**ВСТУП**

**Актуальність теми дослідження.** Враховуючи особливу роль залізничного транспорту в економіці країни і добробуті населення, перед державою стоїть важливе завдання з модернізації та розвитку залізничного транспорту, підвищення його експлуатаційних можливостей та конкурентоспроможності.

Релейні системи залізничної автоматики і телемеханіки, які в даний час експлуатуються на значній частині станцій і перегонів залізниць, не здатні забезпечити виконання всіх сучасних вимог. Тому сьогодні актуальною проблемою на магістральному і промисловому залізничному транспорті є заміна релейних систем керування стрілками і сигналами більш досконалими аналогами.

Актуальність роботи визначається існуючою проблемою заміни релейних систем керування рухом поїздів на більш досконалі - мікропроцесорні системи.

**Мета дослідження**: вивчення питань інтероперабельності та безпеки використання сучасних мікропроцесорних систем управління стрілками та сигналами на українських залізницях.

Для досягнення мети дослідження необхідно поставити й вирішити наступні **завдання**:

1. розглянути сучасний стан залізничної інфраструктури України;
2. проаналізувати технічний стан пристроїв СЦБ;
3. дослідити особливості європейської системи управління рухом поїздів - ERTMS/ETCS;
4. дослідити особливості мікропроцесорної системи Еbilock – 950;
5. дослідити особливості мікропроцесорної системи МПЦ-У;
6. проаналізувати застосування методів забезпечення та розрахунку надійності (безпеки та безвідмовності) мікропроцесорної системи;
7. обґрунтувати доцільність використання резервування як методу забезпечення безпеки та безвідмовності мікропроцесорної системи.

**Об'єкт дослідження** – системи управління рухом залізничного транспорту.

**Предмет дослідження** – мікропроцесорні системи управління стрілками і сигналами.

**Методи дослідження** – логіко-аналітичний, математичний, системного та структурного аналізу.

**Наукова новизна.** Досліджені методики забезпечення та розрахунку безпеки та безвідмовності мікропроцесорної системи. Визначена доцільності використання методу резервування задля забезпечення надійності мікропроцесорної системи.

**Практична значимість**. Теоретичні розробки, викладені в магістерскій роботі, доведені до практичних пропозицій щодо необхідністі та доцільності використання методу резервування для забезпечення надійності мікропроцесорної централізації.

**Апробація результатів дослідження**.

Результати роботи доповідались на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», що відбулася 5-7 жовтня 2017 року у м. Лиман (Донецька обл.) на базі структурного підрозділу «Лиманський центр професійного розвитку персоналу «Донецька залізниця»» ПАТ «Укрзалізниця»; на ХІІ Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні проблеми сучасного управління в соціально-економічних, технічних та гуманітарних системах», що відбулася 24-26 листопада 2016 року в м. Одесі на базі Одеського інституту МАУП.

**Публікації.** Шворнікова Г.М. Технічна підготовка платформ нового покоління стандарту 1520 мм до експлуатації на магістралях ширини колії 1435 мм / Г.М. Шворнікова, В.В. Барабаш // Логістичне управління та безпека руху на транспорті: збірник наукових праць конф., 5-7 жовтня 2017 р., м. Лиман (Донецька обл.) / відп. ред. Н.Б. Чернецька-Білецька. – Сєвєродонецьк: СНУ ім.В.Даля, 2017. – С. 10-14.

В Одессе: 1) Медведєв Є.П., Барабаш В.В., Ткачов О.Г., Борзенко А.В. Інтероперабельність залізничної інфраструктури України: сутність, проблеми та напрямки впровадження

2) Шворнікова Г.М., Барабаш В.В. Сучасний стан транспортно-логістичної системи україни та перспективи євроінтеграції

Кваліфікаційна робота магістра містить: вступ, чотири розділи, висновки і список використаних джерел. Загальний обсяг роботи 109 сторінок, з яких 98 основного тексту, робота містить 38 рисунків, 7 таблиці.

1. **СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РУХОМ НА УКРАЇНСЬКИХ ЗАЛІЗНИЦЯХ**
   1. **Сучасний стан галуззі залізничного транспорту України**

Залізничний транспорт відіграє провідну роль у здійсненні внутрідержавних і значну - у зовнішньодержавних економічних зв'язках України. На нього припадає основна частина вантажообігу і перевезень пасажирів. Цей транспорт характеризується регулярністю руху і достатньою швидкістю перевезень, великою пропускною і провізною спроможністю.

Стабільне та ефективне функціонування залізничного транспорту є необхідною умовою для забезпечення обороноздатності, національної безпеки і цілісності держави, підвищення рівня життя населення.

В межах України функціонують Львівська, Південно-Західна, Одеська, Придніпровська і Донецька залізниці. Усі вони виконують великий обсяг внутрішніх та експортно-імпортних перевезень, а на Львівській залізниці сформувалися потужні залізничні вузли, що працюють на країни Центральної і Західної Європи (Львів, Ковель, Чоп). Традиційно українські залізниці виконували транзитні перевезення вантажів із Росії до чорноморських портів України та в країни Європи, а також пасажирські перевезення з Росії в Чехію, Словаччину, Угорщину, Австрію, країни Балканського півострова. Проте ситуація на Донбасі призвела до зупинки транзитних відносин України та Росії. [1]

Загальна характеристика діяльності української залізниці у 2015-2016 роках за даними Державної служби статистики України (без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини зони проведення антитерористичної операції) представлена у таблиці 1.1.1. [2]

Таблиця 1.1.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Період, *рік* | 2015 | 2016 |
| Експлуатаційна довжина залізничних колій загального користування, *км* | 20954,2 | 20951,8 |
| * у тому числі електрифікованих, *км* | 9974,5 | 9926,4 |
| Відправлення вантажів залізничним транспортом, *тис.тонн* | 294301,2 | 292104,7 |
| Перевезення вантажів залізничним транспортом, *тис.тонн* | 349994,8 | 343433,5 |
| Відправлення (перевезення) пасажирів залізничним транспортом загального користування, *тис.пас.* | 389794,1 | 389057,6 |

Реалізована частина транспортного потенціалу характеризується рядом  
показників, основними з яких залишаються вантажообіг та обсяги  
перевезеного вантажу (табл. 1.1.2. та 1.1.3.; без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини зони проведення антитерористичної операції). [2]

Таблиця 1.1.2

Вантажообіг за видами транспорту, млн. ткм

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид траспорту | Роки | | |
| 2014 | 2015 | 2016 |
| залізничний | 209634,3 | 194321,6 | 187215,6 |
| автомобільний | 37764,2 | 34431,1 | 37654,9 |
| водний | 5462,3 | 5434,1 | 3998,6 |
| трубопровідний | 82050,9 | 80944,1 | 94378,9 |
| авіаційний | 240,0 | 210,9 | 225,9 |
| ***ВСЬОГО*** | 335151,7 | 315341,8 | 323473,9 |

Таблиця 1.1.3

Обсяги перевезених вантажів, млн. т

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид траспорту | Роки | | |
| 2014 | 2015 | 2016 |
| залізничний | 387,0 | 350,0 | 344,1 |
| автомобільний | 178,4 | 147,3 | 166,9 |
| водний | 6,0 | 6,4 | 6,7 |
| трубопровідний | 99,7 | 97,2 | 106,7 |
| авіаційний | 0,1 | 0,1 | 0,07 |
| ***ВСЬОГО*** | 671,2 | 601,0 | 624,5 |

Вантажні перевезення у січні-жовтні 2017 року за даними Державної служби статистики України (без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини зони проведення антитерористичної операції) представлені у таблиці 1.1.4. [2]

Таблиця 1.1.4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вантажообіг | | Перевезено вантажів | |
| млн.ткм | у % до січня-жовтня 2016р. | млн.т | у % до січня-жовтня 2016р. |
| 158175,8 | 102,5 | 280,7 | 98,7 |

Пасажирські перевезення у січні-жовтні 2017 року за даними Державної служби статистики України (без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини зони проведення антитерористичної операції, за оперативними даними ПАТ «Укрзалізниця» та з урахуванням перевезень міською електричкою) представлені у таблиці 1.1.5. [2]

Таблиця 1.1.5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Пасажирообіг | | Перевезено пасажирів | |
| млн.пас.км | у % до січня-жовтня 2016р. | млн | у % до січня-жовтня 2016р. |
| 23420,0 | 103,1 | 139,6 | 98,3 |

На даний час залізниці в основному задовольняють потреби суспільного виробництва та населення у перевезеннях. Проте стан виробничо-технічної бази залізниць і технологічний рівень перевезень за багатьма параметрами не відповідає зростаючим потребам суспільства та європейським стандартам якості надання транспортних послуг, що найближчим часом може стати перешкодою для подальшого соціально-економічного розвитку держави.

Потребує вирішення питання щодо подолання відставання у розвитку мережі українських залізниць від залізниць країн ЄС та Росії, які сьогодні перебувають на різних етапах реформування, але при цьому істотно випереджають залізниці України.

Проведення ринкових перетворень на залізничному транспорті сприятиме прискоренню темпів європейської інтеграції, налагодженню більш тісного міжнародного економічного співробітництва та підвищенню конкурентоспроможності українських залізниць на ринку транспортних послуг, дасть можливість ефективно використовувати вигідне геополітичне розташування України, а також збалансувати інтереси залізниць та споживачів їх послуг.

Виникнення проблем у діяльності та розвитку залізничного транспорту зумовлене рядом негативних факторів, зокрема:

* прогресуючим старінням основних фондів;
* відсутністю державної підтримки інноваційного розвитку галузі та недосконалістю законодавчої бази у частині залучення інвестицій;
* низькими тарифами на перевезення пасажирів і відсутністю дієвого механізму компенсації збитків під час надання суспільних послуг, що призводить до перехресного субсидування збиткових пасажирських перевезень за рахунок вантажних.

Перевагами залізничного транспорту є велика розгалуженість та низькі тарифи. Пропускна спроможність залізничної мережі значно перевищує поточні обсяги руху. Важливість залізничного транспорту в системі транспортних комунікацій України посилюється і тим, що через територію держави пролягають основні транспортні транс'європейські коридори: Схід — Захід, Балтика — Чорне море. [3]

Враховуючи особливу роль залізничного транспорту в економіці країни і добробуті населення, перед державою стоїть важливе завдання з модернізації та розвитку залізничного транспорту, підвищення його експлуатаційних можливостей та конкурентоспроможності. [4]

* 1. **Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту України**

Потреба в забезпеченні сталого розвитку залізничного транспорту України викликана не тільки глобальними тенденціями економічного розвитку людства, а й станом галузі нашої країни. Залізничний транспорт України має ряд особливостей. По-перше, це досить складна функціонально-організаційна система, яка охоплює велику кількість ланок транспортних перевезень, в тому числі локомотивне і вагонне господарство, вантажне, пасажирське і матеріально-технічне забезпечення, колійне господарство, зв'язок, автоматику, телемеханіку, енергетику, господарство інформаційних технологій, захисні лісосмуги, служби водопостачання, господарство будівельно-монтажних робіт і цивільних споруд. Сталий розвиток залізничної галузі, як системи, передбачає узгоджене функціонування економічної, екологічної та соціальної підсистем. Незаплановані деформації в процесі функціонування та розвитку будь-якої з підсистем призводять до втрати стійкості всієї системи. Практика показує, що залізнична галузь не може впливати на ті фактори, які стосуються макроекономіки. В цих умовах основні джерела забезпечення сталого розвитку знаходяться у сфері мікроекономіки, тобто всередині самої галузі. Саме тому важливо вміти своєчасно і достовірно діагностувати ознаки можливого нестійкого стану та визначати шляхи вдосконалення економічного механізму забезпечення сталого розвитку в системі управління підприємствами залізничного транспорту.

По-друге, відмітною особливістю галузі є її монополізм. В Україні всі її господарюючі суб'єкти об'єднані в державну структуру «Укрзалізниця». У державній власності перебувають найважливіші основні засоби підгалузі. Згідно зі статтею 4 Закону України «Про залізничний транспорт»: «Кабінет Міністрів України визначає умови і порядок організації діяльності залізничного транспорту загального користування, сприяє його пріоритетному розвитку, надає підтримку в задоволенні потреб залізниць в рухомому складі, матеріально-технічних і паливно-енергетичних ресурсах». Але ця стаття фактично не виконується через дефіцит коштів державного бюджету. Українські залізниці змушені виживати за рахунок власних коштів.

Подальше вдосконалення залізничних перевезень і зростання їх ефективності не можна досягти необхідного рівня без технічного переоснащення підгалузі. Одним з напрямків вирішення зазначених проблем є налагодження вітчизняного виробництва електровозів, пасажирських і вантажних вагонів, а також їх обслуговування та ремонт. Подальшого вдосконалення потребує колійне господарство залізничного транспорту України і зокрема реконструкції прикордонних пунктів переходу з однієї колії на іншу. Водночас галузь недостатньо забезпечена інвестиціями для вирішення проблем технічного переоснащення. [4]

Для забезпечення подальшого розвитку залізничного транспорту також необхідно вирішити проблеми: недосконалості   нормативно-правових   актів,  що   регулюють   діяльність залізничного транспорту, та невідповідності його організаційної структури умовам розвитку ринкової економіки країни; перехресного субсидування збиткових пасажирських перевезень за рахунок вантажних; недостатньої прозорості фінансової діяльності галузі; низького рівня конкуренції на ринку залізничних перевезень. Слід вирішити питання і щодо подолання відставання у розвитку мережі українських залізниць від залізниць країн ЄС та Росії, які сьогодні перебувають на різних етапах реформування, але при цьому істотно випереджають залізниці України.

Для виведення залізничної галузі з кризи і подальшого її розвитку насамперед необхідно покращити галузеву систему підготовки і підвищення кваліфікації кадрів та системи атестації керівників і фахівців галузі; здійснити комплекс заходів стосовно поліпшення екологічного стану (оскільки комісія Європейського Співтовариства (ЄС) визначила транспорт як одне із  значних джерел забруднення середовища), забезпечення безпеки перевезень, енергозбереження тощо.

Техніко-технологічна модернізація залізничного транспорту створить умови для забезпечення прозорості фінансової діяльності; формування ринку транспортних послуг та підвищення рівня конкурентоспроможності операторських і транспортно-експедиторських компаній, що здійснюють перевезення за транзитними напрямами та в рамках міжнародних транспортних коридорів; досягнення рівня європейських і світових стандартів, що сприятиме прискоренню темпів євроінтеграції та максимальній реалізації транзитного потенціалу держави.

Проведення ринкових перетворень на залізничному транспорті сприятиме прискоренню темпів європейської інтеграції, налагодженню більш тісного міжнародного економічного співробітництва та підвищенню конкурентоспроможності українських залізниць на ринку транспортних послуг, дасть змогу ефективно використовувати вигідне геополітичне розташування України, а також збалансувати інтереси залізниць та споживачів їхніх послуг. Передусім вигідне географічне положення нашої держави на перехрещенні Центральної і Східної Європи сприятиме перетворенню залізничного транспорта на важливе транспортне з’єднання міжнародного значення. Відтак, через територію України доцільно буде прокласти ряд залізниць, що забезпечуватимуть ефективну реалізацію європейських транспортно-економічних зв'язків нашої країни і транзитних перевезень. [5]

* 1. **Аналіз технічного стану пристроїв СЦБ на залізницях України**

Сьогодні актуальною проблемою на магістральному і промисловому залізничному транспорті є заміна релейних систем керування стрілками і сигналами більш досконалими аналогами. Релейні системи залізничної автоматики і телемеханіки, які в даний час експлуатуються на значній частині станцій і перегонів залізниць, не здатні забезпечити виконання всіх сучасних вимог. Велика частина цих систем була введена в експлуатацію в 50 - 80 роках і на цей момент морально і фізично застаріла. [6] У зв'язку з природним старінням, істотно знизився рівень експлуатаційної готовності таких систем за рахунок збільшення інтенсивності відмов.

Слід зазначити, що будь-яка відмова системи сигналізації, централізації і блокування (СЦБ) на станції або перегоні може привести до значних втрат, як фінансових (в найлегшому випадку - затримка поїздів), так і людських (в разі, якщо відмова була «небезпечною» або ж людський фактор призвів до трагедії).

Крім того, слід зазначити, що на цей момент значно скорочено виробництво основного елемента релейних систем СЦБ - реле першого класу надійності, до того ж, їх вартість зросла в кілька разів. У подібних умовах значно ускладнюється формування запасу змінних елементів і підтримка існуючих систем в належному стані: дуже часто реле, яке вийшло з ладу, замінити новим неможливо через його відсутність, а ремонт далеко не завжди повертає елементу початкові характеристики. Будівництво нових станцій з використанням релейних систем СЦБ в цих умовах є не рентабельним.

Сучасні системи СЦБ побудовані на основі мікроелектронної техніки. Це дозволяє значно скоротити площі, які потрібні для розміщення самої системи, а також значно розширити функціональні можливості: в мікропроцесорних системах централізації (МПЦ) є можливість впровадження таких сервісних функцій, як протоколювання оперативної поїзної ситуації та дій обслуговуючого персоналу в реальному часі, самодіагностика системи, надання інформації з певних контрольних точок на монітор електромеханіка з рекомендаціям и щодо дій в тій чи іншій ситуації, що підвищить експлуатаційну готовність системи за рахунок зменшення часу усунення відмов, і т.п.

Однак при розробці мікропроцесорних систем автоматизації не слід забувати про те, що виконання функції щодо забезпечення безпеки руху поїздів в релейних системах досягалося за рахунок особливостей реле першого класу надійності. Ці реле є елементами з так званою несиметричною відмовою: при несправності або зникненні нормативного вхідного впливу ці елементи гарантовано будуть знаходитися в певному стані. На відміну від реле, транзистори, які є основним компонентом мікроелектронної техніки, є елементами з симетричною відмовою: спрогнозувати стан транзистора в разі відмови неможливо. Отже, вирішувати проблему безпеки при використанні МПЦ необхідно іншими методами.

Таким чином, актуальність роботи визначається існуючою проблемою заміни релейних систем керування рухом поїздів на мікропроцесорні. Одна з основних проблем впровадження нових систем - доказ їх функціональної безпеки. [7]

* 1. **Перспективи розвитку мікропроцесорної централізації**

Досвід експлуатації перших систем МПЦ на залізницях світу показав їх експлуатаційні та технічні переваги перед релейними системами. З огляду на швидкі темпи розвитку і вдосконалення мікроелектронної і мікропроцесорної техніки, зниження її вартості, можна стверджувати, що з плином часу МПЦ стануть основними системами станційної автоматики. Основними перевагами мікропроцесорної централізації є: висока безпека і безвідмовність; розширені функціональні можливості; спрощення процесів проектування, виготовлення, будівництва і ремонту; зменшення вартості матеріалів. Загальна безпека і безвідмовність систем МПЦ вища, ніж у релейних систем ЕЦ.

 Застосування мікропроцесорної техніки дозволяє доповнити ЕЦ новими функціями, зробити рівень системи більш інтелектуальним. При цьому намітилися наступні тенденції: включення МПЦ в загальну систему управління рухом поїздів на ділянці; організація автоматизованого збору інформації з інших станцій і підсистем для оптимізації прийняття рішень; автоматична установка маршрутів відповідно до поточного часу і графіку руху поїздів; використання комп'ютерної системи в режимі радника для ДСП і в якості експертної системи.

Принциповою відмінністю МПЦ від релейних систем є те, що алгоритми централізації реалізуються в них програмним способом. Це дозволяє легко налаштовувати типове програмне забезпечення для конкретної станції і створювати системи автоматичного проектування (САП). Виготовлення та будівництво МПЦ спрощується, так як в них виключається великий обсяг монтажних робіт, неминучий для релейних систем. Для полегшення процесів ремонту МПЦ постачають розвиненою системою технічного діагностування і виконують у вигляді контролепригодних систем з індикацією відмов. При розробці нових релейних систем ЕЦ спостерігалася стійка тенденція збільшення вартості і витрат дефіцитних матеріалів. У той же час спостерігається тенденція зменшення вартості пристроїв МПЦ. Результатом "перетину" цих двох тенденцій є економічна перспективність застосування МПЦ. [8]

* 1. **Висновки за розділом 1**

Із вище викладеного можна зробити наступні висновки:

1. невідповідність стану виробничо-технічної бази залізниць і технологічного рівня перевезень за багатьма параметрами європейських стандартів якості надання транспортних послуг найближчим часом може стати перешкодою для подальшого соціально-економічного розвитку України;
2. існує ряд негативних факторів, які призводять до проблем у діяльності та розвитку національного залізничного транспорту: застарілість основних фондів, відсутність державної підтримки інноваційного розвитку галузі та недосконалість законодавчої бази у частині залучення інвестицій, низькі тарифи на перевезення пасажирів і відсутність дієвого механізму компенсації збитків під час надання суспільних послуг тощо;
3. модернізація та розвиток залізничного транспорту в Україні, підвищення його експлуатаційних можливостей та конкурентоспроможності можливий шляхом заміни релейних систем керування стрілками і сигналами більш досконалими аналогами на магістральному і промисловому залізничному транспорті;
4. сучасні системи СЦБ дозволяють розширити функціональні можливості: впровадити сервісні функції протоколювання оперативної поїзної ситуації та дій обслуговуючого персоналу в реальному часі, самодіагностики системи, надання інформації з певних контрольних точок на монітор електромеханіка з рекомендаціями щодо дій в тій чи іншій ситуації тощо;
5. до основних проблем заміни релейних систем керування рухом поїздів на мікропроцесорні відноситься доказовість їх функціональної безпеки;
6. основними перевагами мікропроцесорної централізації є: висока безпека і безвідмовність; розширені функціональні можливості; спрощення процесів проектування, виготовлення, будівництва і ремонту; зменшення вартості матеріалів;
7. принциповою особливістю МПЦ є програмний спосіб реалізації алгоритму централізації та економічна перспективність застосування МПЦ.
8. **ЄВРОПЕЙСЬКА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РУХОМ ПОЇЗДІВ**
   1. **Передумови та особливості створення**

Існує багато різноманітних систем сигналізації в Європі, їх різнорідність є основною перешкодою в розвитку залізничного транспорту на континенті. Так, наприклад, 7 систем сигналізації встановлені одночасно на французьких потягах типу *Thalys*. Кожна система сама по собі вартісна, займає чимало місця і змушує машиніста «жонглювати» з декількома інтерфейсами. При переїзді з однієї країни в іншу також необхідно змінювати систему сигналізації. Межі, таким чином, не зникли повністю.

Численні аварії, в тому числі зі смертельними наслідками, показують, що більш потужна система, що включає автоматичний контроль швидкості (що не є нормою в деяких країнах) змогла б підвищити рівень безпеки залізничних перевезень.

При русі по міжнародних маршрутах, локомотиви повинні бути оснащені кількістю систем, що дорівнює кількості обслуговуваних країн, що підвищує витрати на оснащення, обслуговування і простій складу. Наприклад, склад *TGV* типу *Thalys*, що працює в 4 країнах (Франція, Бельгія, Нідерланди, Німеччина) оснащено 7 різними системами, що викликає збільшення витрат на 60% при виготовленні кожного складу. [9]

Перші роздуми про єдину уніфіковану систему для всієї Європи почалися з кінця 80-х. У цей час за мету ставили створення системи контролю та управління, побудованої на інших принципах порівняно з існуючими на класичних лініях системи. Розробки одночасно враховували:

• різні потреби, висловлені експлуатуючими компаніями (збільшення продуктивності ліній, поліпшення безпеки, особливо на лініях зі слабким завантаженням, упорядкувати пристрої та процедури), а також фінансистами (знизити витрати);

• потреба оновлення різних пристроїв, часто застарілих, що зустрічаються зокрема в Східній Європі;

• нові можливості, отримані з приходом нових технологій (інформатика, телекомунікації).

Ці нові можливості, надані технічним розвитком галузі, були численними, зокрема, назвемо:

- розвиток, який стався в області мікро-інформатики, дозволив замінити деякі пристрої безпеки (електричні реле) електронними компонентами при меншій їх вартості;

- поява плазмових екранів, потім зростання їх надійності дозволило їх використання у виведенні інформації в кабінах машиніста і на пунктах управління. Успіхи в області сотової телефонії і розвиток мобільних телефонів дозволили розглядати їх як засіб передачі інформації, в тому числі інформації, призначеної для задач забезпечення безпеки.

У відповідності зі своїми приписами щодо залізничного транспорту, ЄС вирішив підтримати розвиток єдиної системи контролю і управління, що є однією з основ інтероперабельності. Таке рішення дозволить Європі перейти від логіки національного ринку до логіка ринку міжнародного, що знизить вартість послуг. ЄС обрав ЕСКП (ETCS) для забезпечення безпеки на європейській мережі і стандарт GSM-R для передачі інформації земля/поїзд. Дві ці ситсеми разом складають ERTMS або European Railway Trafic Management System - Європейську Систему Управління Залізничним Рухом. Об'єднання специфікацій ЕСКП (ETCS) і GSM-R склали ТСИ з контролю і управлінню. Ця ТСИ відповідає різним європейським директивам, що стосуються інтероперабельності, перш за все для високошвидкісної мережі і потім для звичайної мережі. [9]

Нова система являє собою повну відмову від раніше існуючих принципів. Її новизна лежить одночасно у функціях і технологіях. У функціях, оскільки:

- раніше ніколи не було сигналізації настільки вільної і одночасно з таким високим рівнем безпеки, як це вбачається в описі інтерфейсу Людина/Машина;

- ніколи раніше в області сигналізації стандартизація не просувається настільки;

- ніколи раніше не було єдиної системи сигналізації, здатної відповідати всім потребам, яким би не був тип експлуатації ліній;

- ніколи раніше частка бортового обладнання не була такою вагомою, так, що воно саме по собі представляло підсистему такої ж складності, як і підлогове обладнання: бортове обладнання є основною інновацією системи в порівнянні з раніше існуючими;

- ніколи раніше система сигналізації не просувалася в контролі над діями машиніста, настільки, що з часом втручання машиніста може знадобитися тільки в разі позаштатної ситуації або поломки;

- ніколи раніше система не забезпечувала повністю комп'ютерне управління рухом поїздів, тобто без втручання людини.

Технологічна новизна, оскільки система звертається до технологій, раніше мало використовуваним в системах сигналізації або якими не користувалися раніше:

- використання радіо для передачі наказів безпеки;

- використання електронних компонентів для забезпечення певної кількості функцій безпеки;

- можливість повністю відмовитися від бічної підлогової сигналізації або обмежити її вказівними табло;

- можливість згодом обходитися без класичних систем виявлення, таких як рейковий електроланцюг і лічильники осей;

- можливість за допомогою комп'ютерних технологій відстежувати функціонування обладнання і полегшити превентивне обслуговування. [9]

* 1. **Структура системи ERTMS/ETCS**

В останнє десятиліття в країнах Європейського співтовариства розробляється і впроваджується єдина система управління залізничними перевезеннями ERTMS. Створення такої системи є одним з основних напрямків транспортної політики європейських держав. ERTMS ставить завдання збільшення пропускної спроможності шляхів сполучення, скорочення інтервалів прямування поїздів, збільшення швидкостей міжнародного сполучення при підвищенні безпеки руху.

При цьому поїзда і ділянки залізниць оснащуються більш надійним і економічним устаткуванням.

Метою розробки ETCS є уніфікація систем обміну інформацією між поїздом і путевими пристроями. Ця система складається з прийомовідповідача Eurobalise, шлейфа Euroloop, засобів радіозв'язку Euroradio, локомотивного обладнання Eurocab.

ERTMS включає в себе:

* генеральну концепцію розвитку автоматики на залізничному транспорті;
* європейську систему безпеки та управління рухом поїздів ETCS;
* систему рухомого зв'язку залізничного транспорту GSM-R для передачі даних і мовної інформації, створену на основі апаратно-програмних засобів рухомого радіозв'язку загального користування GSM. [10]

Європейська система контролю поїздів (ETCS) - це система сигналізації, контролю і захисту поїздів, призначена для заміни багатьох несумісних систем безпеки, які використовуються в даний час європейськими залізницями, особливо на швидкісних лініях.

ETCS вимагає стандартного шляхового устаткування і стандартного контролера в кабіні потягу. У своїй остаточній формі вся інформація про лінії передається в електронному вигляді, усуваючи необхідність в сигналах лінії, які на високій швидкості можуть бути майже неможливі для перегляду або асиміляції. [11]

Кінцева мета ETCS - збільшення потоку з підтриманням рівня безпеки поїздів і пасажирів, з регулятором швидкості і з автоматичним гальмуванням в разі небезпеки. [12]

Отже, європейська система управління рухом потягів ETCS нині є цілком надійною і доступною для впровадження. Вона особливо підходить для нових залізничних ліній. Разом з системою радіозв‘язку потяга GSM-R, що використовується як основний канал зв‘язку між підлоговими пристроями і потягом, ETCS входить до складу європейської системи управління залізничними перевезеннями ERTMS. Нині реалізовані рівні 1 і 2 системи ETCS; рівень 3 все ще розробляється. З 2005 - 2006 рр. система ETCS знаходилася в комерційній експлуатації в Німеччині, Італії, Люксембурзі, Нідерландах, Іспанії і Швейцарії, а незабаром буде впроваджена в інших державах, у тому числі, в Австрії, Бельгії і Угорщині. [13]

Якщо проводити паралелі зі звичайною сигналізацією, включаючи сигналізацію в кабіні, можна сказати, що відкриття сигналу в ERTMS замінено дозволом маневру, виведеним на інтерфейс машиніста за допомогою вказівки граничної дозволеної швидкості і/або вказівки щодо режиму ведення поїзда (нормальний режим, режим ведення в межах видимості, маневрений хід тощо).

Відкриття будь-якого сигналу на сигнальній системі означає дозвіл почати рух, можливо рух з дотриманням деяких умов, уточнюються видом самого сигналу. В системі ERTMS, в якій згодом можна буде повністю відмовитися від бічної підлоги сигналізації, дозволи передаються не за допомогою сигналу, а за допомогою повідомлення, що видається системою та оброблюється потім бортовою системою і передається на Інтерфейс Людина/Машина у вигляді вказівок, що дозволяють поїзду рух, у вигляді обмеженої допустимої швидкості і режиму ведення поїзда. Наприклад, якщо в інших системах сигналізації відкриття сигналу дозволяє його проїзд, але має на увазі рух на швидкості в межах видимості, в ERTMS, ІЧМ вкаже машиністу гранично дозволену швидкість 30 км/год і піктограму, відповідну режиму OS.

У разі фази уповільнення або зупинки система видає повідомлення, яке вказує поїзду швидкість, до якої необхідно сповільнитися або відстань, на якій потрібно зупинитися, потім передає повідомлення, що пропонує зміну режиму ведення поїзда (наприклад, наказ перейти в маневровий режим). Всі дії машиніста контролюються бортовою системою і будь-яке відхилення, несумісне з безпечним рухом, (перевищення дозволеної швидкості, недостатнє гальмування) коригується і, в деяких випадках, проводиться екстрене гальмування до повної зупинки поїзда. [14]

Перехід на ERTMS представляє певні труднощі. Впровадження системи можливо з двох основних причин тільки поетапно:

- Перша пов'язана з неможливістю замінити відразу весь тяговий рухомий склад, що працює на одній лінії.

- Друга пов'язана з неможливістю замінити все обладнання на всій протяжності лінії.

Якщо нові і майбутні лінії будуть оснащені виключно ERTMS з початку їх експлуатації, нині діючі лінії повинні будуть зберегти ще деякий час свої діючі системи, і, отже, потрібно буде передбачити розміщення спеціальних елементів: спеціальних модулів передачі СМП, які дозволять функціонувати т.зв. «мультистандартному» бортовому обладнанню, здатному зчитувати і обробляти сигнали ERTMS і інформацію, що передається системами (KVB, Indusi, Signum, TBL, TVM, LZB тощо).

Поєднання модуля СМП і мультистандартного обладнання повинно дозволити використання двох або більше систем. Але введення цих систем змусить перехідний період продовжити на невизначений час.

Зауважимо, що варіант оснащувати нові лінії тільки системою ERTMS не є вдалим: буде необхідно допускати для роботи на цих лініях тільки тяговий склад, оснащений ERTMS, а число таких локомотивів обмежена, в найгіршому випадку це можепозначитися на пропускній здатності лінії (наприклад, нова лінія, що зв'язує Бельгію, Нідерланди, Німеччину відчуває труднощі, пов'язані з омологацією ERTMS).

Для нової лінії Східного TGV Est, Франція обрала обладнання подвійного стандарту TVM/ERTMS, що дозволило експлуатувати лінію з моменту завершення її будівництва, відразу використовуючи стандарт сигналізації TVM. [14]

* 1. **Порівняльна характеристика функціонала європейської та американської систем диспетчерського управління**

При організації міжнародних перевезень одним з найбільш актуальних питань є гарантоване забезпечення прийнятного рівня безпеки єдиної перевізної послуги, створюваної незалежними учасниками. [15]

При створенні автоматизованої системи, визначення її компонентів і інформаційних технологій системи передачі даних необхідно враховувати досвід держав, в яких в тій чи іншій мірі вже використовуються різні модифікації систем управління рухом потягів і диспетчерського контролю. Прикладами подібних систем можуть служити Європейська система управління рухом потягів – The European Train Control System (ETCS), Американська система контролю руху потягів Positive Train Control (PTC) і система КЛУБ-У, що використовується в Росії.

Американська системи диспетчерського управління PTC (Positive Train Control) являє собою систему функціональних вимог для моніторингу та управління рухом поїздів і є типом системи захисту поїздів. PTC – система, в якій об‘єднано управління, контроль, комунікаційну мережу і інформаційні системи для управління рухом потягів з високим рівнем безпеки, точністю і ефективністю. [13]

Американська асоціація інженерів залізничного та технічного обслуговування (AREMA) описує PTC як має ці основні характеристики:

* Поділ поїздів або запобігання зіткненню;
* Прив'язка швидкості лінії;
* Тимчасові обмеження швидкості;
* Безпека на залізничному транспорті.

Основна концепція PTC (особливо для північноамериканської вантажної залізниці I класу) полягає в тому, що поїзд отримує інформацію про своє місцезнаходження і де йому дозволено безпечно слідувати по лінії. Потім обладнання на борту поїзда застосовує отриману інформацію, запобігаючи небезпечному руху. Системи PTC можуть працювати на сигнальній території і навпаки, також можуть використовувати GPS-навігацію для відстеження руху поїздів.

Типова система PTC включає в себе два основних компоненти:

* індикатор швидкості і пристрій управління на локомотиві;
* засіб для динамічного інформування блоку управління швидкістю про зміни умов шляху або сигнальних умов (сигналу).

При бажанні може існувати три додаткових компоненти:

* вбудована навігаційна система і база даних профілю шляхів для забезпечення фіксованих обмежень швидкості;
* двоспрямована лінія передачі даних для інформування обладнання сигналізації про присутність поїзда;
* централізовані системи для безпосереднього поширення повноважень руху на потяги. [16]

Система PTC підвищує рівень безпеки на залізниці, значно зменшуючи вірогідність зіткнень між потягами, кількість жертв на перегонах і ушкодження устаткування колійних працівників внаслідок нещасних випадків, перевищення швидкості. Експериментальні версії PTC були успішно перевірені десятиліття тому, проте системи ніколи не розгорталися в широкому масштабі.

Порівняльна характеристика функціонала систем наведена в таблиці 2.3.1. Можна зазначити, що система ETCS на даному етапі свого розвитку не використовує в роботі навігаційну інформацію, а місце розташування РЗ визначається за допомогою підлогових засобів безпеки. Система PTC в якості технології передачі даних використовує радіо-сигнал, що значно ускладнює процес передачі даних у будь-який момент часу пересування РЗ.

Таблиця 2.3.1

Порівняльна характеристика функціонала сучасних систем диспетчерського управління

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **ETCS** | **PTC** |
| Використання навігаційної інформації | - | + |
| Канал передачі даних | GSM-R | Radio signal |
| Використання підлогових засобів безпеки | + | - |
| Корекція розкладу в реальному часі | - | + |
| Автоматизація прийняття рішення | - | - |
| Облік актуальності даних | - | - |

В перерахованих системах автоматизації диспетчерського управління відсутня автоматизована підтримка прийняття рішення машиністом, а також не контролюється період актуальності отриманих даних. [13]

Наразі розробка і впровадження ERTMS/ETCS, PTC та інших систем управління поїздом, які використовують радіозв'язок, є актуальним на залізницях усього світу. Такі системи управління поїздом є основою інноваційних технологій для транспортних систем, сигналізації і управління рухомим складом.

Європейська система контролю поїздів (ETCS) в майбутньому повинна замінити національні системи управління поїздом для забезпечення транскордонної функціональної сумісності та підвищення безпеки й ефективного управління залізничним транспортом.

Що стосується розробки і розгортання американської системи PTC, в даний час існує 11 різних проектів PTC на різних етапах розробки і впровадження, в яких задіяно 9 різних залізниць в щонайменше 16 різних державах і складаються з понад 4000 шляхів в США.

* 1. **Прийомовідповідач EUROBALISE**

Конструктивно прийомовідповідач виконаний в плоскому корпусі жовтого кольору і розміщують його на шпали між рейками. Він працює без джерел живлення і призначений для передачі даних зі шляху на поїзд. При проїзді над прийомовідповідачем поїзд реєструє налаштований на частоту 27,1 МГц пасивний LC-контур і передає йому від локомотивної антени енергію у вигляді електромагнітного випромінювання. Цю енергію прийомовідповідач використовує для кодування інформації і посилці її на частоті 4,2 МГц на поїзд. За допомогою антени сигнали приймаються і передаються для розшифровки на локомотив. Залежно від варіантів кодування і напрямків передачі інформації розроблені чотири види прийомовідповідачів. [17]

Тип 1 - кодування прийомовідповідача здійснюється виробником і не може бути змінено в процесі експлуатації. Ці прийомовідповідачі використовують для визначення поїздом його розташування. Вони виконують функцію «електронних кілометрових стовпів» і передають на локомотив дані про координаті, а також відстані до наступного аналогічного приладу. Інформація в таких пристроях передається тільки зі шляху на поїзд.

Тип 2 - прийомовідповідач кодує споживач при використанні спеціальних пристроїв. Це кодування можна змінити, але для цього необхідно прилад доставити до лабораторії. Даний прийомовідповідач використовують в якості «електронного кілометрового стовпа» і для інших цілей при передачі інформації з шляху на рухомий склад (рис. 2.4.1.).

Тип 3 - інформація, передана прийомовідповідачем на транспортні засоби, залежить від отримуваних ним даних від інших колійних пристроїв. Такий прийомовідповідач (рис. 2.4.2) має вхід і кодується в процесі експлуатації зміною сигналу на ньому. Транспарентний прийомовідповідач використовують для передачі постійної інформації та мінливих даних, наприклад, показань світлофора. У цьому випадку між сигналом і прийомовідповідачем встановлюють спеціальний пристрій LEU (Lineside Electronic Unit-Електронна підлогова група об'єктів), що здійснює необхідне кодування.

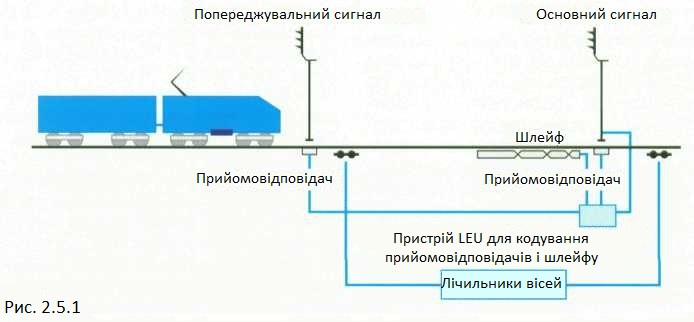
Тип 4 - додатково до функцій прийомовідповідача третього типу може також приймати інформацію від рухомого складу і передавати її (наприклад, через пристрій LEU) до систем контролю та управління рухом поїздів. Такий прийомовдповідач разроблено концептуально, але поки не виготовляється.



Для всіх типів прийомовідповідачів є єдині вимоги до обсягу повідомлень і кількості їх повторень. Зона дії прийомовідповідача - приблизно 50 см, і за час проходження поїзда на високій швидкості можлива передача не більше десятка коротких (341 біт з 210 бітами корисної інформації) або пари довгих (1023 біта з 829 бітами корисної інформації) повідомлень. Виходячи з цих розрахунків довгі повідомлення допускається передавати лише на швидкостях до 300 км/год, короткі - прі більш високих швидкостях руху поїздів (до 500 км/ч). [17]

* 1. **Шлейф EUROLOOP**

Електричний шлейф, який укладається на шлях (рис.2.5.1), має довжину до 1000 м. За допомогою нього інформація безперервно передається від колійних пристроїв на рухомий склад. Цей шлейф призначений для ділянок, обладнаних автоматичною локомотивною сигналізацією точкового типу, без затримок передає на поїзд інформацію про зміни сигнальних показань. Так, при відкритті світлофора вже після проходу поїздом місця установки підлогового пристрою АЛСТ, віддаленого від сигналу на відстань гальмівного шляху, локомотивний пристрій отримує актуальну інформацію від шлейфу і скасовує прийняту раніше команду зупинки.



Застосовуваний в якості шлейфу одножильний кабель з розміщеним під ізольованою зовнішньою оболонкою зворотним проводом укладають на підошву однієї з рейок. Хоча шлейф знаходиться на деякому віддаленні від осі колії, яка бере інформацію від прийомовдповідачів, локомотивна антена в стані реєструвати його сигнали. Інформація від колійних пристроїв на шлейф і прийомовідповідач передається від пристрою LEU. З цієї причини прийомовідповідачі мають однакову частоту передачі сигналу 4,2 МГц. Реєстрація шлейфа і передача на нього енергії від локомотивної антени здійснюються також на частоті прийомовідповідача 27,1 МГц.  [17]

* 1. **Система радіозв'язку EURORADIO**

На мережі європейських залізниць впроваджується спеціалізована система цифрового радіозв'язку GSMR (Global System for MobileCommunication Railway - Глобальна система мобільного зв'язку для залізничного транспорту). Вона призначена для забезпечення переговорів між працівниками залізниці (наприклад, для забезпечення маневрового, тунельного, поїзного і ремонтно-технологічного зв'язку), а також при комерційній експлуатації для абонентів мережі. Створений на основі компонента Euroradio системи GSMR безпечний метод передачі інформації дозволяє обмін відповідальними командами між диспетчерським пунктом і рухомим складом. Виняток небезпечних відмов при цьому гарантується надлишковим кодуванням сигналу. [17]

* 1. **Локомотивне обладнання EUROCAB**

Це обладнання представляє собою гнучку побудовану на модульному принципі систему обробки даних, які надходять з зовнішніх пристроїв (антени прийомовідповідача, вимірювача пройденого шляху, датчика швидкості і локомотивної антени GSM-R). Її найважливішим компонентом є безпечний локомотивний комп'ютер EVC (European Vital Computer) і зручний для користувача інтерфейс MMI (Man Machine Interface).

При проїзді над прийомовідповідачем локомотив отримує інформацію про своє місцезнаходження, за допомогою комп'ютера EVC кодує і передає її по каналу GSM-R на центральний пост. У вихідній з центрального поста відповіді міститься інформація про максимально допустиму швидкість руху поїзда, яка декодується і зіставляється з поточною швидкістю. При її перевищенні комп'ютер EVC видає керуючий вплив на систему тяги і гальмування.

Для зручності машиніста інформація про швидкість, майбутнє її обмеження і відстань до нього через інтерфейс локомотивного комп'ютера MMI надходить на дисплей. [17]

* 1. **Огляд рівнів (LEVEL 0-3, STM) системи ETCS**

ETCS визначається на п’яти різних рівнях:

Рівень 0 (L0): Локомотиви, сумісні з ETCS, або рухомий склад, взаємодіють з обладнанням лінії, несумісним з ETCS.

Рівень STM:

Рівень 1 (L1): ETCS встановлюється на лінії (можливо, накладається на застарілі системи) і на борту; Точкова передача даних зі шляху до поїзда через ETCS balises.

Рівень 2 (L2): Те ж, що і рівень 1, але передача даних ETCS неперервна; Використовуваний в даний час носій даних є GSM-R.

Рівень 3 (L3): Те ж, що і рівень 2, але розташування поїздів і контроль цілісності поїздів більше не залежать від шляхового обладнання, такого як шляхові ланцюги або лічильники вісей. [11]

Таблиця 2.8.1

Синтез особливостей рівнів ETCS

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Рівень ETCS** | **Устаткування на землі** | **Функції на борту поїзда** |
| Рівень 0 | + Бокова сигналізація  + Кілька єврорадіомаяків | + Контроль максимальної швидкості |
| Рівень STM | Бокова сигналізація  + Національна система  + Кілька еврорадіомаяков | + Контроль максимальної швидкості  + Функціональність національної системи |
| Рівень 1 | + Бокова сигналізація  + Система визначення поїзда  + Єврорадіомаяки  + LEU | + Дозвіл на дії для машиніста  + Періодична передача постійних і змінних даних через радіомаяки  + Контроль безпечної швидкості  + Сповіщення в кабіні  + Вимірювання швидкості і переміщення поїзда |
| Рівень 2 | + Система визначення поїзд  + Єврорадіомаяки + RBC | + Функції рівня 1  + Постійна передача даних через RBC |

Продовження таблиці 2.8.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рівень 3 | + Єврорадіомаяки  + RBC  + GPS і інерційний центр | + Функції рівня 2  + Розрахунок позиція поїзда  + Контроль впровадження поїзда |

ETCS на рівні 3 представляє різке скорочення числа наземного обладнання (насправді тільки за межами постів стрілочника) і обладнання уздовж шляхів. Вони замінені на більш сучасні системи, які можуть взаємодіяти і дистанційно керувати рухом різного рухомого складу. На додаток до цих рівнів, відповідно до правил експлуатації, які існують в даний час в країнах Європейського союзу, були визначені різні режими роботи (Режим FS: Full Supervision; Режим ОS: On Sight; SH Режим работы: Shunting; SR: Staff Responsible; RV режим: ReVerse). [12]

* 1. **Різні режими ведення поїзда**

Оскільки система поширюється в усій Європі, було необхідно визначити єдину термінологію з урахуванням особливостей кожної:

Наприклад:

• Визначення маневреного ходу різниться в різних країнах.

• Режим ведення поїзда під відповідальність машиніста застосовується тільки на деяких мережах, і було необхідно відтворити цей режим руху.

Основні режими ходу ERTMS представлені на рис. 2.9.1.

Рис. 2.9.1. Найпоширеніші режими ходу ERTMS

До цих найпоширеніших режимів можна додати особливі режими, які представлені на рис. 2.9.2.

Рис.2.9.2. Особливі режими ходу ERTMS

Ці вказівки режиму у вигляді символів виводяться на інтерфейс і можуть бути різних кольорів (червоний, жовтий, зелений) в залежності від терміну їх застосування - негайного або планованого. [14]

* 1. **Висновки за розділом 2**

Із вище викладеного можна зробити наступні висновки:

1. за рішенням ЄС однією з основ інтероперабельності на залізничному транспорті є розвиток єдиної системи контролю і управління, що дозволить Європі перейти до логіка міжнародного ринку;
2. ERTMS або European Railway Trafic Management System (Європейську Систему Управління Залізничним Рухом) складають дві системи: ЕСКП (ETCS) для забезпечення безпеки на європейській мережі і стандарт GSM-R для передачі інформації земля/поїзд;
3. ETCS - це система сигналізації, контролю і захисту поїздів, призначена для заміни багатьох несумісних систем безпеки, яка складається з прийомовідповідача Eurobalise, шлейфа Euroloop, засобів радіозв'язку Euroradio, локомотивного обладнання Eurocab;
4. ETCS визначається на п’яти різних рівнях: Рівень 0 (L0), Рівень STM, Рівень 1 (L1), Рівень 2 (L2), Рівень 3 (L3);
5. поетапне впровадження системи ERTMS обумовлюється двома причинами: неможливість замінити відразу весь тяговий рухомий склад, що працює на одній лінії та неможливість замінити все обладнання на всій протяжності лінії;
6. європейська система управління рухом потягів ETCS нині є цілком надійною і доступною для впровадження. Вона особливо підходить для нових залізничних ліній.