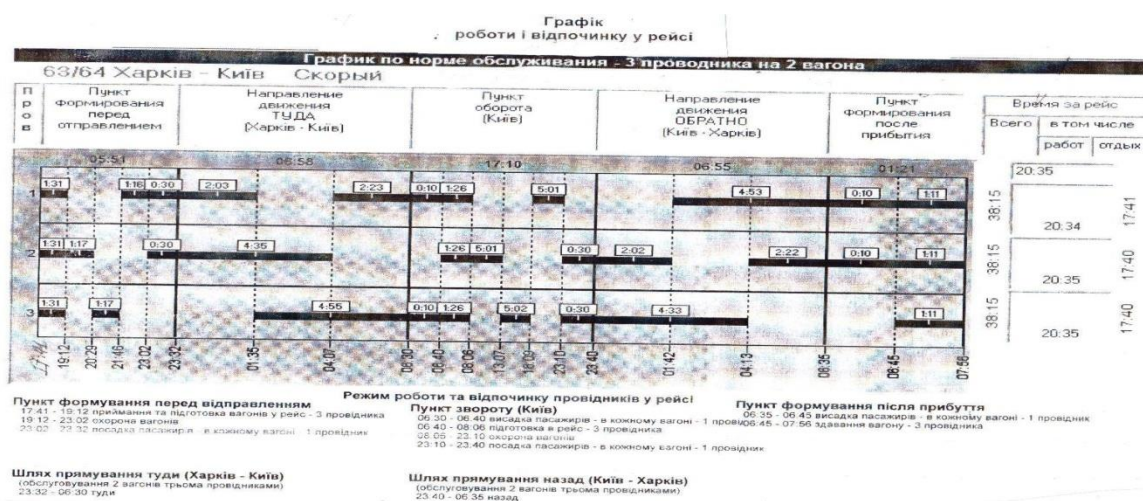


Рисунок 37 – Графік роботи та відпочинку провідників пасажирських вагонів поїзда №63/64 за норми 3 провідника на 2 вагони

У рамках проекту обслуговування пасажирів при встановленій системі моніторингу безпеки, в дорозі поїзда №63/64 сполученням «Харків - Київ» здійснює поїзна бригада в наступному складі:

- 1 – начальник поїзда;

- 2 - поїзна електромеханіка (для контролю системи моніторингу);
- 17 – провідників;
- 5 – мийників – прибиральників.

Робота поїзної бригади поїзда № 63/64 сполученням «Харків-Київ» під час рейсу здійснюється з нормативом обслуговування вагонів у рейсі 1 провідник на 1 вагон, на хвостовому вагоні 2 провідники на вагон (рис. 38).



Рисунок 38 – Графік роботи та відпочинку провідників пасажирських вагонів поїзда №63/64 за норми 2 провідника на 2 вагони

Зміни у роботі поїзних електромеханіків ( ПЕМів ) (рис. 39):

- поїзд №63/64 сполученням «Харків - Київ» під час рейсу обслуговують два ПЕМи по черзі;
- по станції Полтава – Київська, в обох напрямках, проходить заміна локомотива, стоянка становить 20 хв., тому працюють два ПЕМи одночасно;
- по станціях Полтава – Київська та Київ-Пасажирський додатково до обов'язків ПЕМів входить оббивка підвагонного обладнання від льоду (в зимовий час.)
- по станції Київ-Пасажирський ПЕМ здійснюватимуть постійний контроль за технічним станом вагонів поїзда за допомогою системи моніторингу.

ГРАФІК  
роботи та відпочинку поїзних електромеханіків - 2 ПЕМа на склад потягу  
сполученням №63/64 Харків-Київ  
(експеримент)

ПЕМ	Пункт формування перед відправленням - 02:44	Напрямок руху туди (Харків-Київ) - 06:58			Пункт звороту (Київ) - 17:10	Напрямок руху зворотно (Київ-Харків) - 06:55			Пункт формування після прибуття 01:15	Час за рейс		
		Всього	Роботи	Відпочинку		Всього	Роботи	Відпочинку				
1	2:44	2:33			8:44	4:34			1:15	35:02	19:50	15:12
			0:20				0:20					
2	2:44		4:45		8:26		2:41		1:15	35:02	19:51	15:11
	20:48	23:32	1:45	2:05	6:30	15:14	23:40	3:54	4:14	6:35	7:50	

Рисунок 39 – Графік роботи та відпочинку поїзних електромеханіків

### Зміна роботи провідника пасажирського вагона.

У пункті обороту після проведення регламентних робіт провідники пасажирських вагонів здають вагони мийникам – прибиральникам та відпочивають.

Маючи більше вільного часу, провідники пасажирських вагонів зможуть більше приділити часу відпочинку та зовнішньому вигляду (рис. 40).



Рисунок 40 – Зовнішній вигляд провідника

Після відпочинку провідники пасажирських вагонів застилають постільною білизною місця у вагонах СВ, приймають вагони від мийників - прибиральників, проводять роботи з підготовки вагонів у рейс та здійснюють охорону вагонів до відправлення поїзда в рейс з пункту обороту.

Для прибирання вагонів, санітарних вузлів, забруднень, що виникають під час рейсу (салон, тамбур, перехідні майданчики вагона) в дорозі замість

провідників вагонів залучаються мийники - прибирачі рухомого складу (рис. 41, 42).

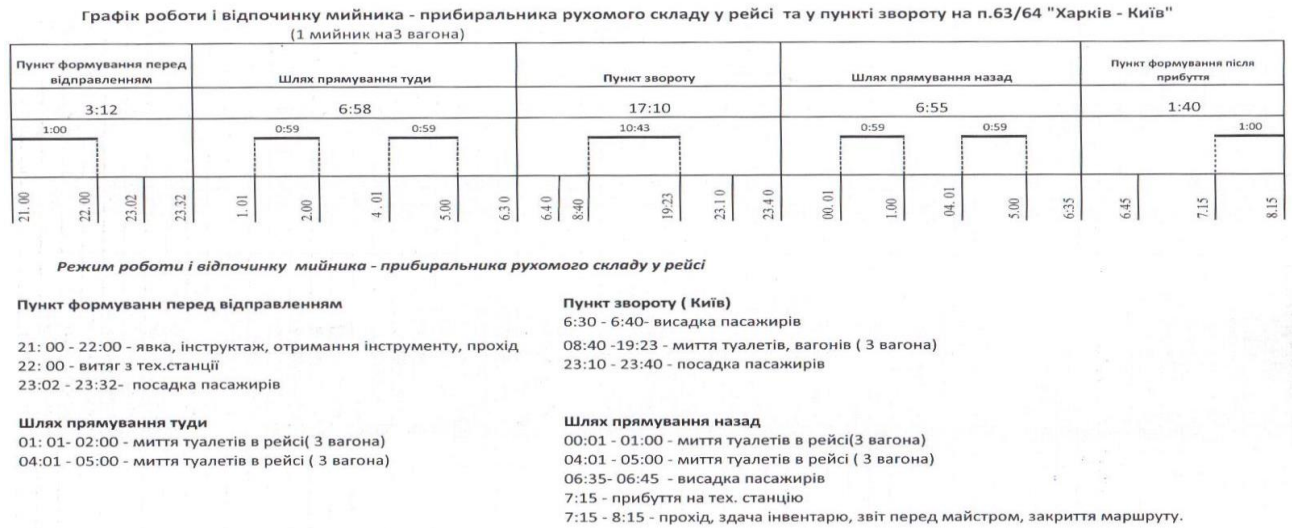


Рисунок 41 – Графік роботи та відпочинку мийників – прибиральників



Рисунок 42 – Робота бригади мийників-прибиральників

Перелік функцій у пункті обороту, які від провідників пасажирських вагонів покладаються на мийників – прибиральників (рис.42):

- зібрати велике сміття по вагону;
- Згорнути килимові покриття;
- прибрати пил з килимових доріжок за допомогою пилососу;
- зробити сухе прибирання у вагоні дотримуючись норм санітарної гігієни: прибрати пил у вагоні (тамбура, купе вагона, салон, коридори); звільнити сміттєві ящики від сміття; видалити сміття з вагона, спеціально призначене місце.

Додатково до функцій мийників - прибиральників входить внутрішнє прибирання санітарних вузлів (сухе та вологе) та внутрішнє прибирання вагонів (вологе).

**Очікувана економія** фонду оплати праці при впровадженні нової норми обслуговування (1 провідник на один вагон) у рейсі поїзда №63/64 з урахуванням впровадження мийників-прибиральників у рейсі за місяць показано в табл. VII.

Таблиця VIII - Аналіз фонду оплати праці

Фонд оплати праці провідників пасажирських вагонів у т.ч. :		
Оклад провідника (грн.)		5480
Кількість провідників ( шт.од. )	22 шт.од.	-
Основна заробітна плата (грн.)		120560
Додаткова заробітна плата (грн.) (у т.ч. факт. премія 34% згідно з УТО за 2018 р.)	110.77%	133544.31
Інші компенсаційні виплати	17.24%	20784.54
Очікуваний фонд оплати праці		274333.85
Очікуваний фонд оплати праці мийників-прибиральників на шляху прямування за місяць:		
Фонд оплати праці мийників-прибиральників у т.ч.:		
Норма часу (година)	166.9	
Година. тар. ставка мийників-прибиральників	13 шт.од.	22.88
Основна заробітна плата (грн.)		49642.736
Додаткова заробітна плата (грн.)	128%	63542.70
Інші компенсаційні виплати	11%	5460.70
Очікуваний фонд оплати праці		118646.14
Фонд оплати праці - ПЕМ за рейс	4 шт.	54 540,00

Економія за фондом оплати праці при впровадженні нової норми обслуговування (1 провідник на один вагон) у рейсі поїзда №63/64 з урахуванням впровадження мийників-прибиральників у рейсі за місяць :

$$274\ 888,85 - 118\ 646,14 - 54\ 540,00 = 101\ 702,71 \text{ грн.},$$

або - 8 % від фонду оплати праці (Рис. 43).

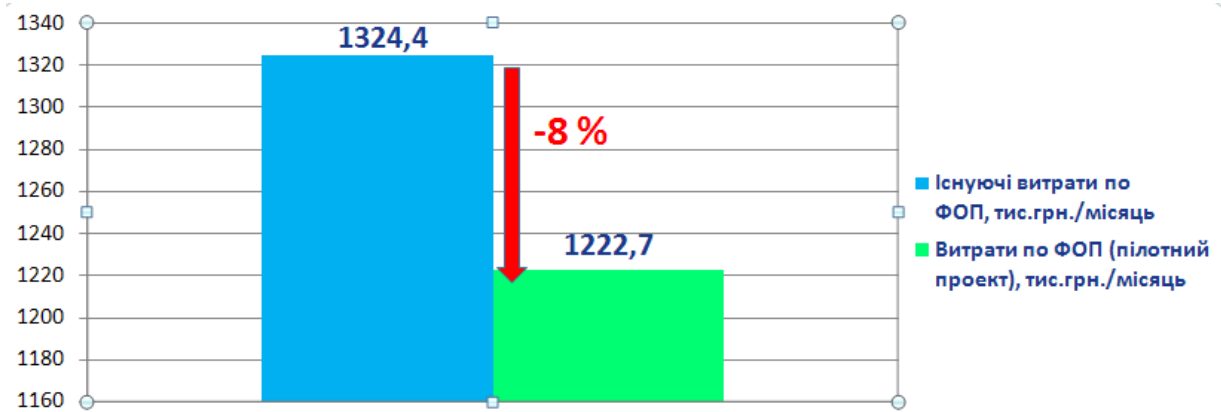


Рисунок 43 – Економічний ефект від запровадження нової норми

### 4.3 Аналіз зміни структури підприємств

Технічні зміни, у свою чергу, згодом призведуть до структурної зміни філії "Пасажирська компанія" АТ "Укрзалізниця".

Ці зміни призведуть до підвищення ефективного функціонування та розвитку виробничо-технологічного комплексу залізничного транспорту за рахунок уніфікації структури та розмежування функцій виробничих підрозділів філії.

Результатом очікується: розмежування функції у виробничих підрозділах на ремонт та експлуатацію; зменшено ланки управління виробничих підрозділів; зменшено фінансове навантаження по філії за рахунок приведення чисельності до фактичних показників перевезення пасажирів, багажу, утримання, експлуатації, технічного обслуговування та ремонту рухомого складу залізничного транспорту.

Ці зміни, можливо, будуть розбиті на три етапи:

- укрупнення структурних підрозділів підприємств, злиття керівного складу;
- мінімізація дублюючих функцій у кожному з об'єднаних виробничих підрозділів;
- приведення чисельності до фактичних показників щодо основної діяльності.

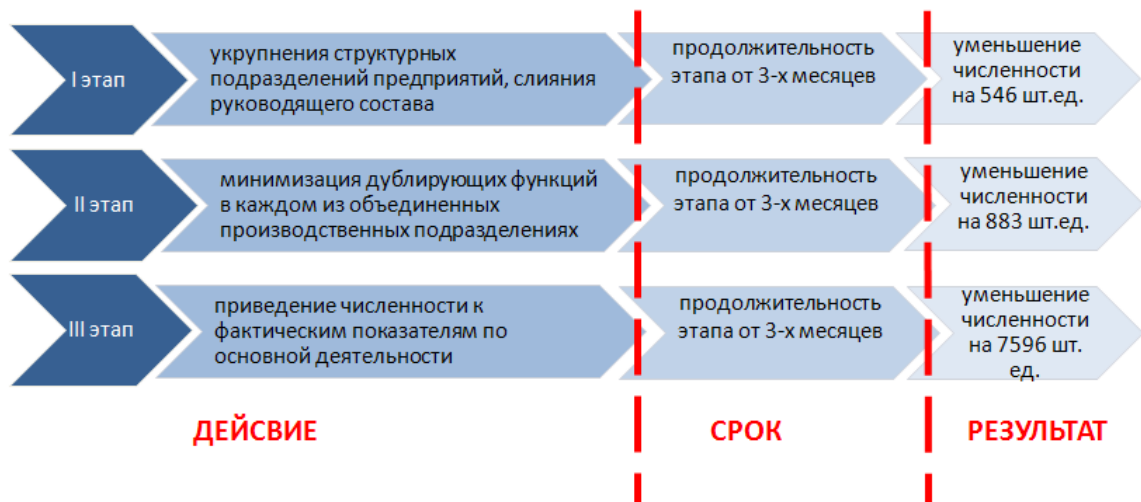


Рисунок 44 – Этапы трансформації підрозділів

Усі зміни супроводжуватимуться процесами реалізації:

- підготовка комунікаційної платформи реалізації змін та визначення стейкхолдерів процесу;
- поширення інформації про зміни засобами корпоративного інформування щодо залучення лідерів громадських думок з метою формування середовища цих змін;
- обговорення змін щодо стейкхолдерами процесу з метою пом'якшення соціальної напруженості та прийняття оптимального рішення щодо реалізації;
- Впровадження матриці розподілу функціоналу з метою контролю повноти функціональних обов'язків укрупнених ВЧ та ВЧД, а також узгодити з профільними департаментами;
- затвердження уніфікованих організаційних структур виробничих підрозділів;
- затвердження штатних розкладів укрупнених виробничих підрозділів;
- проведення роз'яснювальних заходів з керівниками, спеціалістами та службовцями, згідно з розробленим планом зустрічей;
- на базі ВЧ та ВЧД розробка проекту Положення укрупнених виробничих підрозділів та узгодження їх із профільними департаментами;

- розробка проектів посадових інструкцій керівників, спеціалістів, службовців укрупнених виробничих підрозділів;
- укомплектування та погодження кандидатів керівного та професійного складу укрупнених ВЧ та ВЧД.

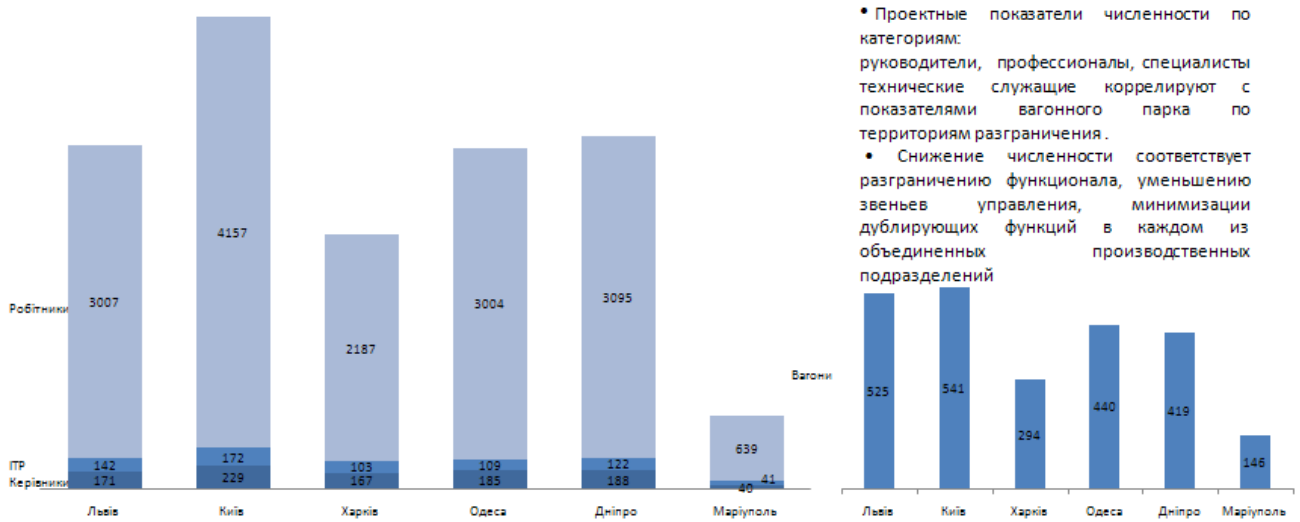


Рисунок 45 – Співвідношення проектної чисельності до вагонів

Очікуваний вид структури ВЧ і ВЧД, після змін, приблизно буде виглядати таким чином (рис. 46, 47), де червоним пунктиром позначені підприємства, які, можливо, будуть спрощені в результаті реорганізації компанії.

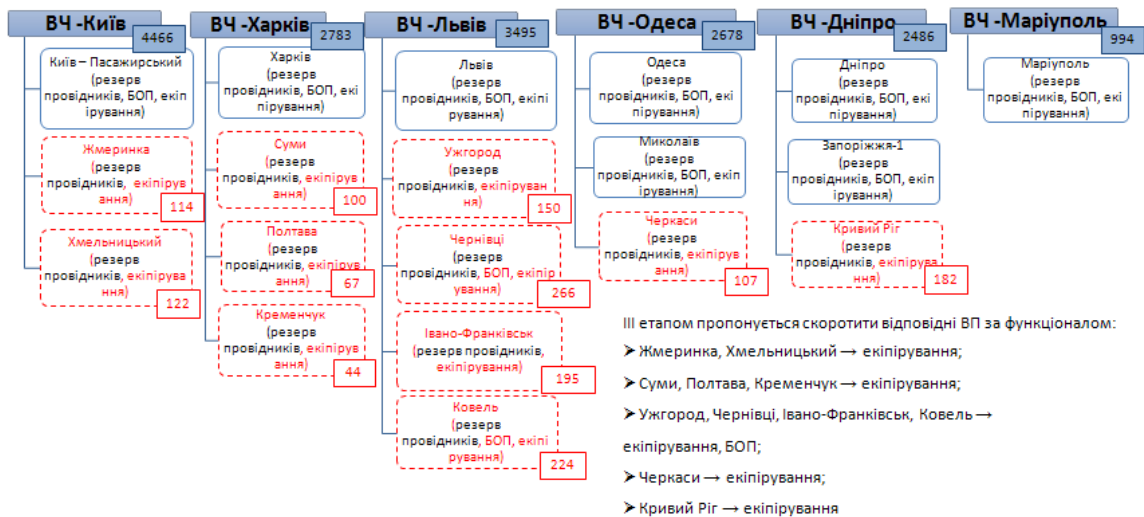


Рисунок 46 – Загальна структура експлуатаційних підприємств

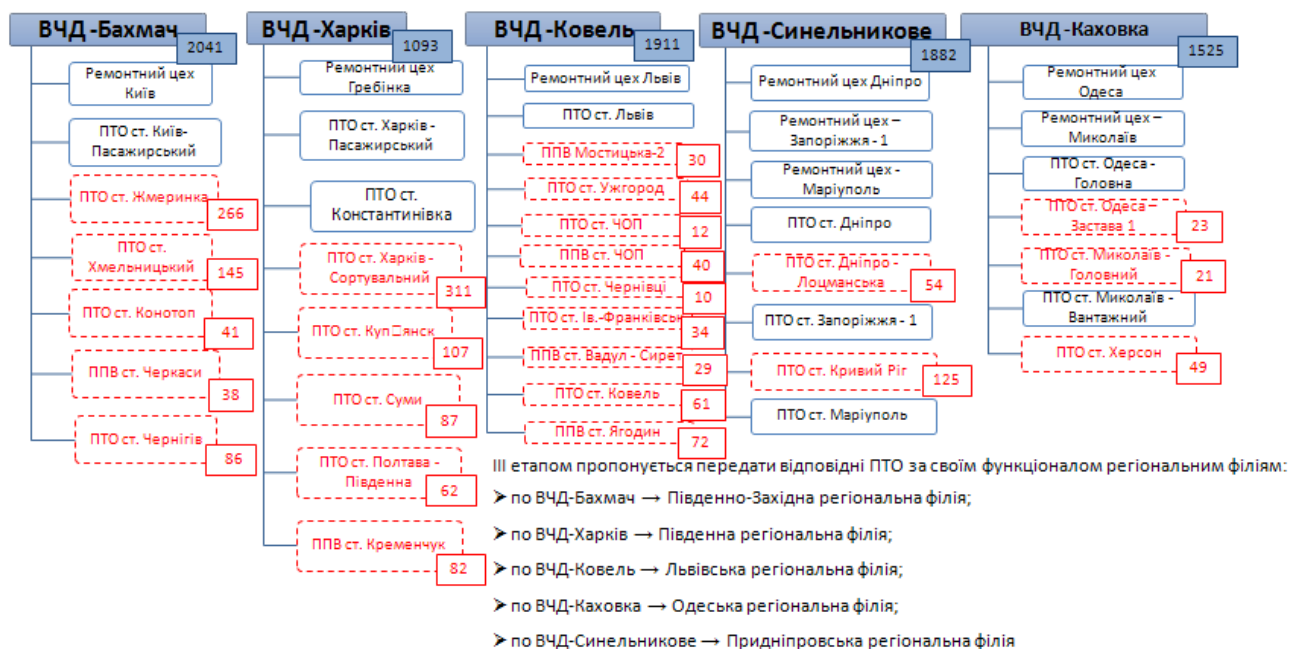


Рисунок 47 – Загальна структура ремонтних підприємств

Загалом під вивільнення потрапляє 9025 прим. од. за середньомісячної зарплати 10551,26грн. Економічний ефект складе:

$$9025 * 10551,26 = \underline{\underline{95225\ 121,5}} \text{ грн. (щомісяця)}$$

Виділяються такі фактори ризику:

- вивільнення працівників пільгових категорій, за умов обмеженості можливостей для працевлаштування, під час приведення чисельності до фактичних показників за основною діяльністю;
- велика соціальна чутливість щодо заходів щодо оптимізації штату та підвищення продуктивності праці;
- Відтік податкових коштів до інших місцевих бюджетів.

## ВИСНОВКИ

У роботі було порушено такі проблемні питання як: причини зменшення парку експлуатаційного рухомого складу, який задіяний у перевезенні пасажирів; оновлення пасажирського рухомого складу з метою підвищення безпеки пасажирських перевезень шляхом організації моніторингу стану рухомого складу відповідно до вимог інтероперабельності; можливий економічний ефект від запровадження нових технічних рішень та нових методів обслуговування складів пасажирських поїздів.

Для досягнення зазначених цілей було проаналізовано наукові роботи у напрямі систем контролю безпеки як вагона, так і складу в цілому. Також відпрацьовано дані балансових комісій, штатні розклади, калькуляції філії «Пасажирська компанія» АТ «Укрзалізниця».

За результатами цієї роботи можна констатувати, що оновлення пасажирського рухомого складу необхідно проводити в найкоротші терміни, якщо цього не зробити, то до 2025 року його практично не буде. Зважаючи на Європейський курс України, оновлення рухомого складу повинно проводитись з урахуванням та відповідно до вимог технічних специфікацій інтероперабельності.

Для забезпечення повного обсягу планових видів ремонтів необхідно здійснити забезпечення наступних основних елементів: технічних можливостей потужностей депо; кадрових ресурсів; нормативної бази.

Все це дасть змогу виходу пасажирських перевезень на новий Європейський рівень. При грамотному впровадженні технологічного устаткування воно окупить закуплений рухомий склад протягом п'яти років при забезпеченні повного обсягу потреби перевезень пасажирів.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналіз стану безпеки руху на залізницях України у 2018 році / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – К.: Головне Управління Безпеки руху і екології, 2019. – 108 с.
2. Центр радиоблокировки ERTMS/ETCS, методы установки соединения с ним — European Patent Office, 2014. — Сентябрь.
3. *П. А. Плеханов.* Вопросы обеспечения безопасности железнодорожных телекоммуникационных систем международных транспортных коридоров — Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», 2012. — С. 13.
4. *Gabriele Cecchetti, Filippo Cugini, Anna Lina Ruscelli, Piero Castoldi.* Внедрение протокола еврорадио на ERTMS/ETCS системах // XXXIV International Conference on Railway Engineering and Management. — Research Gate, 2013. — Июнь.
5. Концепция эксплуатации ERTMS. — RSSB – ERTMS – OC. — Лондон: Rail Safety and Standards Board Limited, 2014. — Vol. 2.
6. *П. А. Попов, А. С. Ададунов.* Подсистема евроболизов. Техническое описание // Автоматика, связь, информатика: журнал. — Москва: ОАО «Российские железные дороги», 2009. — Сентябрь.
7. *П. А. Попов, И. Н. Королёв, П. Д. Мильников.* Основные принципы контроля корректности бортовой системы позиционирования средствами железнодорожной автоматики // Автоматика на транспорте: журнал. — Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», 2015. — Декабрь (№ 4).
8. Павлов Л.Н. Обеспечение безопасности движения: европейский опыт / Журнал «Железнодорожный транспорт» № 5, 2007 год.
9. Директива(ЕС) 2016/797 Европейского Парламента и Совета от 11 мая 2016 про сумісність залізничної системи в межах Європейського Союзу.

10. «TSI LOC&PAS – Локомотивы и пассажирские вагоны»
11. «Техническая и операционная совместимость железнодорожной системы колеи 1520 мм и 1435 мм на границе СНГ-ЕС. Подсистема: Подвижной состав. Пассажирские вагоны»
12. Совместимость железнодорожных перевозок. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://1430mm.ru/node/85>.
13. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 р. № 651 -р Про схвалення Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту // Офіційний вісник України. - 2007. - № 1. - С 198-202.
14. Technical Specification for Interoperability SUBSYSTEM ROLLING STOCK TSI “LOCOMOTIVES AND PASSENGER RST” EUROPEAN UNION RAIL SYSTEM. 11/12//2012.
15. ГОСТ 32410-2013 Межгосударственный стандарт. Крэш-системы аварийные железнодорожного подвижного состава для пассажирских перевозок. Технические требования и методы контроля. – М. : Стандартинф., 2014. – 29с
16. Науменко Н. Е. Исследование эффективности использования защитных устройств, предназначенных для вагонов и локомотивов скоростных пассажирских поездов, в аварийных ситуациях / Н. Е. Науменко, И. Ю. Хижа, Е. Г. Богомаз // Техническая механика. — 2005. — № 1. — С. 144—150.
17. Матієнко О. Б. Сучасний підхід та покращення технологій міжнародних (транзитних) перевезень та роботи залізничних пунктів контролю прикордонних переходів/О.Б. Матієнко, Ф.Г. Ткачов // зб. наук, праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. –Вип. 94. – С. 191 – 196.
18. Наказ АТ «Укрзалізниця» від 21.05.2010 № 369-Ц «Типові норми часу на підготовку у рейс і обслуговування провідниками на шляху прямування пасажирських вагонів»
19. Боднар, Є. Б. Основні вимоги та принципи створення бортових систем діагностування локомотивів / Є. Б. Боднар // Наука та прогрес транспорту.

- 2014. — № 1 (49). — С. 68—74. — Бібліогр. в кінці ст. — doi: 10.15802/stp2014/22664
20. Совершенствование методов измерения параметров движения поездов: Автореф. дис... канд. техн, наук: 05.22.08 / А.В. Орлов; Российский государственный открытый технический университет путей сообщения. — М., 2006. — 19 с.
  21. Орлов А.В. Методы снижения конструктивной и технологической погрешностей измерения параметров движения поезда. М.: РГОТУПС, 2004г., депонирована в ВИНТИ 20.12.04, №2024-B2004.
  22. Konstantinos, P. Railway driver advisory systems: evaluation of methods, tools and systems / P. Konstantinos, T. Panos, E. Daniel // 13th WCTR, July 15-18, 2013 – Rio de Janeiro, Brazil – p. 1-25.
  23. Zhuo, C. Research and Development on HMI Display Interface / C. Zhuo, Z. Xiang // 2013 Fourth International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications [Электронный документ] Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6843480/?part=1>
  24. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) : пособие / В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковицкий, К. В. Гончаров. — Днепропетровск : Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. — 207 с.
  25. Commission Regulation (EU) 2016/919 of 27 May 2016 on the technical specification for interoperability relating to the "control-command and signalling" subsystems of the rail system in the European Union"
  26. Commission Regulation (EU) No 454/2011 of 5 May 2011 on the technical specification for interoperability relating to the subsystem "telematics applications for passenger services" of the trans-European rail system"
  27. Матієнко О. Б. Сучасний підхід та покращення технологій міжнародних (транзитних) перевезень та роботи залізничних пунктів контролю прикордонних переходів/О.Б. Матієнко, Ф.Г. Ткачов // зб. наук, праць. — Харків: УкрДАЗТ, 2009. —Вип. 94. — С. 191 – 196.

28. Транскордонне співробітництво – стратегічний ресурс розвитку прикордонних територій України/Загаг. ред. к.е.н. В. Борщевського. – Львів: Інститут міжнародних економічних досліджень – Регіональний філіал Національного інституту стратегічних досліджень в м. Львові, 2008. –180 с.
29. Железные дороги. Общий курс: Учебник для вузов. / М.М. Филиппов и др. Под ред. М.М. Уздина. – 4-е изд., перераб.и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 225 с.
30. Статут залізниць України. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 6 квітня 1998 р. №457. [Електронний документ]. Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/457-98-%D0%BF>
31. Ушпик С. А., Балалаев А. С. Взаимодействие АСУ пограничных станций // Залізничний транспорт України. – 2006. – №7. – С. 34-38.

## ДОДАТКИ