

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
Навчально-науковий інститут транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної випускної роботи

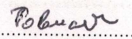
освітній ступінь - магістр

спеціальність – 273 – Залізничний транспорт

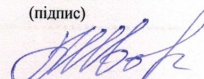
спеціалізація – Інтероперабельність і безпека руху на залізничному транспорті

на тему: «Забезпечення умов інтероперабельності шляхом використання сучасних систем моніторингу рухомого складу»

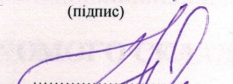
Виконав: студент групи ІБЗТ-19зм
Товмач І.С.


.....
(підпис)

Керівник: доц. Шворнікова Г.М.


.....
(підпис)

Завідувач кафедри: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.


.....
(підпис)

Рецензент: Дерев'янко С.В.

.....
(підпис)

Севєродонецьк – 2021

ВСТУП

Вантажний транспорт - особливо залізничний та контейнери - це одне з тих місць, де впровадження систем автоматизації може принести величезну користь. Знання про рух і використання окремих транспортних елементів рухомого складу, здатні дати потужну основу для оптимізації всього процесу транспортування вантажів.

Економічна ефективність роботи залізничного транспорту багато в чому визначається витратами на поточне утримання і ремонт колії та рухомого складу, а також на ліквідацію наслідків аварій та позаштатних ситуацій, що виникають в процесі руху поїздів. Так, наприклад, за оцінками Railway Research Group (Queensland University of Technology, Австралія) 22% (близько 460 мільйонів доларів в 1992 році) всіх витрат Австралійських залізниць складають витрати на утримання і ремонт залізничного полотна [1]. Відповідні витрати на лініях Spoornet в ПАР складають 23%, а на швидкісному ділянці Бостон - Вашингтон (Northeast Corridor), яка обслуговується фірмою Amtrack, - 31%.

Актуальність теми. Нова цільова функція, не виключаючи збереження безпеки руху, в більшій мірі спрямована на вирішення головного завдання будь-якої транспортної системи: забезпечення заданого перевізного процесу на заданому рівні ризиків із заданою системою обслуговування.

Основним завданням діагностики, поряд з фіксацією окремих порушень, що впливають на безпеку руху, повинен стати перехід до визначення фактичного стану рухомого складу та інфраструктури, динаміки її розвитку і прогнозування переходу в передвідмовний стан з метою своєчасного вжиття заходів щодо недопущення відмови. Діагностика повинна стати активним компонентом інфраструктури, що безпосередньо впливає на її якість і готовність до вирішення прийдешніх завдань.

Зростання обсягу перевезень, підвищення швидкості руху і тоннажу поїздів змушують звертати все більшу увагу на оперативний контроль стану

відповідальних частин рухомого складу. Вирішення цього завдання може бути досягнуто, зокрема, шляхом створення ряду вимірювальних пристроїв, наявних на залізничній колії та поблизу нього і здатних виконувати вимірювання безконтактним способом, безпосередньо під час руху поїзда.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження питань впровадження сучасних інтелектуальних систем моніторингу рухомого складу залізниць відповідно до гармонізованих вимог Європейського союзу, що забезпечують виконання вимог інтероперабельності (сумісності залізниць).

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є вивчення питань впровадження сучасних інтелектуальних систем моніторингу рухомого складу залізниць, що відповідають вимогам інтероперабельності.

Завдання дослідження:

- виконання комплексних заходів щодо аналізу виконання моніторингу залізничного рухомого складу з використанням інтелектуальних систем моніторингу;
- аналіз структури та технології роботи інтелектуальних систем забезпечення безпеки руху, систем моніторингу та діагностики рухомого складу залізниць;
- обґрунтування доцільності прийняття рішень за результатами автоматичного моніторингу та діагностування залізничного рухомого складу.

Об'єкт дослідження – процес моніторингу залізничного рухомого складу.

Предмет дослідження – інтелектуальні системи моніторингу рухомого складу.

Дослідницькі прийоми: порівняльно-аналітичні методи, методи системного підходу, структурного аналізу, математичного аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів:

- наведено результати комплексного аналізу інтелектуальних систем контролю рухомого складу;

- виявлені конкурентні переваги впровадження сучасних систем контролю та визначено можливості прийняття рішень на основі результатів моніторингу;

- науково обґрунтовано доцільність впровадження систем моніторингу та діагностування рухомого складу та забезпечення вимог інтероперабельності.

Практичне значення отриманих результатів. За рахунок прогнозованого і застережливого технічного обслуговування і ремонту досягається поліпшення технічного стану та експлуатаційної готовності рухомого складу та залізничної колії, що позитивно впливає на економічні показники залізниць і безпеку руху. Підвищення ефективності та продуктивності залізниць в цілому виливається в значний економічний ефект від впровадження систем моніторингу рухомого складу.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра. Результати роботи доповідались та були схвалені на Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», що відбулася 1-2 грудня 2020 року у м. Рубіжне (Луганська обл., Україна).

Публікації. Серебрянський О.О. Аналіз технології планування вантажних залізничних перевезень / Серебрянський О.О., Товмач І.С., Шворнікова Г.М. // Логістичне управління та безпека руху на транспорті: збірник наукових праць науково-практичної конф. 1-2 грудня 2020 р., м. Рубіжне (Луганська обл.) – 2020. - С. 150-152.

1. РОЛЬ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ РУХОМОГО СКЛАДУ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БЕЗПЕКИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

1.1. Забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті

При організації міжнародних перевезень залізничним транспортом України найважливішим питанням є гарантоване забезпечення прийнятного рівня якості і безпеки єдиної перевізної послуги, що є основною вимогою інтегрованості залізниць.

Формування цільової системи управління безпекою руху у міжнародному сполученні на єдиному просторі 1520 (залізниць з шириною колії 1520 мм) має відбуватися з урахуванням принципів забезпечення безпеки, вироблених на основі вітчизняної (МПС СРСР) і зарубіжної (залізниці Європейського Союзу) практики. Ключовими принципами є принцип прийнятного ризику (відносної безпеки руху) і гармонізація національних нормативних документів з безпеки і технічної політики для забезпечення безпеки руху в міжнародному сполученні.

Як показує статистика, залізничний транспорт СРСР був одним з найбезпечніших в світі (табл. 1.1): за кількістю загиблих на 1 млн пасажирів радянські залізниці в кінці 1980-х рр. поступалися лише японським, а за кількістю загиблих на 1 млрд. пасажиро-кілометрів перебували на першому місці.

На радянських залізницях діяла централізована система адміністративного управління якістю і безпекою продукції, робіт і послуг з використанням строго обов'язкової нормативної бази [2] (рис. 1.1).

Можна виділити наступні основні принципи забезпечення безпеки руху на залізницях СРСР [4]:

- цілі і завдання в галузі забезпечення безпеки руху визначалися державою. При цьому безпеку руху було підтверджено документально виконанням всіх передбачених нормативами вимог з безпеки (рис. 1.2);
- пріоритет безпеки руху перед експлуатаційними показниками руху;
- абсолютна безпека руху - недопущення порушень;

- єдність нормативної бази і технічної політики;
- відділення контрольного контролю за безпекою руху від технологій роботи залізниць;
- неузгодженість вимог з безпеки руху з економічною доцільністю;
- пріоритет жорстких заходів перед мотивацією персоналу (адміністративно-командний спосіб управління, при якому основним принципом забезпечення безпеки є використання пошукового механізму і покарання винних).

Таким чином, система забезпечення безпеки руху на мережі залізниць МПС СРСР являла собою жорстко централізовану адміністративну систему, побудовану на принципах багаторазового контролю, особистої відповідальності за безпеку і цілеспрямованого розподілу ресурсів. Багато з цих принципів діють і сьогодні на вітчизняних залізницях.

Таблиця 1.1

Показники безпеки перевезення пасажирів залізницями різних країн світу
(на кінець 1980-х рр.)

Показник	СРСР	США	ФРГ	Франція	Японія
Перевезено пасажирів (1989 р.), млн. чол.	4322,5	312,0	994,2	810,0	6 884,0
Пасажирообіг (1989 р.) млрд. пас.-км	411,2	19,8	39,2	63,3	194,2
Середня річна кількість загиблих (1980-1988 рр.)	42	8	43	37	7
Кількість загиблих на 1 млн. пас.	0,010	0,026	0,040	0,046	0,001
Кількість загиблих на 1 млрд. пас.-км	0,10	0,40	1,09	0,58	0,24

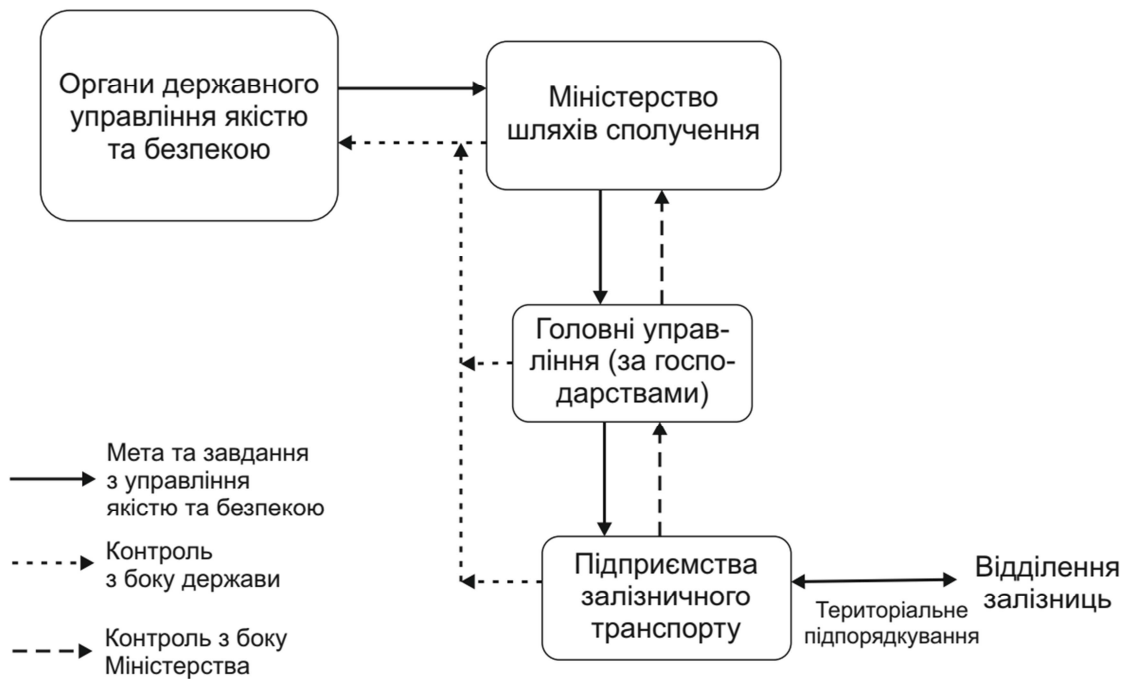


Рисунок 1.1 - Система управління якістю та безпекою на залізничному транспорті

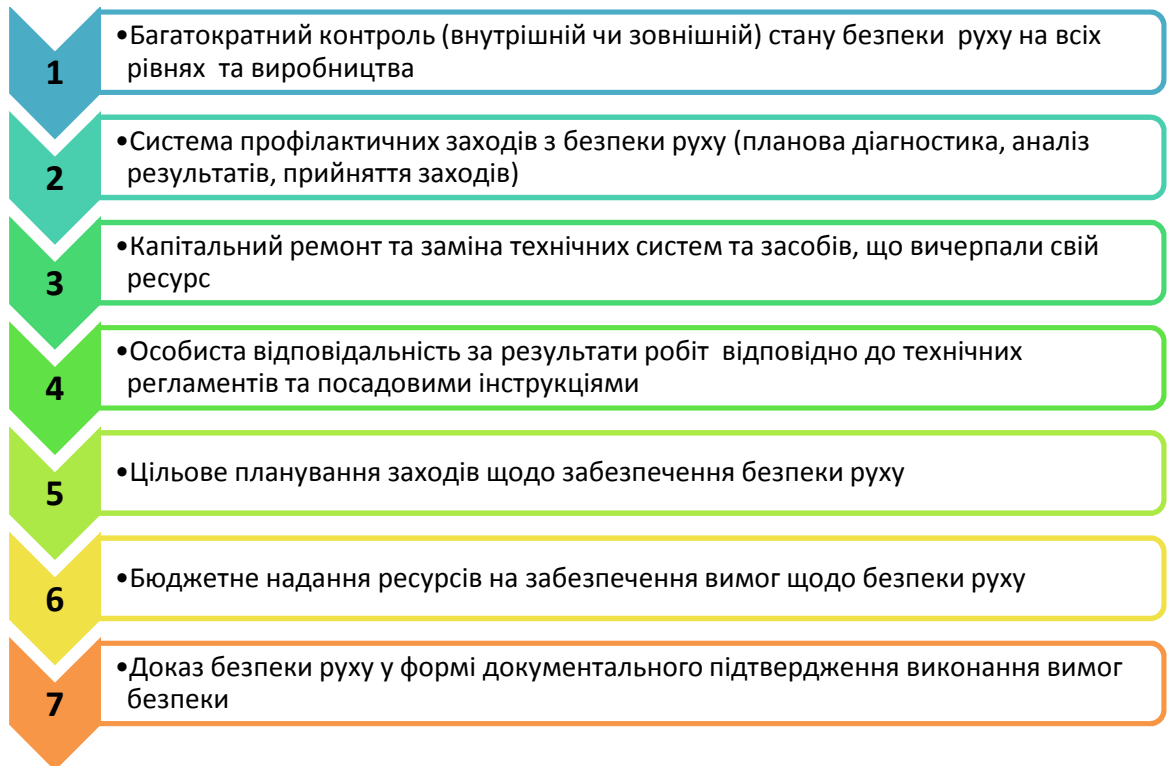


Рисунок 1.2 – Нормативні вимоги щодо безпеки руху

До початку 1990-х рр. розвиток єдиної залізничної мережі Європи залежав від рішення наступних проблем в області експлуатаційної сумісності та безпеки при організації міжнародних перевезень [6]:

- в експлуатації знаходилося більше 20-ти різних і несумісних між собою систем управління рухом поїздів;
- в кожній країні діяли свої правила експлуатації залізниць, деякі з них навіть суперечили один одному;
- в кожній країні діяли свої національні вимоги щодо сертифікації безпеки;
- в кожній країні використовувалися свої системи підготовки та ліцензування машиністів;
- застосовувалися п'ять різних систем тягового електропостачання;
- використовувалися вісім різних і несумісних між собою систем зв'язку і радіозв'язку;
- своя мова майже в кожній країні.

Зазначені проблеми і їх наслідки (ппростої на кордонах, значні витрати і, як наслідок, високі тарифи) різко знижували конкурентоспроможність і привабливість залізничного транспорту в порівнянні з автомобільним для перевезень пасажирів і вантажів у міжнародному сполученні. Виходом з ситуації, що склалася стало створення єдиної європейської системи, що забезпечує експлуатаційну сумісність і безпеку руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні, яке було обумовлено узгодженням Місій, Целей і Політик національних залізничних адміністрацій в галузі забезпечення безпеки. На цій основі вдалося сформувати ключові елементи нової системи [7]:

- органи проектування безпеки;
- регулюючі та консультативні органи;
- нормативну базу безпеки;
- системно-технічні рішення.

Органи проектування безпеки представлені європейськими інститутами CENELEC, ERRI, IRSEV іншими, асоціаціями виробників і користувачів за-

лізничних технологій (UNIFE, UNISIG, EIM9 і т. д.), а також великими компаніями та іншими організаціями.

Регулюючими і консультативними органами щодо забезпечення безпеки руху на залізницях Європи є Європейська комісія і Європейський залізничне агентство (European Railway Agency, ERA) [7]. Організаційна структура Управління безпеки ERA представлена на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 - Організаційна структура Управління безпеки Європейського залізничного агентства

При цьому в кожній державі Європейського Союзу (ЄС) існують свої національні органи з регулювання залізничної безпеки.

Основним нормативним документом - документом «верхнього рівня», який регламентує питання забезпечення безпеки руху на залізницях держав-учасниць ЄС, є Директива Європейського парламенту та Ради ЄС 2004/49 / ЄС «Про безпеку залізниць Співтовариства» [7, 8], що передбачає введення (рис. 1.4):

єдиних для всіх держав-учасників правил з безпеки, заснованих на загальних нормах безпеки і експлуатаційної сумісності та вимогах інтероперабельності;

єдиного порядку навчання, сертифікації та допуску до роботи персоналу залізниць, режиму і норм його праці і відпочинку;

єдиного порядку допуску залізничного рухомого складу на інфраструктуру;

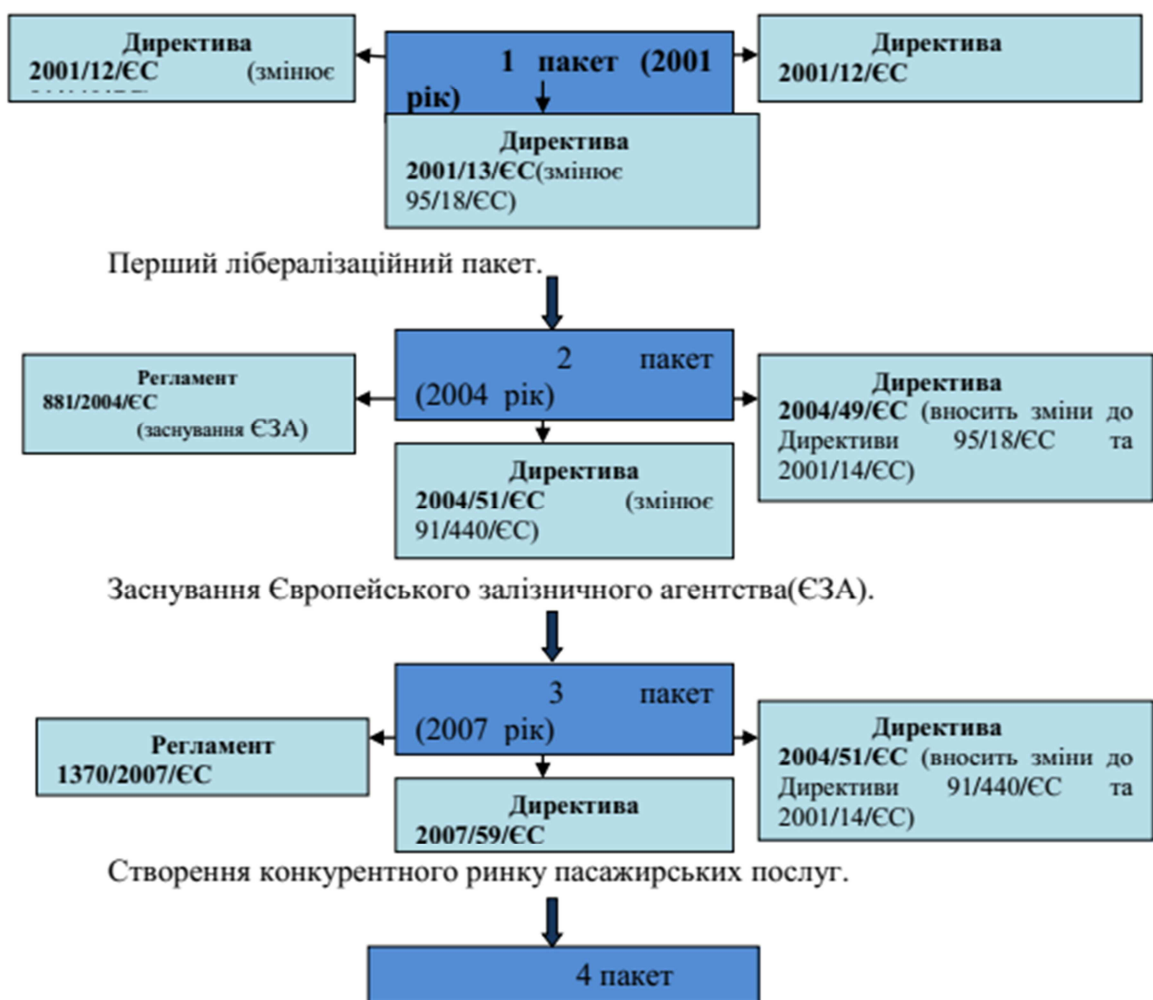


Рисунок 1.4 - Етапи реформи європейського залізничного простору [7]

- обов'язкових процедур розслідування випадків порушень безпеки і регулярного надання звітів про стан безпеки;
- систем менеджменту безпеки (СМБ) для кожного залізничного підприємства, що відповідають єдиним вимогам і містять загальні компоненти, адаптовані під особливості діяльності підприємства;
- єдиних процедур проведення сертифікації безпеки і видачі сертифікатів.

Остання обставина є особливо важливою, оскільки гарантує споживачам залізничної продукції і послуг підприємств, що впровадили у себе СМБ, їх відповідність вимогам з безпеки, встановленим законодавством ЄС та національними правилами.

Документами нижчого рівня є технічні специфікації по експлуатаційній сумісності (Technical Specification for Interoperability, TSIs), спільні цілі (Common Safety Targets, CSTs), показники (Common Safety Indicators, CSIs) і методи (Common Safety Methods, CSMs) в області безпеки, а також стандарти залізничної безпеки, найважливішими з яких є стандарти Комітету CENELEC [7].

Серед європейських документів в області організації управління безпекою на залізничному транспорті можна виділити наступні:

- двотомний документ під назвою «Engineering Safety Management - The Yellow Book» («Менеджмент організаційно-технічної безпеки - Жовта Книга»), опублікований Комітетом по залізничній безпеці і стандартам (Rail Safety and Standards Board, RSSB) від імені залізничної промисловості Великобританії [9];

- документи загальноєвропейського проекту SAMRAIL: «Safety Management in Railways» («Менеджмент безпеки на залізничному транспорті») [7].

У зазначених документах поряд з організацією управління внутрішніми ризиками при порушенні безпеки вводиться поняття зовнішніх і розподілених ризиків [10] і розкриваються методи управління.

1. Внутрішні ризики - це ризики, всеціло обумовлені діяльністю даного підприємства. Прикладами внутрішніх ризиків є несправність обладнання, помилки людини, упущення в організації і керівництві виробництвом робіт.

2. Зовнішні ризики - ризики, обумовлені діяльністю інших підприємств, жодним чином не підконтрольних даному підприємству. Це можуть бути ризики, викликані поставками неналежного обладнання та комплектуючих, небезпечні природні (снігові замети), техногенні (застряг на переїзді автомобіль) і соціальні (тероризм, вандалізм) фактори.

3. Розподілені ризики - ризики, пов'язані з діяльністю декількох підприємств. Це нова група ризиків, викликаних, головним чином, відділенням інфраструктури залізничного транспорту від перевізної діяльності. Прикладами такого роду ризиків є ризики, що виникають при взаємодії рухомих складів із залізничною інфраструктурою, що включає шлях, контактну мережу, системи автоматики і телемеханіки, штучні споруди та інші пристрої.

Найважливішим системно-технічним рішенням щодо забезпечення експлуатаційної сумісності та безпеки руху звичайних і високошвидкісних залізничних ліній в міжнародному сполученні держав-учасників ЄС є впровадження системи ERTMS / ETCS (European Rail Traffic Management System / European Train Control System - Європейська система управління залізничними перевезеннями / Європейської системи управління рухом поїздів), що використовує стандарт цифрового стільникового зв'язку GSM-R (Global System for Mobile Communications - Railways - Глобальна система рухомого зв'язку на залізничному транспорті) [7].

В цілому, європейська система забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні продемонструвала досить високу ефективність, і її можливості вивчаються сьогодні всією світовою залізничною спільнотою. На рис. 1.4 наведена статистика загибелі пасажирів на залізницях Європи за період 1968-2004 рр.

З рис. 1.4 видно, що заходи по гармонізації національних систем забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті європейських держав,

вжиті в цей період, привели до зниження випадків загибелі пасажирів більш ніж в п'ять разів.

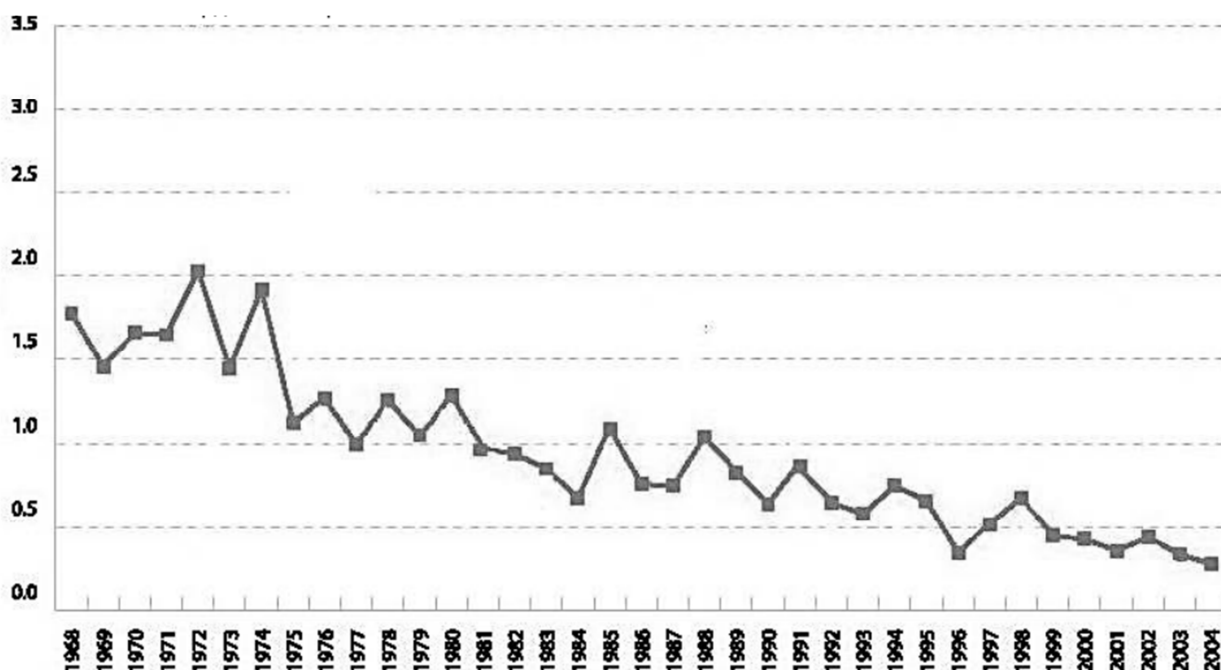


Рисунок 1.4 - Статистика загибелі пасажирів на залізницях Європи

Аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду щодо забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні показує, що в МПС СРСР управління безпекою будувалося на адміністративних принципах з використанням «жорсткої» (строго обов'язковою) нормативної бази, а в Європейському Союзі безпеку на залізницях забезпечується за допомогою узгодження місій, цілей і політик національних залізниць за допомогою «гнучкої» (добровільно-обов'язкової) нормативної бази.

На єдиному просторі 1520 Рада із залізничного транспорту забезпечує тільки координацію взаємодії національних залізничних адміністрацій з питань забезпечення безпеки руху в міжнародному сполученні.

У зв'язку з цим для вирішення головної проблеми, яка може бути сформульована як «відсутність цілісної системи управління безпекою руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні», необхідно створити

єдину систему управління безпекою руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні на основі як вітчизняного, так і міжнародного (європейського) досвіду.

1.2. Системи зв'язку та передачі даних в Україні

Залізниця - базова галузь економіки України та основа її транспортної системи: на їх частку припадає 82,7% вантажообігу (без урахування трубопровідного транспорту) та 42,5% пасажирських перевезень. За обсягом перевезень вантажів залізниця України займають четверте місце на Євразійському континенті (після Китаю, Росії, Індії) і шосте в світі. Вигідне географічне положення країни посилює роль залізничного транспорту і обумовлює один з найбільших в Європі потенціалів транзитності. Решта магістралі України взаємодіють із залізницями семи сусідніх країн через 56 пунктів перетину кордонів і з 13 основними морськими портами Чорного і Азовського морів, а також річки Дунай. Залізнична галузь України щорічно забезпечує перевезення понад 300 млн. тонн вантажів і 500 млн. Пасажирів. У сферу управління Державної адміністрації залізничного транспорту України (Укрзалізниця) входять Донецька, Львівська, Одеська, Південна, Південно-Західна і Придніпровська залізниця, а також інші об'єднання, підприємства, установи і організації галузі. Всі разом вони - єдиний виробничо-технологічний комплекс. Для забезпечення ефективної роботи залізничного транспорту в даний час необхідні проривні інноваційні розробки, спрямовані на оптимізацію поточної і перспективної діяльності. Саме до таких розробок відноситься інтеграція сучасних супутникових технологій, систем зв'язку і передачі даних в повсякденну роботу залізничного транспорту. Застосування цих технологій і обладнання особливо актуально і дозволить забезпечити оптимальне керування транспортними потоками, переробкою вантажів, контролювати місце розташування транспортних засобів і вантажів, здійснювати безперервне спостереження і забезпечення умов безпеки [11].

Інформація про місцезнаходження рухомих об'єктів необхідна для оптимального використання пропускної і провізної здатності залізниць і виключення небезпечних ситуацій (небезпечного попутного зближення, проїзду світлофорів із забороненими сигналами, руху на запасну колію, перевищення допустимої швидкості в місцях її обмеження і т.д.). Автономне і автоматичне визначення місцезнаходження рухомих засобів створює можливість реалізації системи управління і забезпечення безпеки на нових принципах при мінімальній кількості подорожніх технічних засобів.

Важливо не тільки оснастити залізничні транспортні засоби супутниковими навігаційними приймачами, але також забезпечити ефективне використання одержуваних з їх допомогою навігаційних даних в бортових локомотивних і наземних програмно-технічних комплексах безпеки і управління перевезеннями і, таким чином, досягти реального технічного і економічного ефекту.

Ефективність перевізного процесу залізничного транспорту в значній мірі залежить від рівня його керованості і ступеня забезпечення безпеки. Для цього залізниці світу оснащуються все більш новими і досконалими технічними засобами управління і забезпечення безпеки руху поїздів. При цьому найважливішим завданням є безперервний контроль місця розташування і параметрів руху рухомого складу.

В наш час, коли залізничний транспорт України знаходиться не в найкращому стані, його проблеми є особливо актуальними, і їх рішення має великий вплив на "залізничне" розвиток нашої країни. Головними з них є: проблеми автоматизації перевізного процесу, підвищення ефективності перевезень, безпеки руху поїздів, інформаційна підтримка локомотивної бригади, система контролю параметрів локомотива, а також економія енергетичних ресурсів під час руху. Крім того, в умовах важкого економічного стану нашої країни необхідно враховувати вартість ресурсів, споживаних на різні перевезення. Проблема вибору правильної швидкості і правильного режиму водіння

поїзда є складною і трудомісткою завданням, яка служить причиною необхідності розробки відповідного програмного забезпечення.

Безпека руху на залізничному транспорті. Безпека руху на залізничному транспорті - це комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на зниження ймовірності виникнення фактів загрози життю і здоров'ю пасажирів, збереження перевезених вантажів, збереження об'єктів інфраструктури і рухомого складу залізничного транспорту, екологічної безпеки навколишнього середовища.

Найпоширенішим і найнебезпечнішим порушенням безпеки руху на станціях є проїзд локомотивом забороняючого показання світлофора. Аналіз причин проїздів показує, що вони викликані наступними причинами [12]:

- неувважність при спостереженні за сигналами світлофорів машиністами, невиконання регламенту переговорів - 54%;
- неправильне сприйняття показань світлофорів, коли дозвільне показання іншого світлофора приймається за своє - 9%;
- неузгодженість дій машиніста, чергового по станції і зіставника поїздів - 9%;
- порушення дисципліни машиністів (сон, алкогольне сп'яніння) - 8%;
- перевищення допустимої швидкості руху - 6%;
- недотримання технічно-розпорядчого акту станції - 6%;
- пізніше застосування гальм, порушення порядку їх проби - 5%;
- інші причини - 3%.

Як видно з наведених даних, основним фактором порушення безпеки руху, пов'язаного з проїздом забороняючих сигналів, є так званий "людський фактор". Саме тому багато розробок сучасних інформаційних технологій спрямовані на зниження впливу людини на безпеку руху.

Контроль параметрів локомотива. В останні роки все більше уваги приділяється розвитку швидкісного і високошвидкісного руху поїздів. Збільшення швидкості руху тягне за собою підвищення вимог до технічного стану рухомого складу і шляхового господарства. Однак до сих пір на заліз-

ниці України, під час руху поїздів, бувають випадки руйнування деталей через несправності, своєчасно невиявлених при ремонті та експлуатації рухомого складу. Причому результатом цих руйнувань можуть бути і людські жертви, і матеріальні витрати, і значне зниження ефективності перевезень. У будь-яких ремонтних роботах важливу роль відіграє «людський» фактор, і часто саме помилка бригади діагностики може привести до аварії і зриву перевізного процесу. Зокрема такі помилки можуть бути допущені і через відсутність достатнього досвіду «ремонтників», адже в даній сфері кадрова проблема одна з найбільш значних (як і у всій залізниці в цілому).

Інформаційна підтримка локомотивної бригади. В даний час актуальним є автоматизоване керування з'єднаних поїздів з локомотивами (групами локомотивів), розподіленими по довжині складу, що дозволяє підвищити пропускну здатність вантажонапружених ділянок. Ручне ж ведення з'єднаних поїздів пов'язане зі значним ризиком виникнення небезпечних поздовжніх зусиль в складі, пов'язане з проблемами обліку профілю і плану шляху, розсинхронізація управління процесами тяги і гальмування на різних локомотивах.

Системи автоматизації перевізного процесу різних країн. Відомі такі системи, що забезпечують інформаційну підтримку локомотивної бригади: Locotrol (GE), СМЕТ-Р, «Консул-Т». Однак недоліком цих систем є передача команд управління по радіоканалу - істотне навантаження на канал з низькою пропускну здатністю (12 каналів тональної частоти) і обмеженою дальністю дії (до 50 км).

Одним із шляхів виключення недоліків перерахованих систем є використання супутникових технологій для визначення точного місця розташування поїзда і його швидкості, а також використання технології GSM для постійного зв'язку з диспетчером і передачі відповідних повідомлень про проход контрольних точок по каналу GPRS.

Головною перевагою застосування сучасних інформаційних технологій передачі даних полягає в тому, що така система дозволяє вести локомотив з

дотриманням режимів, при яких відбувається економія електроенергії або дизельного палива. Крім того, дотримуватися оптимальних режимів може однаково, як машиніст 1 класу, так і машиніст 3 класу. Як показали наукові дослідження, на одному електровозі можна економити до 25 тис. грн. в рік, а на одному тепловозі - до 80 тис. грн. в рік (в залежності від його виду) [11].

Однак до теперішнього часу з використанням існуючих технологій вичерпані практично всі можливості системи управління безпекою до подальшого розвитку і розширення функціональності. Крім цього, значним недоліком використання таких систем є значний вплив суб'єктивного (людського) чинника. Тому досягнення мети, забезпечення гарантованої (нормативної) безпеки при мінімальному обсязі ресурсів, вимагає застосування нових принципів, методів і засобів переходу до нового цільового стану системи управління ефективністю та безпекою перевезень.

Прикладами автоматизованих систем, частково або повністю вирішальних перераховані вище проблеми можуть служити Європейська система управління рухом поїздів - The European Train Control System (ETCS), Американська система контролю руху поїздів Positive Train Control (PTC) і система КЛУБ-У, що застосовується в Росії. Однак в розвинених європейських країнах, США і Росії використовується стандарт GSM, який був модифікований з урахуванням потреб для залізниці - GSM- Railway (GSM-R).

В Україні стандарту зв'язку GSM-R немає, тому для виконання завдань зв'язку і передачі даних необхідно здійснити вибір інформаційних технологій, застосування яких доцільно в технічному і економічному плані.

У загальній моделі системи функціонування залізничного транспорту розробляється автоматизована система, що забезпечує виконання необхідних завдань, повинна являти собою сукупність бортового інтелектуального комплексу із засобами автоматизації, які здійснюють позиціонування, контроль параметрів локомотивів, а також інформаційну підтримку локомотивних бригад і наземного інтелектуального комплексу, що забезпечує автоматизацію роботи підрозділів, керуючих перевізним процесом.

При цьому повинна здійснюватися взаємодія автоматизованої системи з комплексами, які перебувають в даний час в експлуатації, які забезпечують управління коштами залізничної автоматики й автоблокування.

Необхідною умовою створення автоматизованої системи є розробка:

- Спеціалізованих навігаційних карт, основним елементом яких є реальна інфраструктура залізниці (станції, світлофори, пристрої перевірки та регулювання вузлів і блоків апаратури, мости, переїзди і т.д.). Слід зазначити, що застосування безлічі стандартних карт не є достатнім, так як на них відсутні специфічні об'єкти залізничної інфраструктури.
- Бортового інтелектуального комплексу для рухомих засобів (БІК).
- Наземного інтелектуального комплексу (НІК) для диспетчерських служб.
- Системи зв'язку та передачі даних на основі сучасних інформаційних технологій (ССПД).

Спеціалізовані електронні навігаційні карти ділянок руху необхідно формувати за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення. На рухомих засобах необхідно встановити обладнання, що забезпечує прийом супутникових сигналів, отримання навігаційної інформації для формування спеціалізованих карт з урахуванням залізничної інфраструктури.

Бортовий інтелектуальний комплекс повинен являти собою автоматизовану систему навігації, яка забезпечує можливість автоматичного прийому, відображення і передачі навігаційної інформації, формування повідомлень про прохід поїздом (локомотивом) необхідних опорних точок, підвищення безпеки руху. При доповненні штатного обладнання локомотивів сучасною системою супутникової навігаційної інформації і застосуванні алгоритмів автоматизації, з'явиться можливість відображення в режимі реального часу загальної поїзної обстановки для заданих ділянок руху.

Наземний інтелектуальний комплекс повинен являти собою комплекс апаратних (сервера, АРМи) і програмних засобів, об'єднаних в єдину систему, основне призначення якої: підвищення надійності та оперативності конт-

ролю і управління потоками рухомого складу шляхом автоматизації процесів прийому і обробки навігаційної інформації, визначення дислокації локомотива (поїзда), формування і передача повідомлень про прохід необхідних опорних точок в АСУ перевізного процесу, планування, координування розрахунку параметрів руху поїздів, вибір оптимальних маршрутів руху.

Разом з тим, для забезпечення функціонування такої складної АСУ, до складу якої входять бортові іноземні програмно-технічні комплекси, необхідно розробити спеціальну систему зв'язку передачі даних на базі сучасних цифрових інформаційних технологій.

В даний час на залізниці, для зв'язку з рухомими об'єктами використовуються аналогові системи радіозв'язку, які не дозволяють забезпечити вирішення перерахованих вище завдань. До того ж ці системи мають обмежену дальність дії (50-100 км від станції), і не можуть забезпечити передачу масиву даних.

Тому актуальним завданням є вибір і впровадження таких інформаційних технологій, які вирішували б традиційні завдання існуючих систем зв'язку і одночасно забезпечували вирішення завдань сучасних бортових і наземних інтелектуальних комплексів.

Окрему увагу необхідно приділити цілісності і безпеки даних, що передаються між складовими частинами автоматизованої системи. Без забезпечення належного захисту, конфіденційності та цілісності інформації при її передачі між робочими станціями і точками доступу можна бути впевненим в тому, що інформація не буде піддана мережевим атакам різного роду, що спричинить за собою тимчасові і матеріальні витрати. Для виконання цих завдань широке застосування повинні знайти мережі VPN, різні алгоритми криптографії і так далі.

Вибір інформаційних технологій для розроблюваної системи зв'язку і передачі даних. Для створення автоматизованої системи зв'язку і передачі даних для залізничного транспорту необхідний, крім використання супутникової навігації, стандарт зв'язку, що задовольняє необхідні вимоги для функці-

онування всієї системи в цілому. Необхідна система зв'язку повинна забезпечувати високу безпеку і надійність, надавати перевірені на практиці рішення, до того ж вона повинна бути інноваційною та високопродуктивною. Причому витрати протягом всього терміну служби системи повинні бути зведені до мінімуму.

З огляду на європейський досвід реалізації подібних систем передачі даних, телекомунікаційні технології необхідно розвивати в напрямку стандарту GSM-R (Global System for Mobile Communications - railway), ефективність якого в технічному і економічному плані підтверджена не тільки випробуваннями, а й реальним застосуванням у різних залізничних системах розвинутих європейських країн (див. табл. 1.2, табл. 1.3).

Незважаючи на те, що мобільний оператор Київстар-GSM має на даний момент найкращим покриттям в Україні (за офіційними даними понад 95% території України), необхідно відзначити, що якість цього покриття не є задовільною для функціонування системи передачі даних, що розробляється. Це пояснюється тим, що в більшості випадків краще «покрита» територія населених пунктів і автомобільних доріг (так як наявність покриття на цих територіях було пріоритетним на початкових етапах розвитку мобільного зв'язку в Україні). Тому необхідним умова стабільної експлуатації автоматизованої системи, зокрема системи передачі даних, є поліпшення покриття над усією залізничною інфраструктурою.

Однак на сучасному етапі розвитку інформаційних цифрових технологій передачі даних в Україні можна зробити висновок, що для реалізації поставленого завдання можливо і рекомендується використання стандарту мобільного зв'язку GSM. Незважаючи на наявність на українському ринку більш сучасних і перспективних технологій передачі даних (4G- інтернет, WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access)), альтернативи GSM немає, так як жодна з нових технологій не здатна задовольнити вимоги за якістю покриття (максимальний відсоток покриття оператора 4G «Інтертелеком» становить 70%) і надійності каналу передачі даних. Крім цього все нові тех-

нології вимагають високих матеріальних витрат на розширення покриття існуючих мереж, що робить їх використання не вигідним в економічному плані.

Таблиця 1.2

Ситуація з впровадженням системи ERTMS / ETCS
2-го рівня в країнах ЄС [11]

Країна	Протяжність мережі ETCS, км	Період початку обслуговування, квартал/рік	Кількість експлуатованих засобів, що оснащені ETCS	наявність / відсутність перегінних (підлогових) сигналів
Бельгія	65	IV/2007		Немає
Франція	300	III/2008	48 локомотивів	Немає
Німеччина	150	IV/2005	5	Є
Нідерланди	160	II/2007	>50	Дуже мало
Італія (Рим - Неаполь)	216	IV/2005	27	Немає
Італія (Турин - Новара)	75	E2006	27	Немає
Іспанія (Мадрид - Лерида)	460	II/2006	16 електропоїздів (32 головні одиниці)	Є
Іспанія (Лерида - Таррагона)	120	IV/2006	16/32	Є
Швейцарія (Матшгеттен - Ротрист)	55	III/2006	474(518)	Дуже мало
Швейцарія (лінія Льочбергського тунеля)	40	III/2007	474(518)	Дуже мало
Примітка. Максимальна швидкість на високошвидкісних лініях становить від 200 до 300 км / ч.				

Для безпечного та стабільного обміну інформацією між бортовими комплексами і телематичним сервером рекомендується використовувати спеціалізовані програмні засоби, що дозволяють організувати розподілену корпоративну мережу, що представляє собою об'єднання окремих комп'ютерів у віртуальній мережі, яка забезпечує цілісність і безпеку переданих даних.

Вона повинна мати властивості виділеної приватної мережі і дозволяти передавати дані між двома комп'ютерами через проміжну мережу (internetwork), наприклад Internet.

Таблиця 1.3

Значення показників якості послуг при передачі даних в мережах GPRS

Інтенсивність помилок при встановленні з'єднання	10^2
Максимальна затримка при передачі 30-байтового повідомлення	0.5 с (для 99 % з'єднань)
Інтенсивність втрати з'єднання	10^{-2} за годину
Середня тривалість впливу перешкоди при передачі	0,8 с (95 % викликів) 1.0 с (99 % викликів)
Середня тривалість відсутності перешкоди при передачі	20 с (95 % викликів) 0.7 с (99 % викликів)
Затримки при реєстрації в мережі	30 с (95 % викликів) 35 с (99 % викликів) 40 с (100 % викликів)

Отже, розглянуті аспекти досліджуваної предметної області, а також проблеми, що існують на даному етапі розвитку залізничного транспорту в Україні. Розглянуто варіанти вирішення даних проблем на прикладі зарубіжних систем управління рухом поїздів. Здійснено постановку задачі дослідження з метою розробки та впровадження системи сучасних інформаційних технологій обробки і передачі даних, а також навігаційних технологій в систему залізничного транспорту України. Наведено обґрунтування вибору інформаційних технологій для подальшої алгоритмічної і програмної реалізації. Застосування даних технологій є сполучною ланкою в розроблюваній автоматизованій транспортній системі, що працює зі спеціалізованими електронними навігаційними картами, з метою підвищення безпеки дорожнього руху, інформованості локомотивної бригади, ефективності перевізного процесу, а також автоматизації роботи диспетчерських служб.

1.3. Роль інтелектуальних систем (ІТС) у вирішенні проблем залізничного транспорту

До головних негативних наслідків впливу транспорту відносять неприпустимий рівень людських втрат, зростання споживання невідновлюваних джерел енергії та негативного впливу на навколишнє середовище, що постійно зростають затримки людей і вантажу на всіх видах транспорту. Останнє пов'язано з об'єктивною нестачею потужностей транспортної інфраструктури, а також з недостатнім рівнем керування транспортними потоками. Світовим транспортним спільнотою рішення цих проблем знайдено в формі створення нової категорії транспортних систем. У них засоби зв'язку, управління і контролю рухом спочатку вбудовані і в транспортні засоби, і об'єкти інфраструктури. При цьому можливості прийняття рішення, управління на основі отриманої в реальному часі інформації, доступні не тільки транспортним операторам, але і всім користувачам транспорту. Таким чином, відмінною рисою сучасних ІТС є зміна статусу транспортної одиниці від незалежного, самостійного і в значній мірі непередбачуваного суб'єкта руху, в сторону «активного», передбачуваного суб'єкта єдиного транспортно-інформаційного простору. Концептуально технічно зазначена завдання вирішується шляхом побудови інтегрованої системи: люди - транспортні засоби, з максимальним використанням новітніх інформаційно-керуючих технологій.

Внесок телематичних послуг в стійкість транспортної системи полягає в тому, що, як правило, типовий профіль концепції телематики спрямований на наступне: 1) розвиток економіки; 2) безпеки, в меншій мірі; 3) навколишнього середовища [13].

Зазначимо деякі приклади спеціалізованих та інтегрованих інтелектуальних технологій транспорту, які передбачають безпосереднє застосування ІТС. Це технології «інтелектуального вантажу», який в процесі перевезення «автоматично повідомляє про свої властивості». Така оперативна інформація при взаємодії з компонентами інфраструктури транспортних систем використовується для процедур моніторингу та управління перевезеннями. Далі, від-

значимо технології та системи управління за принципами логістики відстеження вантажів, які представляють собою інформаційні та телематичні технології, що реалізують спільні вимоги щодо відстеження вантажів, враховуючи умови інтеперабельності [13].

Автоматичне управління рухомими одиницями (інформування транспортних систем про раціональні маршрути руху, завантаженості доріг і ін.) є ще одним прикладом комплексних інтелектуальних технологій транспорту. Відзначимо далі наступні загальні властивості інтелектуальних технологій, що забезпечують процеси перевезень. Для ІТС характерна наявність елементів автоматичного: - збору даних про умови перевезень, - моделювання процесів, - порівняння з шаблонами, нормативами, - розпізнавання позаштатних ситуацій або можливостей їх виникнення, - планування процесу перевезень і ін. В конкретних системах можуть бути реалізовані лише окремі із зазначених задач.

До завдань ІТС-ЗТ, що використовують моніторинг процесів перевезення, а також передбачає інтелектуальну обробку даних і моделювання, можна віднести наступні.

1. Автоматизація оперативного прогнозування часів прибуття поїздів під розформування-формування на сортувальних станціях. У ряді випадків планування на основі нормативів і статистичних даних виявляється не можливим, наприклад, якщо процеси перевезень або ж їх складові мають певні властивості. Разом з тим прибуття поїздів під розформування і переформування впливає на структуру поїздів, якість їх подальшої переробки, загальний час перевезення і вартість перевезення. Для вирішення цього завдання можна використовувати методи інтелектуальних систем: накопичення шаблонів перевезення по ділянках, виділення прецедентів (подібні ситуації) і обробка по шаблону (розрахунок прогнозних оцінок показників). Створення відповідних технологій для управління залізничними перевезеннями в зазначеному аспекті - приклад комплексного завдання застосування ІТС на технологічному, а також економічному рівні.

2. Управління перевезеннями операторів залізничного транспорту України. Завдання аналізу, моделювання і раціонального управління вантажними перевезеннями в умовах роботи декількох компаній-операторів залізничного транспорту дає ще один приклад використання можливостей інтелектуальних технологій транспорту. Для її реалізації необхідно здійснення моніторингу, накопичення і узагальнення результатів окремих перевезень по ділянках, які виконувалися різними операторами, використовуючи дані АСК ВП УЗ-Є. При цьому формуються спеціалізовані графічні моделі (логістико-технологічні та логістико-економічні діаграми), які наочно і узагальнено представляють дані про виконаному русі з необхідним ступенем деталізації процесів. Моделі-діаграми забезпечують можливість аналізу, моделювання і планування перевезень. За допомогою діаграм виконується оцінка очікуваних витрат часу на перевезення, ефективності використання ресурсів, ведеться оперативне прогнозування характеристик поточних перевезень (очікувані оцінки технологічних і економічних показників процесів залізничних перевезень і ін.). У цьому випадку також можливе застосування методів ІТС і методів експертних систем для автоматичного формування і адаптації відповідних математичних і інформаційних ресурсів систем управління вантажними перевезеннями.

3. Забезпечення безпеки та доступності даних АСУ залізничними перевезеннями, їх колективного використання відповідно прав, як компонентів ІТС.

4. Уніфікація систем підтримки прийняття рішень на основі формування «управління за відхиленнями» від еталонів. В цьому випадку для створення підсистем ІТС-ЗТ можливе використання, наприклад, моделей мереж Петрі, а також їх модифікацій, які забезпечують формалізацію структур телематичного управління. Параметри цих моделей управління визначаються на основі нормативів і даних АСУ процесами перевезення.

Зупинимося на деяких застосуваннях технологій ІТС, а також інструментарію телематичного управління [17], для підвищення ефективності залі-

зничних перевезень. Тут першорядну роль виконують процедури автоматичного або автоматизованого моніторингу перевезень, важливою є необхідність організації і реалізації в реальному масштабі часу оперативної взаємодії рухомих об'єктів з інфраструктурою. У процесах функціонування ІТС потрібно систематичне формування та використання баз даних і знань, а також застосування методів інтелектуального управління (розпізнавання, класифікація, управління по шаблонах і ін. [15]). Комплекс що виникають і реалізуються при цьому технологічних і експлуатаційних задач, а також інтегрованих інформаційно-телекомунікаційних технологій, орієнтованих на формування, інтерпретацію і використання моделей процесів залізничних перевезень і засобів їх раціонального застосування, в певній мірі дають уявлення про властивості ІТС-ЗТ.

Важливою особливістю перевізного процесу залізничного транспорту (ППЗТ) є його розгортання в часі. Тобто інформаційно-керуючі системи ППЗТ відносяться до класу складних динамічних систем. При цьому, в силу особливостей і складності самого керованого об'єкта, для завдань управління вантажними залізничними перевезеннями в країнах СНД і Балтії характерна відсутність достатньо повною і суворої формалізації, а також розробленого математичного забезпечення. Тому управління в цих завданнях, по суті, ведеться за відхиленнями від нормативів. Причому нормативи багато в чому визначаються дослідним шляхом на основі даних про результати функціонування керованого об'єкта. Як відомо, такий тип управління є типовим для телематичних систем транспорту, для ІТС.

Зупинимося на проблемах стеження за рухом вантажів: відстеження товарів передбачає в будь-який час в режимі «реального часу» можливість отримання інформації про стан транспортних засобів, що перевозять товари та / або про становище самих товарів або їх контейнерів, про умови перевезення (режим, тривалість, відповідальний за своєчасну доставку перевізник, упаковка, температура, ...). Моніторинг має логічний зв'язок з попереджен-

ням аварією (щоб вжити заходів у випадках конкретної інформації про загрозу аварії).

Важливо розрізняти стеження за товарами в реальному часі і відстеження товарів. Стеження за рухом вантажів («tracking») можна розглядати як частину відстеження, яке дозволяє відновити шлях прямування вантажу та умови перевезення. Відстеження визначає обов'язки різних зацікавлених сторін, коли виявлений розрив в забезпеченні цілісності транспортного ланцюга. Це гарантія безперервності постачання і цілісності товару, якщо зацікавлені сторони дотримуються відповідні процедури з безпеки [13].

В цілому, моніторинг товарів є одним з умов ефективності і розвитку інтермодальних перевезень вантажів, набагато більш важко здійснюваним, ніж перевезення на вантажних автомобілях «від дверей до дверей».

Відстеження - це один із пріоритетів транспортної політики, оскільки воно дозволяє розвантажити деякі автомобільні або залізничні транспортні коридори, зводить до мінімуму викиди забруднюючих речовин, знижує споживання енергії (особливо викопне паливо), оптимізує економічну ефективність перевезень, включаючи змішані перевезення і, нарешті, сприяє безпеці перевезень. Ось чому багато сучасних дослідження особливо зацікавлені в шляхах поліпшення спостереження за товарами в реальному часі. Поліпшення контролю за переміщуваними товарами є необхідною умовою успіху для залізничних або комбінованих перевезень (залізниця / автотранспорт), тому що вантажовідправник для перевезення своїх товарів на додаток до автодороги буде використовувати залізничний транспорт тільки тоді, коли він буде знати, де в будь-який момент (і в руках кого) знаходиться його товар. Ця інформація повинна забезпечити своєчасну доставку вантажу і оптимізувати логістику використання коштів транспорту.

Моніторинг в реальному часі необхідний також для того, щоб залізничний перевізник мав можливість швидко визначити зміну термінів поставки (в разі її порушення), встановити і швидко повідомити одержувачу нові умо-

ви для доставки, щоб одержувач мав можливість відкоригувати подальшу логістичний ланцюжок.

Відстеження має забезпечити початок перевезення і сам хід переміщення товару, його стан (має особливо важливе значення для перевезення швидкопсувних вантажів, таких як свіжа плодоовочева продукція і продукти харчування, небезпечних продуктів і тварин). Доповнюється спостереженням в реальному часі, відстеження показує всі операції з вантажем під час перевезення і дає про це інформацію клієнтам або користувачам, або владі для використання в державній політиці. Таким чином, можна прорахувати ціну кілометра транспортування і визначити «транспортні коридори» - рух певних транспортних засобів тільки певними інфраструктурами (corridoring).

В цілому інструментарій ІТС створює нові можливості для аналізу, уявлення, розуміння та управління транспортними процесами. Більш точно визначення географічного положення рухомих одиниць в часі, ідентифікація їх станів (наприклад, виконуваних технологічних операцій), зв'язування цих даних з змістовною інформацією про вантажі, що перевозяться і перевізників, дає можливість більш достовірного вирішення численних завдань оцінки та аналізу величин матеріальних і економічних показників, завдань планування і управління залізничними перевезеннями.

1.4. Висновки за розділом 1

1. Виконано аналіз систем забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті, який показав, що для вирішення головної проблеми, яка може бути сформульована як «відсутність цілісної системи управління безпекою руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні», необхідно створити єдину систему управління безпекою руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні на основі як вітчизняного, так і міжнародного (європейського) досвіду.

2. Розглянуто варіанти вирішення проблем моніторингу рухомого складу на прикладі зарубіжних систем управління рухом поїздів. Здійснено пос-

тановку задачі дослідження з метою розробки та впровадження системи сучасних інформаційних та інтелектуальних технологій обробки і передачі даних, а також навігаційних технологій в систему залізничного транспорту України.

3. Наведено обґрунтування вибору інформаційних технологій для подальшої алгоритмічної і програмної реалізації. Застосування даних технологій є сполучною ланкою в розроблюваній автоматизованій транспортній системі, що працює зі спеціалізованими електронними навігаційними картами, з метою підвищення безпеки дорожнього руху, інформованості локомотивної бригади, ефективності перевізного процесу, а також автоматизації роботи диспетчерських служб.

4. Розглянуто особливості використання інтелектуальних технологій при створенні транспортних систем моніторингу рухомого складу та просування вантажу, що дозволяють вирішувати проблеми забезпечення безпеки на залізничному транспорті.

2. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Інформаційно-технологічна підтримка прийняття рішень дозволяє реалізувати комплексне наскрізне планування перевізної роботи на мережевому, регіональному та лінійному рівнях з урахуванням обмежень, що накладаються експлуатаційними процесами за змістом інфраструктури, локомотивного господарства, а також необхідного рівня безпеки руху поїздів.

В рамках підвищення рівня інтелектуалізації діючих систем управління перевізним процесом передбачається суттєве розширення технічних засобів для вантажного руху, включаючи систему автоматичної ідентифікації технічних засобів, розподілену систему управління гальмами вантажного поїзда по радіоканалу, відеозчитування номерів вагонів і т.д.

На наш погляд, дана система дійсно забезпечує можливість формування інтелектуального функціонування, в процесі якого з'являються нові знання про об'єкт управління, удосконалюються механізми машинного прийняття рішень, здійснюється взаємне навчання операторських і машинних ланок системи. Така система є техніко-технологічної оболонкою, наповнення якої інтелектуальними технологіями перетворить її з інформаційної в інтелектуальну.

2.1. Особливості інтелектуальних транспортних систем на залізничному транспорті

Для вирішення завдань телематики застосовуються різні технічні засоби, які можна розбити на три групи: первинні джерела інформації, пристрої передачі даних, пристрої обробки даних і формування керуючих впливів. Розглянемо більш докладно перші дві групи технічних засобів.

У залізничній телематиці в якості первинних джерел застосовуються різні датчики, що дозволяють визначити місце розташування поїзда, його швидкість, масу, ідентифікаційні номери рухомих одиниць і іншу інформацію. Поряд з традиційними пристроями контролю вільності колійних ділянок

(рейковими ланцюгами, лічильниками осей) для визначення місця розташування поїзда і передачі керуючих сигналів на локомотив можуть використовуватися спеціальні дорожні датчики, які отримали назву євробалізи (Eurobalises) (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 - Зовнішній вигляд євробалізи

Євробаліза - це точковий, пасивний приймач-передавач, встановлений на залізничному полотні між рейками, що передає повідомлення на локомотив. При проходженні поїзда над євробалізою бортове обладнання локомотива випромінює високочастотний сигнал, за допомогою якого забезпечує електроживленням безпосередньо саму євробалізу, передає і приймає всю необхідну інформацію. Обмін даними між локомотивом і євробалізою можливий на швидкостях до 500 км / год [14].

Балізи можуть бути двох типів: пасивними і активними. Інформація, передана на локомотив пасивною балізою, строго визначена і включає дані про географічні координати, постійних обмеженнях швидкості, ухилах залізничного полотна та ін. Зміст телеграми активної балізи залежить від поїзної ситуації та стану підлогових пристроїв залізничної автоматики.

Розмір повідомлення, що передається між євробалізою і локомотивом, становить 341 або 1 023 біта. Повідомлення складається з призначених для

користувача даних розміром 83 слова об'ємом по 11 біт при передачі довгого повідомлення або з 21 слова об'ємом по 11 біт при передачі короткого повідомлення. Кожне слово містить 10 біт даних, отже, довге повідомлення містить 830 інформаційних біт, а коротке повідомлення - 210 біт. Біти cb, sb, esb і перевірочні біти використовуються для контролю цілісності повідомлення. Їх призначення описано в документі Subset-036 «FFIS for Eurobalise» ERTMS / ETCS - Class 1. Інформаційні біти піддаються кодуванню в цифровому каналі, що дозволяє захистити інформацію від ушкодження при передачі.

Підсистема євробаліз, представлена на рис. 2.2, складається з підлогового і бортового обладнання. Підлогове включає в себе активну і пасивну євробалізи, а також блок шляховий автоматики LEU, бортове - антену, приймач BTM і керуючий комп'ютер, який обробляє дані від євробаліз. Також є інтерфейс для тестування роботи підсистеми євробаліз. Інформація між євробалізою і бортовим устаткуванням передається за допомогою інтерфейсу «А», між євробалізою і блоком LEU - за допомогою інтерфейсу «С», між блоком LEU і системою управління СЦБ - за допомогою інтерфейсу «S».

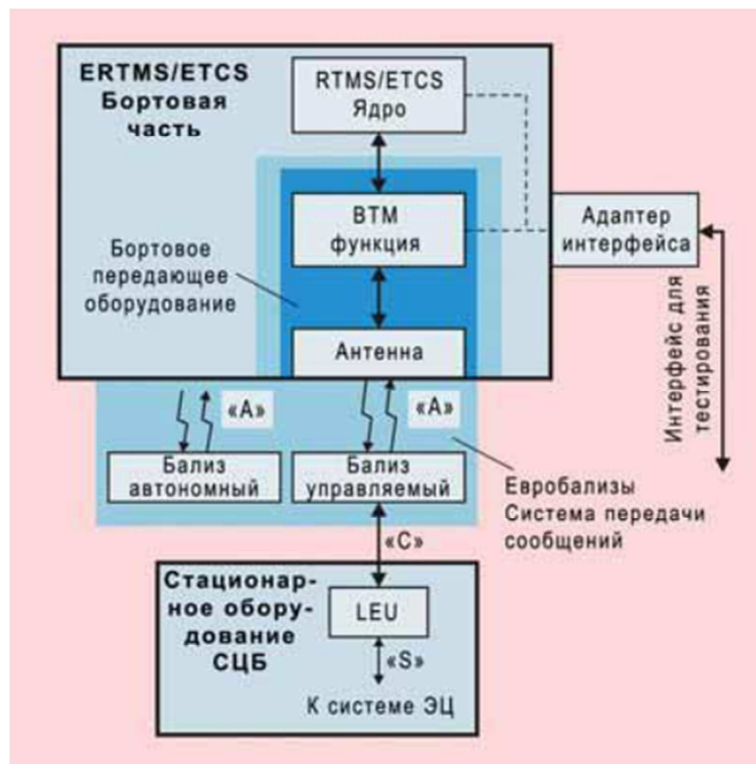


Рисунок 2.2 - Структурна схема підсистеми євробаліз [13]

Інтерфейс «А» є стандартизованим і складається з наступних підінтерфейсів. Інтерфейс «А1» передає повідомлення від євробалізи до локомотиву. Він працює на частоті 4,234 МГц з частотною модуляцією. Швидкість передачі даних 565 кбіт / с. Інтерфейс «А2» передає інформацію від локомотива до євробалізи, а інтерфейс «А4» - необхідну потужність від локомотива до євробалізи для її включення. Він працює на частоті 27,095 МГц.

Бортовий пристрій ВТМ приймає і дешифрує повідомлення від євробаліз, а також виробляє необхідну фільтрацію, так як при низькій швидкості руху локомотива повідомлення від однієї і тієї ж євробалізи може прийти кілька разів.

Так як євробалізи є точковими пристроями, то від частоти їх розміщення залежить, з якою точністю буде контролюватися рух рухомого складу. Такі пристрої виконуються з технологією захисту IP67 і не вимагають постійного обслуговування в процесі експлуатації. У показниках надійності євробаліз компанії Сіменс зазначено термін експлуатації більше 100 років для пасивних (автономних) і більше 50 років для активних (керованих).

Для визначення ідентифікаційних номерів рухомих одиниць застосовуються спеціальні кодові бортові датчики (КБД) (рис. 2.3). Такі датчики кріпляться на кожній рухомій одиниці і являють собою пасивні елементи, що включають полоскову антену, модулятор хвильового опору і інтегральну мікросхему функціонального перетворювача, яка містить ідентифікаційний код рухомого об'єкту. При проходженні повз пункт зчитування СВЧ-випромінювання від опромінюючої зчитуючої апаратури поглинається КБД і відбивається назад в опромінюючу зчитуючу апаратуру в модульованому вигляді, де декодується і потім передається в систему передачі даних (рис. 2.4) [15].



Рисунок 2.3 – Кодовый бортовой датчик

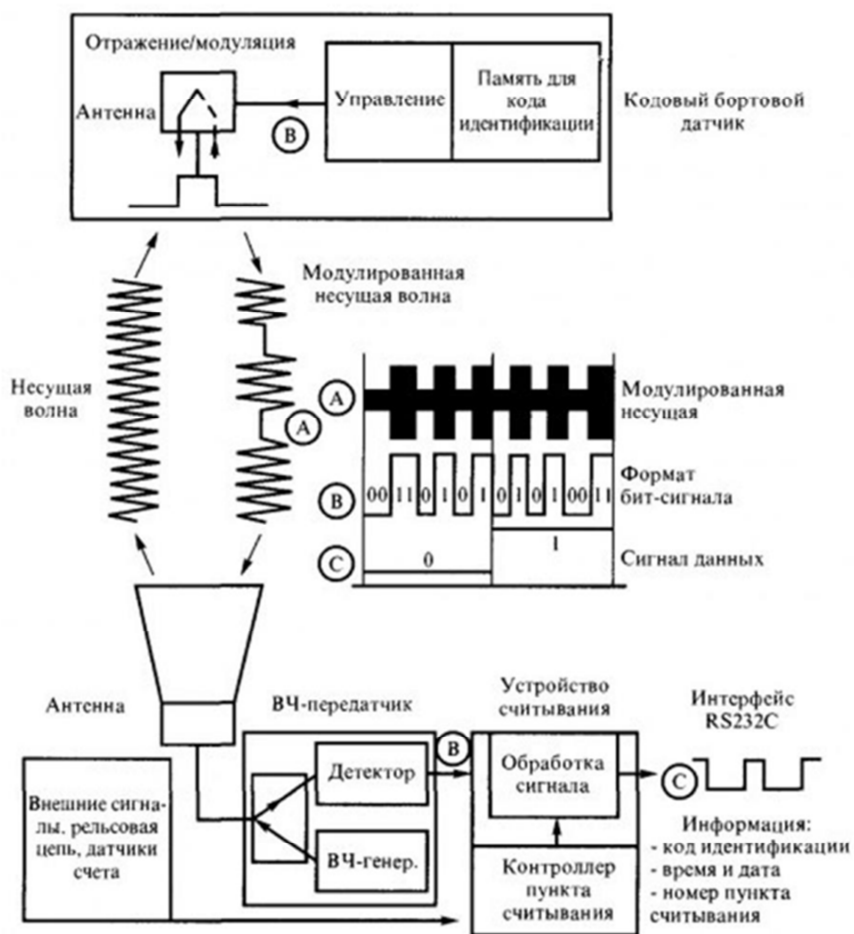


Рисунок 2.4 - Взаємодія кодового бортового датчика зі зчитувачем

Оперативна пам'ять КБД містить інформаційний код об'єкта довжиною 128 біт, що має наступну структуру:

- тип датчика (3 біта);
- умовний режим обміну (8 біт);
- держава-власник (8 біт);
- восьмизначний номер рухомої залізничної одиниці (32 біта);
- ознака роботи в секційному складі (2 біта): 0 – автономна рухома одиниця, 1 - дві секції, 2 - три секції, 3 - елемент багатосекційної рухомої одиниці;
- номер датчика на рухомій одиниці (1 біт): 0 – перший датчик, 1 - другий датчик;
- службове поле (31 біт): перша і друга контрольні суми, маркери кадру, напівкадру та ін.;
- резервні (43 біта).

Підлоговий пристрій, що зчитує (НСУ) випромінює НВЧ коливання лише в періоди, коли рейкове коло блок-ділянки, до якої «прив'язаний» випромінювач зайнята рухомим складом. При відсутності рухомого складу НСУ знаходиться в черговому стані. Пам'ять НСУ має ємність на 512 КБД. Після проходження поїзда блок накопиченої інформації по каналу зв'язку передається в обробляючий комп'ютер інформаційно-обчислювального центру.

Останнім часом для визначення місцезнаходження транспортних засобів все частіше застосовуються глобальні системи супутникової навігації.

При вирішенні різних завдань залізничної телематики для передачі інформації від первинних датчиків до пристроїв обробки даних застосовуються як кабельні, так і безпроводні канали зв'язку. Для організації взаємодії між рухомими і стаціонарними об'єктами, як правило, використовуються засоби радіозв'язку.

До недавнього часу на залізничному транспорті західноєвропейських країн використовувалися різноманітні несумісні аналогові системи радіозв'язку. Такі системи характеризуються, як правило, неекономним використанням ча-

стот у різних діапазонах, високими експлуатаційними витратами і витратами на технічне обслуговування, а також гранично низьким рівнем експлуатаційної сумісності. Для усунення цих недоліків була розроблена нова концепція, яка передбачає створення європейської системи цифрового радіозв'язку, яка здатна задовольнити потреби залізниць в обміні інформацією з рухомими об'єктами і створити умови для реалізації перспективних послуг і додатків. Система повинна охоплювати перш за все послуги поїзного радіозв'язку з передачею мови і даних, обмін інформацією в європейській системі управління рухом поїздів (ETCS), маневрової, станційного радіозв'язку, радіозв'язку з депо та інших видів технологічного зв'язку. Було проведено порівняння систем TETRA, GSM і систем з малими зонами дії, після чого МСЗ в 1993 р прийняв рішення про створення системи цифрового радіозв'язку GSM-R (GSM- Rail) для організації зв'язку з рухомими об'єктами на залізничному транспорті.

Стандартизацією GSM-R в рамках МСЗ займалася проектна група EIRENE (European Integrated Railway Radio Enhanced Network), створенням прототипів (мережі і кінцевих пристроїв) - консорціум MORANE, в який увійшли залізні дороги, промислові фірми і дослідницькі інститути. Результати цих робіт використовуються в проекті ERTMS, орієнтованому на підвищення конкурентоспроможності залізниць в порівнянні з іншими видами транспорту за рахунок досягнення наступних цілей:

- забезпечення експлуатаційної сумісності в національних і міжнародних системах залізничного зв'язку;
- підвищення ефективності, безпеки та надійності роботи залізниць;
- вдосконалення технологічних операцій;
- підвищення рівня обслуговування пасажирів;
- введення додаткових послуг для клієнтури;
- створення нових джерел доходів для залізничних компаній.

Система GSM-R дозволяє задовольнити потреби всіх залізничних служб за допомогою єдиної системи цифрового радіозв'язку (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 - Єдина система залізничної радіозв'язку на базі мережі GSM-R

Стандарт GSM-R створювався шляхом внесення спеціалізованих функцій і властивостей в стандарт GSM інституту ETSI для загальнодоступних мереж стільникового радіозв'язку. Система GSM-R має такі особливості:

- пред'являються набагато більш жорсткі вимоги до достовірності і безпеки даних (це обумовлено використанням мережі GSM-R для передачі даних в системі управління перевізним процесом ERTMS);
- покриття GSM-R охоплює тільки області уздовж рейкової лінії, осередки мережі є вузькими і довгими;
- застосовуються вузькоспрямовані антени, розташовані на високих щоглах;
- використовується спеціально виділений для GSM-R частотний діапазон (876-880 МГц для вихідних сигналів і 921-925 МГц для вхідних, див. рис. 2.6);
- використовується система пріоритетності та заміщення викликів;

- реалізуються додаткові функції (широковещальне оповіщення, груповий виклик, функціональна адресація, адресація в залежності від місця розташування).

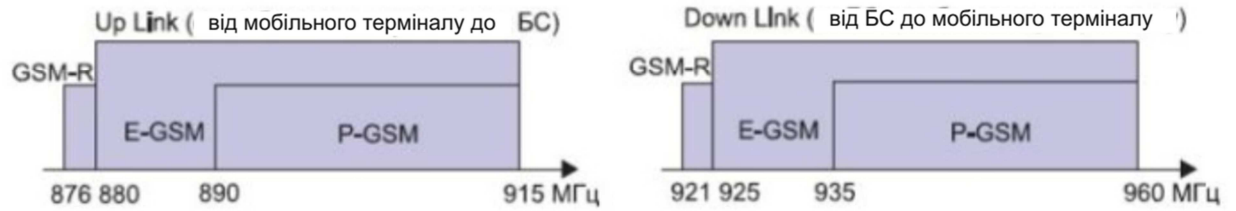


Рисунок 2.6 - Частотний діапазон систем GSM і GSM-R