**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут Енергозбереження та Енергоменеджменту**

**Кафедра автоматизації управління електротехнічними комплексами**

|  |  |
| --- | --- |
| «На правах рукопису»  УДК 62-83:621.313.2 | «До захисту допущено»  Завідувач кафедри  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В. П. Розен  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2021р. |

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»**

**на тему: «Інтелектуальна система диспетчеризації**

**дорожнього руху електротранспорту»**

Виконав:

студент VI курсу, групи ОА-91мн

Топчу Тимур Джемільович \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Керівник:

Кандидат технічних наук, доцент

Тишевич Б. Л. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Рецензент:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

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

Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Київ – 2021

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Інститут Енергозбереження та Енергоменеджменту**

**Кафедра автоматизації управління електротехнічними комплексами**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» («Інжиніринг електротехнічних комплексів»)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В. П. Розен

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2021р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

**Топчу Тимура Джемільовича**

1. Тема дисертації «Інтелектуальна система диспетчеризації дорожнього руху електротранспорту», науковий керівник дисертації Тишевич Борис Леонардович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «12»березня.2021 р. №812 – с.

2. Термін подання студентом дисертації 18.05.2021

3. Об’єкт дослідження розклад руху потягів метрополітену на Святошинсько-Броварській гілці

4. Вихідні дані зменшення інтервалів рухів між потягами, збільшення пропускної здатності, оптимізація графіків рухів потягів.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити аналіз існуючої системи управління потягами метрополітену, розробка функціональної схеми та принципу роботи системи оптимізації рухів потягів. Визначення параметрів нейронної мережі для реалізації алгоритмів рухів. Моделювання роботи нейронної мережі при розпізнаванні кількості пасажирів та управління рухом потягів.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу 17 презентаційних слайдів

7. Орієнтовний перелік публікацій стаття «Оптимізація графіків рухів потягів метрополітену на базі нейронної мережі» на 4 науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ.

8. Дата видачі завдання 1 лютого 2021 року.

Календарний план

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № з/п | Назва етапів виконання  магістерської дисертації | Строк виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
| 1. | Побудова та експериментальне моделювання нейронної мережі для інтеграції методу максимально-середнього перерозподілу однорідного ресурсу в систему управління торгівельного центру | 01.10.2020-01.02.2021 |  |
| 2. | Підготовка аналізу і узагальнень результатів досліджень | 02.02.2021-20.03.2021 |  |
| 3. | Підготовка 1 наукової статті за темою магістерської дисертації | 21.03.2021-02.04.2021 |  |
| 4. | Підготовка 2 наукової статті за темою магістерської дисертації | 03.04.2021-20.04.2021 |  |
| 5. | Підготовка доповіді для виступу на кафедральній конференції | 21.04.2021-24.04.2021 |  |
| 6. | Складання вступної частини магістерської роботи | 25.04.2021-01.05.2021 |  |
| 7. | Складання основної частини магістерської роботи | 02.05.2021-  13.05.2021 |  |
| 8. | Підготовка графічного та презентаційного матеріалу | 14.05.2021-15.05.2021 |  |
| 9. | Отримання відгуку та рецензії, захист магістерської дисертації | 15.05.2021-17.05.2021 |  |

Студент Т. Д. Топчу

Науковий керівник дисертації Б. Л. Тишевич

Реферат

Пояснювальна записка: 112 сторінки, 35 рисунків, 3 таблиці, 44 використаних джерел.

Мета дисертації - розробка системи оптимізації графіків рухів потягів метрополітену на базі нейронної мережі. Запропонована система дозволить підвищити пропускну здатність лінії метрополітену, вести облік пасажирів та на основі цього формувати оптимальні графіки рухів потягів для забезпечення безпечного перевезення пасажирів та енергоефективної роботи метрополітену.

Об’єкт дослідження це процес змін інтервалів рухів потягів метрополітену з використанням системи управління потягами з використанням радіоканалу, системою інтелектуального відеоспостереження та нейронної мережі для формування графіків рухів.

Предметом дослідження є Київський метрополітен.

Під час роботи було розглянуто транспортну систему Київського метрополітену, аналіз роботи існуючої системи управління потягами метрополітену АРШ-АЛС, виявлено сильні і слабкі сторони існуючої системи. Запропоновано нову систему управління потягами з використанням радіоканалу для зменшення інтервалів рухів між потягами. Запропонована система набуває широкого розповсюдження у світі і поступово замінює застарілі сигнальні системи управління потягами.

Новизною : застосування інтелектуальних систем відеоспостереження з розпізнаванням об’єктів для обліку пасажирів, та нейронної мережі для формування гнучких графіків рухів потягів метрополітену.

**Публікації**. Результати досліджень опубліковані у таких статтях:

1. Тишевич Б.Л., Топчу Т.Д. «Інтелектуальна система на базі нейронноїї мережі для диспетчиризації дорожнтього руху електротранспорту», Vlll Міжнародна науково-практична конференція “Information, its impact on social and technical processes” 16-17 березня 2021, Haifa, Israel
2. Тишевич Б.Л., Топчу Т.Д. «Інтелектуальна система на базі нейронноїї мережі для диспетчиризації дорожнього руху електротранспорту», Xlll Міжнародна науково-практична конференція “Problem of implementation of science into practice” 20-21 квітня 2021, Осло, Норвегія.
3. Тишевич Б.Л., Топчу Т.Д.. «Система диспетчиризації дорожнього руху потягів метрополітену», XXV International Scientific and Practical Conference “Implementation of modern science and practice”, 11-14 травня 2021, Варна, Болгарія.
4. Топчу Т.Д. Інтелектуальна система на базі нейронноїї мережі для диспетчиризації дорожнього руху електротранспорту. ІІІ Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, 26-27 листопада 2020р, м.Київ.

Ключові слова: метрополітен, нейронна мережа, потяг, оптимізація, інтелектуальне відеоспостереження, регулювання на базі радіоканалу.

Abstract

Explanatory note: 112 pages, 35 figures, 3 tables, 44 sources used.

The purpose of the dissertation is to develop a system for optimizing the schedules of subway trains on the basis of a neural network. The proposed system will increase the capacity of the subway line, keep records of passengers and on this basis to form optimal train schedules to ensure safe transportation of passengers and energy efficient operation of the subway.

The object of research is the process of changing the intervals of subway train movements using a train control system using a radio channel, intelligent video surveillance system and a neural network to form traffic schedules.

The subject of the study is the Kyiv metro.

During the work, the transport system of the Kyiv metro was considered, the analysis of the existing subway train management system ARSH-ALS, the strengths and weaknesses of the existing system were identified. A new train control system using a radio channel to reduce traffic intervals between trains has been proposed. The proposed system is becoming widespread in the world and is gradually replacing outdated signal control systems for train control.

Novelty: the use of intelligent video surveillance systems with object recognition for passenger accounting, and a neural network for the formation of flexible schedules of subway trains.

Keywords: subway, neural network, train, optimization, intelligent video surveillance, regulation based on radio channel.

**Зміст**

Вступ……………………………………………………………………………… 9

**Розділ 1** Розробка технічного опису транспортної системи метрополітену..10

* 1. Технічні складові метрополітену…………………………………………...10
  2. Опис транспортної системи Київського метрополітену…………………..19

**Розділ 2** Розробка та вибір обладнання для системи управління рухом потягів

метрополітену………………………………………………………….27

2.1 Системи інтервального регулювання рухом потягів на базі радіоканал

Communications-Based Train Control (CBTC) ……………………………..27

2.1.1 Основні ознаки CBTC та рухомих блоків………………………………..29

2.1.2 Рівні автоматизації………………………………………………………...31

2.1.3 Основні переваги системи інтервального регулювання рухом потягів на базі радіоканалу………………………………………………………………….31

2.1.4 Архітектура системи CBTC (Communications-Based Train Control )…..33

2.2 Аналіз існуючої стгнальної системи управління потягами в метрополітені

АРШ-АЛС……………………………………………………………………40

2.2.1 Пропускна спроможність………………………………………………….41

2.2.2 Прилади АЛС-АРШ………………………………………………………43

2.2.3 Пристрої поїздів АРШ……………………………………………………..50

2.3 Системи інтелектуального відеоспостереження для обліку пасажирів….51

2.3.1 Технологія стереоскопічного бачення для обліку пасажирів на платформі………………………………………………………………………...53

2.3.2 Організація систем інтелектуального відеоспостереження на залізничному транспорті спільно з CBTC……………………………………...55

2.3.3 Використання «класичної» багатошарової нейронної мережі для ідентифікації кількості пасажирів………………………………………………57

**Розділ 3** Математичний опис та синтез алгоритму управління на базі нейронної мережі………………………………………………………………...65

3.1 Алгоритм роботи системи автоматичного контролю руху потягів

метрополітену з використанням системи CBTC…………………………..65

3.2 Математичний опис інтервалів рухів потягів метрополітену з системою

CBTC………………………………………………………………………….72

3.2.1 Визначення інтервалу при русі по перегону з постійною швидкістю…80

3.2.2 Інтервал між вирушаючим від станції і прибуваючим потягами………82

3.3 Алгоритм зворотного поширення похибки………………………………..87

**Розділ 4** Моделювання системи управління для оптимізації графіків рухів

метрополітену…………………………………………………….......90

4.1 Моделювання системи контролю швидкості з рухомими блок-ділянками…………………………………………………………………………90

**Розділ 5** Розрахунок економічної ефективності втілення системи управління оптимізації графіків рухів потягів метрополітену (стартап-проект)……….102

5.1 Опис ідеї проекту…………………………………………………………..102

5.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту……………….103

5.3 Розрахунок економічної ефективності системи управління оптимізації

графіків рухів потягів метрополітену…………………………………….104

**Висновки** ………………………………………………………………………107

Список використаних джерел…………………………………………………108

**Вступ**

Внаслідок збільшення населення в великих містах збільшується ріст пасажирських перевезень. Як результат, пасажиропотік зростає в кожному районі, і існує потреба в покращенні та оптимізації руху наземного пасажирського руху, метро та приміського поїзда.

Сьогодні метро - перспективний вид громадського транспорту. Незалежно від погодних умов, метро може перевозити пасажирів швидко та вчасно. Однак існує низка таких проблем, як: B. Витрати на електроенергію, планування інтервалів руху транспортних засобів та застаріла система управління поїздами. Розвиток сучасних інформаційних технологій дозволяє побачити нові можливості в проектуванні систем автоматичного управління. Такі компанії як Siemens, Thales, Bombardier transportation розробили системи управління рухомим складом метрополітену, що дозволяють вирішити вище вказані проблеми.   
 В роботах наступних вчених Ximan Ling, Chengcheng Wang було розглянуто можливості прогнозування пасажиропотоку в метрополітені незалежно від умов руху поїздів. Проаналізовано чотири класичні моделі прогнозування: статистична середня модель, модель нейронної мережі багатошарової моделі персептрона, векторна регресійна модель та посилена градієнтна регресійна модель. Нормальні та ненормальні умови руху були визначені для кожної станції метро з використанням просторового алгоритму просторової класифікації на основі щільності (DBSCAN). Точність прогнозування кожної передбачуваної моделі була проаналізована в нормальних та ненормальних дорожніх умовах, щоб вивчити високоефективні умови (нормальні дорожні умови чи ненормальні дорожні умови) різних моделей прогнозу.

Використання складних нейронних мереж для прогнозування кількості пасажирів є недостатнім. Просто підрахуйте пасажирів, які вже перебувають на коліях, і годуйте поїзди відповідно до кількості пасажирів та чисельності поїздів, що регулює швидкість подорожі і, отже, можливість зменшення енергетичних витрат.

Скорочення інтервалу між поїздами є важливою особливістю запропонованої системи, але воно не є доречним під час щоденного розкладу руху поїздів. Адже в різний час, на різних станціях різна кількість людей. Також можуть бути ситуації, коли люди змушені користуватися метро через непередбачувані ситуації (дорожньо-транспортні пригоди та в результаті закриття громадського транспорту), негода тощо. Інтелектуальні системи відеоспостереження фіксують кількість людей на платформі у міру збільшення кількості пасажирів. Розклад поїздів. Нове тунельне обладнання дозволяє скоротити інтервали руху між поїздами. Радіотеги розташовуються в тунелі від станції до станції, фіксують положення та швидкість попереднього поїзда і передають цю інформацію до диспетчерської та по радіо на бортовий комп'ютер наступного поїзда. При розрахунку цільового гальмівного шляху до наступного поїзда бортове обладнання визначає максимальну швидкість, необхідну для проїзду до наступного поїзда. Він досягає їх у вихідній точці цільового гальмування. Поїзд починає гальмувати, зберігаючи безпечну відстань від наступного поїзда.

Коли система виявляє зменшення кількості людей на станції, нейронна мережа створює нову програму з меншою швидкістю та меншим енергоспоживанням.

**Розділ 1**

**Розробка технічного опису транспортної системи метрополітену**

* 1. **Технічні особливості метрополітену**

Метрополітан - це міська підземна залізниця з маршрутними поїздами для пасажирських перевезень. Технічно він відділений від всіх інших транспортних і пішохідних зон.

У загальному випадку метро - це система міського вневуличного пасажирського транспорту, в якій використовуються маршрутні поїзди (наприклад, міський монорельс). Потяги в метро ходять регулярно, як і планувалося. Метро відрізняється високою лінійною швидкістю (до 80 км / ч) і вантажопідйомністю (до 60 000 пасажирів у годину в одну сторону). Лінії метро можна прокладати під землею в тунелях, на поверхні і на естакадах (особливо це стосується міських монорейкових доріг).

Визначальні ознаки метрополітену

Роберт Швандл, творець urbanrail.net і автор декількох книг про метро, ​​пропонує наступні характеристики метро:

• працює часто (з інтервалом роботи не більше 30 хвилин протягом дня).

• повністю відділений від будь-якого іншого руху;

• використовуватися в міських умовах (в містах і мегаполісах)

• роботи на електротязі;

Метрополітен має ще одну функція: збіг рівня підлоги вагону та платформи, але ця функція не є обов’язковою. При цьому не уточнюється, як повинна виглядати колійна інфраструктура. Тобто це може бути практично будь-який: традиційна залізниця (традиційне метро), ALWEG (найпоширеніший тип міського пасажирського монорельса) і так далі.

У перші дні підземних залізниць кожна залізниця повинна була експлуатувати принаймні двох робітників: одну або кілька службових бригад (також відомих як "провідник" або "охорона") для управління дверима або воротами та машиніста (також відомого як "інженер" або "машиніст"). Двері були введені в експлуатацію десь у 1920 р. Це дозволило зменшити штат персоналу, і поїзди в багатьох містах зараз обслуговуються лише однією людиною. Там, де оператор не зможе побачити всю ділянку поїзда, щоб знати, чи можна безпечно закрити двері, для цього завдання часто пропонують дзеркала із замкнутим контуром або монітори.

Зміна системи машиністів стали доступними в 1960-х роках з розвитком комп'ютерних технологій для автоматичного управління поїздом, а згодом і для автоматичного водіння (ATO). АТО може рухати поїзд зі свого місця, розганятися до потрібної швидкості та автоматично зупинятися у правильному положенні на наступній станції на платформі, беручи до уваги інформацію, яку людина отримує з колії відповідно до шляхів руху або сигналів вагона поїзда . Першою лінією метро, ​​яка застосувала цю технологію, стала лінія Victoria, яка відкрилася в Лондоні в 1968 році. Під час нормальної роботи член екіпажу перебуває у положенні водія на передній панелі, але відповідає за закриття дверей на кожній станції. Натискаючи дві кнопки "Пуск", поїзд автоматично рухався до наступної станції. Цей тип "напівавтоматичного управління поїздами" STO, технічно відомий як "Рівень автоматизації GoA 2", поширився особливо на нових маршрутах, таких як маршрут BART у районі затоки Сан-Франциско. На деяких системах, таких як Лондонська залізнична станція Docklands, яка відкрилася в 1987 році, можна побачити варіант АТО "Операція без водія" (DTO) або технічно "GoA 3". Тут "агент з обслуговування пасажирів" (раніше його називали "капітаном поїзда") подорожує разом з пасажирами, але має ті самі обов'язки, що і машиніст в системі GoA 2. Завдяки цій технології, як і більшість поїздів, поїзди можуть їздити повністю автоматично без екіпажу. Ліфти. Оскільки витрати на автоматизацію спочатку почали зменшуватися, це стало фінансово привабливим варіантом для роботодавців. У той же час компенсаційні аргументи стверджують, що член екіпажу на борту поїзда, очевидно, міг запобігти надзвичайній ситуації в надзвичайних ситуаціях, міг пригнати частково несправний поїзд до сусідньої станції, допомогти в евакуації, якщо це необхідно, або викликати відповідну службу швидкої допомоги. Допоможіть (міліція, пожежна команда чи швидка допомога) та допомогли направити їх до місця аварії. У деяких містах ті самі причини використовуються для того, щоб заміщати двох, а не двох. Одна людина їде з передньої частини поїзда, а інша керує дверима з положення назад і допомагає пасажирам із задньої частини вагона. Повністю безпілотні поїзди або "безпілотні поїзди" (UTO) або технічно "GoA 4" є більш прийнятними в нових системах, де немає екіпажів, особливо на легких залізничних лініях (середньої пропускної здатності). Однією з перших таких систем стала VAL (Vehiclesh Automatique Leger або "Automated Light Car"), яка вперше була використана у 1983 році у французькому метро в Ліллі. Більше ліній VAL було побудовано в інших містах (таких як Тулуза, також у Франції та Франції) Турін Ще однією системою, яка використовує безпілотні поїзди, є метро Innovia Bombardier, спочатку розроблене Корпорацією розвитку транспорту як ICTS (Intermediate Power Transit System). Пізніше вона була розгорнута на SkyTrain у Ванкувері, Британська Колумбія, де не було жодного члена та жодної лінії зв'язку. Келана Джая в Куала-Лумпурі, Малайзія (Scarborough RT користується тими самими поїздами).

Системи, в яких використовуються автоматичні поїзди, також використовують двері платформи на повну висоту (двері PSD або на краю платформі або PED) або автоматичні двері платформи на половину висоти для підвищення безпеки та забезпечення перебування пасажира на платформі. Однак це не той самий спосіб забезпечення безпеки пасажирів. Метро Нюрнберга використовує інфрачервоні датчики для виявлення перешкод на маршруті. PED використовуються на деяких маршрутах, де машиніст безпосередньо керує поїздом вручну, особливо на Лондонському подовженні ювілейної лінії та майбутній лінії важкої залізниці Crossrail. Перший рядок, який PSD встановив у існуючій системі, був на MTR Hong Kong, а потім MRT у Сінгапурі. Швидкісні транспортні системи в США не використовують PED, за винятком монорейкової дороги в Лас-Вегасі та нерозвиненої залізниці Гонолулу, жаркий клімат якої створює неконтрольоване середовище для пасажирів, які чекають надворі. Для важких залізниць паризьке метро має водіїв на більшості ліній, але метро запускає автоматизовані поїзди на новій лінії 14, яка відкрилася в 1998 році. Пізніше стару лінію перевели в автоматичний режим і ввели в експлуатацію до 2012 року. Четверта запрацює до 2019 року. Північно-східна лінія метро в Сінгапурі, відкрита в 2003 році, є першим у світі повністю автоматизованим метро великої вантажопідйомності. Курортна лінія MTR у Діснейленді автоматизована, як і поїзди на майбутній лінії Південного острова.

У системах міського транспорту також використовуються повністю автоматизовані та нестандартні поїзди, хоча і набагато менших масштабів. Вони використовується на маршрутах LRT у Сінгапурі та Макао, а також у Маямі, Флорида.

Є маршрути, на яких використовується легка залізниця, наприклад трамваї Б., які просто проходять до тунелю, віадуку чи іншого рівня - всього або частини його (як у Філадельфії, де маршрут розділений на повну довжину. Залізничні шляхи). Докові станції на цих коліях можуть бути побудовані різних розмірів поїздів і є оптимальними для будь-якого розміру, що призводить до значного "розриву" між поїздом і платформою.

У багатьох містах, таких як Берлін та Бостон, черги з автомобілями різних розмірів та типів організовані в одну систему. Хоча вони часто не пов'язані між собою, кочення між різними типами транспортних засобів підходить для некомерційних перевезень або інших цілей, коли це необхідно.

Хоча спочатку лондонське метро працювало від парових машин, сьогодні і раніше майже всі поїзди метро використовують електроенергію. Більшість поїздів їдуть на сталевих колесах на двох сталевих рейках, як і традиційні рейки, хоча деякі використовують різні методи. Електроенергія для поїздів зазвичай подається по одній колії (як у Нью-Йорку). Лінія електроживлення поїздів зазвичай знаходиться в діапазоні від 600 до 750 вольт, хоча деякі системи, такі як Лондон та Мілан, використовують дві позитивні та негативні лінії живлення. Практика передачі потужності поїздом на місцях в основному заснована на обмеженому очищенні повітря в тунелях, що фізично перешкоджає використанню повітряних ліній.

Використання повітряних ліній забезпечує вищі напруги живлення. Хоча струмопровідні дроти можуть бути використані в підземних системах метро без тунелю, тобто у відкритому метрополітені, як метро Шанхая, деякі переважно підземні системи, такі як Барселона, Фукука, Мадрид та Шицзячжуан, висять. Лінії, які використовують дорогу, яка тягнеться поверхнею (наприклад, Бостонська зелена лінія), як правило, забирають всю свою силу від повітряних ліній, як під час руху через тунель у центрі міста, так і вздовж заміських вулиць. Бо третій рядок небезпечний. Для дорожніх транспортних засобів, особливо на перехрестях (на певних лініях Чикаго "L"). Існують транзитні лінії, що використовують як лінії електропередач, так і повітряні лінії, і транспортні засоби можуть перетинатися між ними (приклад цього в Роттердамі та раніше в Чикаго). Напруга, як правило, постійна і не є взаємозамінною, хоча для цього потрібні випрямлячі великої потужності. Раніше двигуни постійного струму були більш ефективними для залізничного транспорту, зараз глобальна тенденція до асинхронних двигунів також вплинула на метро. Сучасні поїзди використовують асинхронні двигуни з перетворювачами, які перетворюють постійний струм від електрики в мережу змінного струму для асинхронного двигуна. Більшість світових метрополітенів використовують стандартні калібровані рейки. Оскільки рейки в тунелях метро не піддаються впливу дощу, снігу чи інших опадів, вони, як правило, кріпляться безпосередньо до землі, а не до вантажу, як це відбувається, наприклад, у звичайних поїздах (крім Амстердама).

Альтернативна технологія використання гумових шин на вузьких бетонних або сталевих балонах була запроваджена на декількох лініях паризького метро, ​​а нова система була використана в Монреалі, Канада. Для більшості цих сіток для рульового управління потрібні додаткові горизонтальні колеса, а для звичайних шин та проходів зазвичай встановлюється стандартна колія. Є також деякі системи з гумовими вставками, які використовують центральну рейку, наприклад міський мегаполіс Саппоро та система NeoVal Bern у Франції. Розробники цієї системи виявили, що вона набагато тихіша за звичайні сталеві колеса і збільшує зчеплення з гумовими шинами за рахунок збільшення нахилів.

Деякі міста з крутими пагорбами мають метро до метро. Однією з лінійських ліній метро є ділянка маршруту, як Кармеліт у Хайфі - підземна канатна дорога. Існує ще одна альтернатива підвісним лініям: одностороння колія, яка може бути побудована як одностороння колія з опорними та підвісними балками (з колією під поїздом, включаючи нову колію в Токіо та деякі залізничні лінії в Чунцині) . або залежно від маєтку. Назва поїзда висить під колесами та всередині поїзда (типовим прикладом є канатна дорога Вупперталь). Хоча односторонні рейки широко не використовуються за межами Японії, деякі широко використовуються. Сюди входить монорельс у Сіетлі, який є короткою лінією, датованою Світовою виставкою 1962 року, на яку місцеві виборці не хотіли розширюватися. Нещодавно побудована лінія працює в Лас-Вегасі. Стара система, також одна з перших у США, була встановлена ​​в Діснейленді, штат Каліфорнія, в 1959 році і з'єднує тематичний парк із сусіднім готелем. Колись розробники системи Уолта Діснея запропонували побудувати подібну систему між Анахаймом та Лос-Анджелесом.

Найшвидшими транспортними поїздами є електричні колеса довжиною від трьох до десяти вагонів. Розмір екіпажу зменшувався протягом історії, і деякі сучасні системи зараз використовують абсолютно незвичні поїзди. Інші поїзди все ще мають машиністів, хоча їх єдиною роллю в нормальній роботі є відкривання та закриття дверей поїздів на станціях. Зазвичай електроенергія забезпечується третьою залізницею або повітряною лінією. Вся мережа метро Лондона використовує четверту залізницю, тоді як інші використовують лінійний двигун для транспорту. У більшості випадків вони курсують звичайними залізницями, хоча деякі використовують гумові шини, такі як лінії метро Монреаль та Мексика та деякі паризькі лінії метро. Гумові шини пропонують більш круті підйоми та плавніший хід, але мають вищі експлуатаційні витрати та менш енергоефективні. Вони також втрачають зчеплення з дорогою у вологих або крижаних умовах, що перешкоджає використанню Montreal Skytrain та обмежує використання Sapporo Skytrain, але не в стомлених системах шин в інших містах.

Деякі системи були побудовані з нуля, інші були перебудовані зі старих трамвайних чи залізничних систем, які були модернізовані і часто доповнюються лінією метро або підвішені на вулиці.

Підземні тунелі прибирають рух з рівня вулиць, уникають пробок і залишають більше землі для будівель та інших цілей. У районах з високими цінами на землю та великим землекористуванням тунелі можуть бути єдиним економічно ефективним способом громадського транспорту.

Повітряні залізниці - це більш дешевий і простий спосіб створити транспортну лінію без копання дорогих тунелів та створення перешкод. Окрім трамваїв, вони також можуть бути єдиною альтернативою, оскільки такі особливості, як високий рівень води поблизу поверхні міста, збільшують витрати або навіть ускладнюють експлуатацію метро (наприклад, Майамі). Зупинена земля була популярною на початку ХХ століття, але вона вийшла з моди; За останню чверть століття вони повернулися, часто з такими бездротовими системами, як Vancouver SkyTrain, лондонська залізнична станція Docklands, метро Miami та Bangkok Shetrain. Станції діють як вузли, через які пасажири можуть сідати та виходити з поїздів. Вони також є пунктами пропуску та дозволяють пасажирам пересуватися між різними видами транспорту, такими як автобуси та інші поїзди. Доступ здійснюється через острови або бічні платформи. Станції метро, ​​особливо глибоководні, збільшують загальний час проїзду: довгий перехід ескалаторів до платформ може перетворити станції на завали, якщо вони не будуються належним чином. Деякі підземні та підвищені станції об'єднані у великі підземні або похилі мережі, що з'єднуються з сусідніми комерційними будівлями.

Щоб забезпечити легкий доступ до поїздів, висота платформи забезпечує плавний доступ між пероном і поїздом. Якщо станція відповідає стандартам доступності, люди з обмеженими можливостями та люди з перевезеним багажем зможуть легко дістатися до поїздів. Однак, якщо рейки зігнуті, між поїздом і пероном може виникнути зазор. Деякі станції використовують скляні огородження з дверима платформи для підвищення безпеки, запобігання падінню людей на рейки та зменшення витрат на вентиляцію.

Найглибшою станцією у світі є станція Арсенальна в Києві, Україна (105,5 м).

Станції були побудовані з прекрасними декораціями, такими як мармурові стіни, полірована гранітна підлога та мозаїка, особливо в колишньому Радянському Союзі та інших країнах Східної Європи, що відкрило мистецтво для публіки у їх повсякденному житті, поза галереями та музеями. Системи Москви, Санкт-Петербурга, Ташкента та Києва по праву вважаються одними з найкрасивіших у світі. Інші міста, такі як Стокгольм, Монреаль, Лісабон, Неаполь та Лос-Анджелес, також зосереджуються на мистецтві, яке може варіюватися від декоративних настінних покриттів до великих схем світлого мистецтва, інтегрованих в архітектуру станції, до репродукцій. ... станція. Це може бути корисно для залучення більшої кількості пасажирів, які витрачають порівняно невеликі суми на чудову архітектуру, мистецтво, чистоту, доступність, освітлення та відчуття безпеки.

Приміське шосе - це важка залізнична система, яка працює на меншій частоті, ніж швидкісний міський транспорт, із більшою середньою швидкістю, часто обслуговуючи лише одну станцію в кожному селі та місті. Залізничні комплекси в деяких містах (наприклад, німецькі S-Bahns, залізниці Ченнаї, австралійські міські залізниці, датські S-tog та ін.) Можна розглядати як заміну міській транспортній системі, яка пропонує часті громадські перевезення в місті. На відміну від деяких міст (наприклад, метро Дубая, Шанхая, Метро Мадрид-Сур, Тайбей, Куала-Лумпурський транзитний експрес та ін.), Більшість швидкісних міських транспортних систем мають лінії, які можуть дістатися до околиць.

Деякі міста обрали дві міські залізниці: швидкісну міську транспортну систему (наприклад, Паризьке метро, ​​Берлін-U-Ban, Лондонське метро та Токійське метро) та приміські системи (наприклад, їх аналоги RER, S-Bahn, майбутній Crossrail & London Overground та JR Urban Lines відповідно). Приміські системи можуть мати свій власний будівельний маршрут, який працює на подібних частотах "швидкого транзиту" і, як правило, експлуатується національною залізничною компанією. У деяких містах ці приміські сполучення проходять через тунелі в центрі міста та мають пряме сполучення із швидкісною транспортною системою на одній або сусідній платформі. BART California, Metro-DF у федеральному окрузі та система Вашингтонського метрополітену - приклади двох гібридів: у передмістях лінії працюють як приміські залізниці з більшими інтервалами та більшою відстанню між станціями; станції наближаються до центру міста, що скорочує колію та інтервали між поїздами.

**1.2 Опис транспортної системи Київського метрополітену**

Київський метрополітен - після відкриття 6 листопада 1960 року став третім за величиною в СРСР після Москви та Ленінграда. Київський метрополітен займає 29 місце у світі за пасажиропотоком, хоча за довжиною лінії він лише 60-й.

Київський метрополітен - багатопрофільне підприємство, сучасний та складний інженерний комплекс. Складається з 11 служб технічного обслуговування, 3 електробаз (ПМ-1 "Дарниця", ПМ-2 "Оболонь" та ПМ-3 "Харківське"), авторемонтного заводу (ВРЗ), напрямок будівництва метрополітену.

У 2017 році Київський метрополітен має 3 експлуатаційні лінії загальною експлуатаційною довжиною 67,6 км. В історичному центрі Києва є 52 станції з трьома розв'язками, розташованими трикутником. На всіх станціях київського метрополітену є покриття стільникових операторів "Vodafone", "Київстар", "lifecell".

Лінії метро проходять через усі 10 районів міста, але охоплення дуже нерівномірне: у Шевченківському та Печерському районах - по 10 станцій, у Дарницькому та Голосіївському - по 7, в Оболонському та Дніпровському - по 4, у Подільському та Святошинському - по 3. , у Солом’ї Янському - 2 і, нарешті, у Деснянському - лише одна станція метро. Сухопутна ділянка Святошинського-Броварської лінії (6,7 км) має 2 мостові переправи - через протоки Дніпра та Русанівської та 2 шляхопроводи. Пасажирів метро обслуговують 119 ескалаторів, що працюють на 25 станціях.

Торік столичне метро перевезло майже 485 мільйонів пасажирів.

Найбільший рух у 2021 році здійснювала постійно діюча станція «Лісова». Протягом року нею скористалися понад 21 мільйон киян та гостей столиці. Станція Дніпро перевозить менше на лінії Святошинський-Броварська. Він перевозив мільйон пасажирів. Загалом ця лінія з 18 станцій перевезла 201 мільйон людей.

Другою за пасажирооборотом є Куренівсько-Червоноармійська лінія. За підсумками минулого року ним скористалося 169 мільйонів пасажирів. Максимальний пасажиропотік спостерігався на станції "Мінськ" (понад 16 мільйонів на рік), мінімальний - "Поштова площа" (майже 4 мільйони).

Лінія Сирецько-Печерськ надала транспортні послуги майже 115 мільйонам киян та гостей столиці. Станція Лук’янівська перевезла найбільше (понад 14 мільйонів), найменше Червоний Хутор (1,6 мільйона). Загалом протягом року метро користувались 484,6 млн пасажирів, що на 1,1 млн менше, ніж у 2017 р. Середньодобовий пасажиропотік становив 1,3 млн пасажирів.

Рисунок 1.1 Середньодобові потоки основних станцій,

Святошинсько-Броварська лінії та Оболоньсько-Теремківська лінії

Як видно з аналізу, найбільш зайнятою є Святошинсько-Броварська лінія. Давайте проаналізуємо його для впровадження системи оптимізації розкладу руху метро.

Святошинсько-Броварська лінія (М1) - перша та найжвавіша з київських метрополітенів. Лінія проходить через місто на захід на схід, під основними міськими спорудами та магістралями: проспект Перемоги та проспект Броварський, залізничний вокзал, має виходи на центральну міську вулицю - Хрещатик, з'єднує лівий та правий береги Дніпра. У сфері планового обслуговування густонаселені житлові райони розташовані на обох берегах Дніпра. Свою назву лінія отримала від великого житлового району Святошин, розташованого на захід від міста, через який проходить лінія і в якому розташована однойменна станція та у напрямку до міста Бровари, як а також його довгий шлях Броварський проспект на схід. В даний час довжина лінії становить - 22,7 км. Кількість станцій - 18, з них 12 - підземні. Лінія займає центральне місце в системі метро, ​​щодня перевозить понад 630 000 пасажирів. Найкоротша їзда на лінії: "Театральна" - "Хрещатик" (766 м.), Найдовша: "Брест" - "Шулявська" (2,23 км). Найглибша станція - Арсенальна (105,5 м). Найбільш завантажені станції: «Ліс» (66,7 тис. Переходів / день) та «Станція» (66,5 тис. Переходів / день), найменш завантажені: «Дніпро» (2,9 тис. Переходів / день), а взимку «Гідропарк». Лінію обслуговує депо ПМ-1 "Дарниця", яке знаходиться поблизу однойменної станції.

Надалі планується продовжити лінію в західній частині до станції на північ від Новобилицького району. У довгостроковій перспективі можна продовжити лінію на схід до міста Бровари, тож лінія повністю виправдає свою назву.

Хронологія відкриття сайтів:

6 листопада 1960 р .: "Вокзальна" - "Дніпро", 5 станцій, 5,2 км;

5 листопада 1963 р .: "Завод" Більшовик "(" Шулявська ") -" Вокзальна ", 2 станції, 3,3 км;

5 листопада 1965 р .: "Дніпро" - "Дарниця", 3 станції, 4,2 км;

4 жовтня 1968 р .: "Дарниця" - "Комсомольська" ("Чернігівська"), 1 станція, 1,3 км;

5 листопада 1971 р .: "Завод" Більшовик "(" Шулявська ") -" Святошино ", 3 станції, 4,1 км;

5 грудня 1979: Комсомольська (Чернігівська) - Піонерська (Лесна), 1 станція, 1,2 км;

6 листопада 1987 р .: "Ленінська" ("Театральна"), 1 станція, 0,1 км;

24 травня 2003 р .: "Святошин" - "Академгородок", 2 станції, 3,3 км.

З часу відкриття Київського метрополітену його єдину лінію обслуговували вагони типу D. Парк автомобілів становив 24 одиниці, з 1963 р. - 39 одиниць. У 1969 році всі 39 вагонів типу D були передані до Ленінградського метро, ​​але отримано 39 вагонів типу E.

Зараз на Святошинсько-Броварській лінії експлуатуються машини типів Еж, Еж1, Ем-501, Емма-502, а також серій 81-717 / 714. З 2011 року розпочато експлуатацію автомобілів 81-540,2К / 541,2К.

У 2014 році Круківський вагонобудівний завод (ВАТ «КВСЗ») здійснив комплексну модернізацію 95 автомобілів типів Еж та Е з продовженням терміну їх служби на 20 років. Було змінено салон салонів та кабін автомобілів, і головні машини отримали нові кабіни зі склопластику без зовнішніх торцевих дверей типу 81-7021 / 7022, встановлено японське електрообладнання. Всі машини отримали позначення E-KM під час модернізації.

Пропускна спроможність Святошинсько-Броварської лінії в годину пік становить 42 пари поїздів на годину. Для економії енергії київське метро встановило швидкість руху на коліях не більше 40 км / год.

Колія залізниці - це просторове положення поздовжньої осі колії, вона проходить на рівні дорожніх загороджень.

План колії - це проекція дороги на горизонтальну площину, а поздовжній профіль колії - вертикальна ділянка вздовж осі колії.

План і профіль визначають положення осі шляху в просторі. Елементи плану Лінії - це прямі лінії та криві ділянки. Крива ділянки виникає, коли необхідно обійти перешкоду, Підхід лінії до населених пунктів, бажання здешевити будівництво. При повороті його напрямок змінюється під кутом а, який утворюється між початковими лініями безпосередньо та новим її положенням і називається кутом повороту.

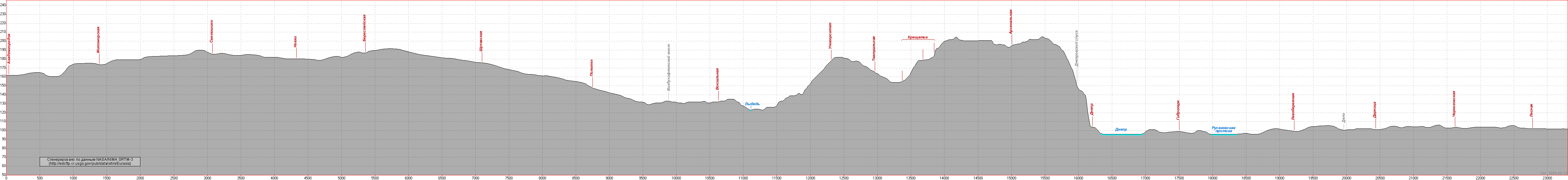


Рисунок 1.2 План-профіль шляху Святошинсько-Броварської лінії

На трьох діючих лініях парк складів на п’ять автомобілів живиться від підвісної шини постійного струму 825 В постійного струму. Близько половини залізничного парку було надано ЗАТ "Метровагонмаш" (нині дочірнє підприємство "Трансмашхолдингу", Росія). Досить значна частина складів представлена ​​вагонами типів 81-717 та 81-714. Такі ж моделі автомобілів використовуються в інших метро в містах колишніх країн Східного блоку. Остаточна партія з 40 автомобілів моделей 81-717,5M та 81-714,5M була замовлена ​​в липні 2013 року та надійшла до Києва в кінці 2014 року. Заявка фінансувалася за рахунок позики Європейського банку реконструкції та реконструкції та Розвиток. ... незважаючи на постійне оновлення рухомого складу, більшість парку складаються зі старих вагонів із середнім терміном служби близько 50 років. Вони потребують капітального ремонту конструкції. З цією метою впроваджується програма модернізації з використанням механізму фінансування Кіотського протоколу для зменшення викидів парникових газів, тобто парникових газів. Відповідно до схеми зелених інвестицій, яка вперше використовується для фінансування проекту відновлення залізниці, країна може продати виділені квоти іншій країні за умови, що фінансові операції здійснюються від продажу до проектів, що зменшують викиди парникових газів. ... У 2012 році Державне агентство екологічних інвестицій України погодилось передати надлишкові національні квоти Організації з розвитку промислових технологій та нової енергетики Японії в обмін на кошти на модернізацію вагонів метро. Передумовою було зменшення споживання енергії під час роботи оновленого складу щонайменше на 35%. У 2013 році розпочато роботу над першим етапом. Він передбачав модернізацію 95 автомобілів радянських часів і був завершений у жовтні 2014 року. Роботи проводились на виробничих потужностях Крюковського вагонобудівного заводу (ПАТ "КВБЗ") у місті Кременчук, що знаходиться приблизно в 250 км. . Південний схід від Києва. KVBZ відповідав за проектування, випробування та серійне виробництво, а компоненти постачала японсько-німецька компанія на чолі з Itochu Corp. , До складу якої входять J-TREC, Mitsubichi Electric, Fuji Electric та Knor-Bremse. Складське споживання електроенергії зменшилось на 40%. На основі цього результату уряди України та Японії домовились про розширення проекту. Оголошено тендер на другий етап модернізації. І на початку 2015 року ті самі компанії були обрані для виконання робіт точно в тих самих технічних умовах, що і на першому етапі. На другому етапі була проведена комплексна (глибока) модернізація ще 25 вагонів, тобто п’яти складів. Модернізовані машини на першому етапі становлять близько 35% автопарку на Святошинсько-Броварській лінії, найбільш напівзруйнованим з яких понад 50 років. Вартість його модернізації становить 97 мільйонів євро, включаючи запасні частини та обладнання для обслуговування на сучасному складі. Це зменшує час і витрати на планові ремонти та технічне обслуговування. На початковому етапі технологія модернізації включає експертну оцінку стану кузова автомобіля. На основі оцінки антисептичного організму приймається рішення про його вдосконалення. Перш ніж вносити зміни в міцність корпусу, одночасно із заміною шин, в місцях з найбільшим навантаженням зварювали нові конструктивні елементи кузова. Головна мета - збільшити термін служби автомобіля на 20 років.

Тоді на склад надходить нове ходове обладнання. Він включає систему управління роботою поїзда, кабелі та акумулятори. Гальмівні накладки Knor-Bremse є важливим компонентом безпеки та важливою перевагою програми модернізації. Асинхронні двигуни змінного струму від Mitsubichi Electric замінюють тягові пристрої постійного струму.

Він оснащений перетворювачами частоти, які дозволяють відновлювати енергію, вироблену при гальмуванні (назад у сітку).

Переваги першого етапу модернізації в 2014 році були повторені на другому етапі в 2015 році. Після модернізації кількість вагонів у поїзді було зменшено з п'яти до трьох, але загальна потужність склала п'ять - вагон поїзда збільшено з 1360 кВт до 1800 кВт. У поєднанні з новою системою управління споживання енергії на складі може бути зменшено на 1276 кВт-год або 40% на день. Крім того, тяга змінного струму зменшує кількість необхідних ремонтів.



Рисунок 1.3 Потяги у Київському метро

Економія енергії - це не лише результат зміни тяги. Зменшення витрати матеріалів на транспортні засоби зі 123 кг до 96 кг на пасажира збільшує енергоефективність, оскільки вага упаковки зменшується з 162 тонн до 155 тонн. Ще однією перевагою легших поїздів є менший знос рейок. Це полегшено завдяки новим баггі, які також підтримують якість їзди на рейках та підвищують комфорт пасажирів. Завдяки внутрішнім змінам пропускна здатність поїзда на п’ять вагонів збільшилася з 1320 до 1642 пасажирів при 10 пасажирах на квадратний метр. У поєднанні з меншим часом роботи за рахунок більш швидкого прискорення (завдяки збільшенню номінальної потужності на одного пасажира з 1,03 кВт до 1,096 кВт), можна збільшити пропускну здатність Святошинсько-Броварської першої лінії. [1]

**Розділ 2**

**Розробка та вибір обладнання для системи управління рухом потягів метрополітену**

**2.1 Системи інтервального регулювання рухом поїздів на базі радіоканалу**

Найефективнішим методом зменшення експлуатаційних витрат може бути принцип мінімізації обладнання - заміна одних компонентів із використанням інших, більш функціональних принципів.

Цей принцип використовується в сучасних системах інтервального контролю руху поїздів на базі радіоканалу. Однією з головних переваг цього типу систем є усунення польових пристроїв. Найдорожчі та прості в обслуговуванні матеріали для підлоги (кабелі, залізничне обладнання, стаціонарні ліхтарі тощо) замінюються сучасними цифровими радіотехнологіями. Системи цього типу називаються CBTC (Communication Based Train Control) - системи для інтервального контролю залізничного руху на основі радіоканалу.

Управління поїздами на основі зв'язку (CBTC) - це залізнична система сигналізації, яка використовує телекомунікації між поїздами та обладнанням для управління дорожнім рухом та інфраструктурою. У системах CBTC точне положення поїзда відомо більш точно, ніж у звичайних системах сигналізації. Це забезпечує більш ефективний та безпечний спосіб контролю залізничного руху. Метро (та інші залізничні системи) можуть покращити свої позиції при збереженні або навіть підвищенні безпеки. Система CBTC - це “система безперервного автоматичного управління поїздами, яка використовує незалежне розташування поїзда від високої роздільної здатності, безперервний високопродуктивний двосторонній зв'язок із передачею даних між маршрутами та процесорами, призначеними для подорожей та подорожей. ), а також додаткові функції ATO (автоматичне керування поїздами) і ATS (автоматичне відстеження поїздів) ", як визначено в стандарті IEEE 1474. [2]

Місто та населення збільшують потребу у місцевому транспорті, а системи сигналізації повинні бути розроблені та адаптовані, щоб безпечно задовольнити це збільшення попиту та потужності. Як результат, оператори зараз зосереджуються на максимізації пропускної здатності залізничних ліній. Основним завданням CBTC є збільшення пропускної здатності та безпечне скорочення часу між поїздами на маршруті.

Традиційні застарілі системи сигналізації завжди базувалися на виявленні поїздів на окремих ділянках дороги, які називаються "блоками". Кожен вузол захищений сигналами, що перешкоджають поїзду потрапляти в окупований блок. Оскільки кожен блок визначається інфраструктурою, ці системи називаються фіксованими блоковими системами.

На відміну від традиційних систем фіксованих одиниць, у сучасних мобільних підрозділах CBTC захищені зони кожного поїзда не визначаються статично інфраструктурою (за винятком технологій віртуальних одиниць з функціональним виглядом мобільних одиниць, але все ще обмежених фізичних одиниць). Крім того, самі поїзди постійно передають своє точне положення за допомогою двонаправленого зв'язку, індуктивного контуру або радіозв'язку на пристрої на колії.

Ця технологія, яка працює в діапазоні частот 30-60 кГц для передачі залізничного та дорожнього обладнання, широко використовується операторами метрополітену, незважаючи на деякі проблеми електромагнітної сумісності (ЕМС) та інші проблеми встановлення та обслуговування. [2]

З впровадженням усіх нових технологій на місці встановлення виникають проблеми сумісності. Однак з тих пір відбулися вдосконалення, а надійність систем радіозв'язку зараз значно зросла.

Крім того, важливо підкреслити, що не всі системи, що використовують радіотехнологію, вважаються системами CBTC.

**2.1.1 Основні характеристики CBTC та мобільних блоків**

Системи CBTC - це сучасні залізничні сигнальні системи, які можуть застосовуватися в основному в легких або важких залізничних транспортних засобах та акустичних системах, хоча їх також можна використовувати на лініях зв'язку. Для широких мереж такою системою може бути європейська система управління дорожнім рухом рівня ERTMS (ще не повністю визначена). У сучасних системах CBTC поїзди постійно обчислюють і передають свій стан по радіо через дорожнє обладнання по маршруту. Цей статус, серед іншого, включає точне положення, швидкість, напрямок руху та гальмівний шлях. Ви можете використовувати цю інформацію, щоб підрахувати, яку площу може займати поїзд на маршруті. Крім того, пристрій може ідентифікувати пункти на маршруті на лінії, яку інші поїзди за тим же маршрутом ніколи не повинні перетинати. Повідомляється, що ці елементи автоматично керують поїздами та постійно регулюють їх швидкість, зберігаючи вимоги безпеки та комфорту. Отже, поїзди отримують постійну інформацію про відстань від попереднього поїзда і можуть відповідно змінювати відстань безпеки.

**[](http://www.railsystem.net/wp-content/uploads/2015/01/mb.jpg)**

Рухомі блок-ділянки

**[](http://www.railsystem.net/wp-content/uploads/2015/01/fb.jpg)**

Фіксовані блок-ділянки

Мал 2.1 Принцип роботи рухомих блок-ділянок та фіксованих блок-ділянок

З точки зору системи сигналізації, на першому малюнку показано загальне навантаження основного поїзда, включаючи всі блоки, на яких розташований поїзд. Це тому, що система не може точно знати, де знаходиться поїзд у цих блоках. Таким чином, система фіксованого блоку дозволяє лише наступному поїзду їхати до останньої незайнятої межі блоку.

У системі рухомих блокових секцій, як показано на другому малюнку, положення поїзда та його крива гальмування постійно обчислюються поїздами, а потім передаються по радіо через дорожнє обладнання. Таким чином, дорожнє обладнання може встановити захищені ділянки біля найближчої перешкоди (на фото - протилежній задній частині поїзда), кожна з яких називається «Межею контролю руху» (LMA). [2]

Важливо зазначити, що розрахована в цих системах заповненість ділянки повинна включати запас міцності для невизначеності ділянки (жовтий на малюнку), який додається до довжини поїзда. Ці дві форми утворюють те, що зазвичай називають "слідом". Ця безпека залежить від точності системи одометра поїзда. Блокові мобільні системи CBTC зменшують безпечну відстань між двома послідовними поїздами. Ця відстань залежить від постійного оновлення місця та швидкості руху поїздів, дотримуючись вимог безпеки. Це зменшує пробіг між послідовними поїздами та збільшує пропускну спроможність.

**2.1.2 Ступінь автоматизації**

Сучасні системи CBTC дозволяють використовувати різні ступені автоматизації або ступені автоматизації (GoA), як визначено та класифіковано в IEC 62290-1. Насправді CBTC не є синонімом "без поїздів машин" або "автоматичних поїздів", хоча і вважається основною технологією для цієї мети.

Максимальний ступінь автоматизації коливається від захищеної роботи вручну, GoA 1 (зазвичай використовується в режимі очікування) до повністю автоматичної роботи, GoA 4 (Автономне управління поїздами, UTO). Середні режими роботи включають GoA 2 напівавтоматичний (напівавтоматичний режим роботи, STO) або GoA 3 без машиніста управління поїздами (режим без поїзда, DTO). Останній працює без водія в салоні, але змушує супроводжуючого стикатися з неправильними режимами роботи та керувати пасажирами в аварійних ситуаціях. Чим вище GoA, тим вищими повинні бути рівні безпеки, функціональності та продуктивності. [2]

**2.1.3 Основні переваги системи управління інтервалом руху поїзда на базі радіоканалу:**

1) Оптимізована швидкість поїзда для кращого заповнення лінії, зменшення витрат та забезпечення найкращого комфорту для пасажирів;

2) Гарантований короткий час доставки та запуск системи;

3) Введення в експлуатацію з першого дня;

4) автоматичні операції та просте обслуговування;

5) система без драйверів (або оновлення до системи без драйверів) для зменшення експлуатаційних витрат;

6) енергозбереження;

7) простота обслуговування;

8) легке розширення;

9) легко наноситься;

10) Ступінь стійкості;

11) 100% безпека;

12) Мінімальне тунельне обладнання.

Інноваційне рішення спрощує повну конфігурацію складних маршрутів та функцій блокування та повністю інтегрує їх у CBTC:

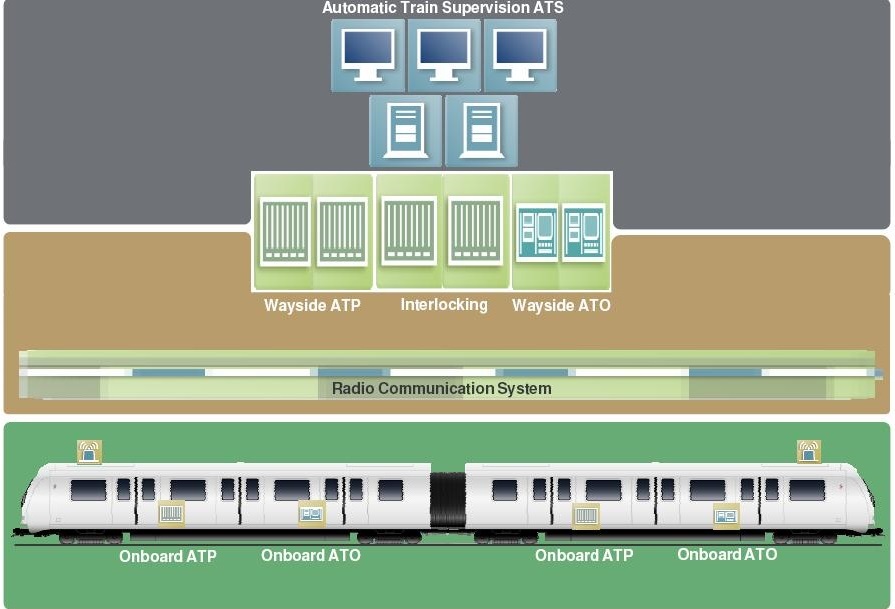
1) Оптимальна архітектура, орієнтована на поїзд, з більш інтегрованими інтелектуальними системами та прямим з'єднанням поїзд-поїзд, використовуючи до 20% менше обладнання та забезпечуючи кращі показники

2) Більша пропускна здатність (до 60 секунд) з мінімальним пробігом;

3) Оптимальні інвестиції та LCC для будь-якої конфігурації лінії.

4) CBTC можна легко інтегрувати в усі системи автоматизації залізничного транспорту.

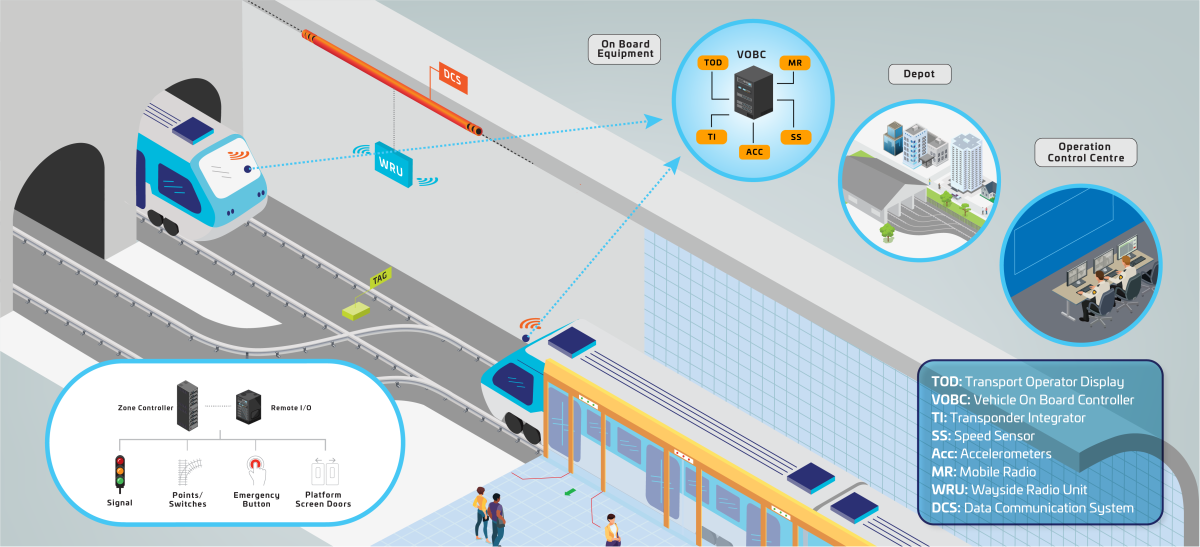
**2.1.4 Архітектура системи CBTC (Communications-Based Train Control)**



Мал. 2.2 Архітектура системи CBTC

Типова архітектура сучасної системи CBTC складається з наступних основних підсистем:

Дорожнє обладнання, що включає шлюзи та підсистеми, які контролюють кожну ділянку лінії або мережі (зазвичай вони містять функціональність ATP та ATO на дорозі). Залежно від постачальників архітектури, вони можуть бути централізованими або розподіленими. Управління системою здійснюється з центрального управління АТС, але локальні підсистеми управління також можуть бути включені як надлишкові. CBTC також включає обладнання для поїздів ATP та ATO. [2]



Мал. 2.3 Апаратура CBTC

Отже, хоча архітектура CBTC все ще залежить від постачальника та їх технічного підходу, у традиційній архітектурі CBTC можна знайти такі логічні компоненти:

Інтегрована система АТФ. Ця підсистема відповідає за постійний контроль швидкості руху поїзда відповідно до профілю безпеки та при необхідності натискання гальм. Він також відповідає за зв'язок із підсистемою АТР на дорозі для обміну інформацією, необхідною для безпечної експлуатації (отримання дозволу на безпечну експлуатацію, а також надсилання швидкості та відстані гальмування).

Інтегрована система АТО. Відповідає за автоматичне управління зусиллями зчеплення та гальмування для керування поїздом нижче граничних значень, встановлених підсистемою АТП. Основним його завданням є полегшення функцій водіння або технічного обслуговування при збереженні цілей контролю дорожнього руху та комфорту пасажирів, і навіть керування поїздом у повністю автоматичному режимі. Це також дозволяє вибрати різні стратегії автоматичного водіння, щоб адаптувати час роботи і навіть зменшити споживання енергії.

Система шляху АТФ. Ця підсистема піклується про управління всіма сполученнями з поїздами в цьому регіоні. Крім того, він обчислює обмеження дозволу руху, які повинен робити кожен поїзд під час роботи у відведеному районі. Тому це завдання є важливим для забезпечення роботи.

Дорожня система АТО. Він відповідає за перевірку пункту призначення та розташування кожного поїзда. Функція ATO забезпечує призначення всіх поїздів у системі, а також інші дані, такі як час зупинки на станціях. Крім того, він може виконувати допоміжні та не пов'язані з безпекою завдання, включаючи, наприклад, передачу та контроль тривог / подій або керування командами переходу / утримання.

Система зв'язку. Системи CBTC інтегрують цифрову мережеву радіосистему або гнучкий силовий кабель з антенами для двостороннього зв'язку між залізничним обладнанням та поїздами. Діапазон 2,4 ГГц найчастіше використовується в цих системах (наприклад, Wi-Fi), але також можуть використовуватися інші альтернативні частоти, такі як 900 МГц (США), 5,8 ГГц або інші ліцензовані смуги.

Система ОВД. Більшість рішень CBTC, як правило, інтегровані з системою ATS. Основне завдання - діяти як інтерфейс між оператором та системою, управляти трафіком відповідно до конкретних критеріїв регулювання. Інші завдання можуть включати взаємодію із зовнішніми системами, а також управління подіями та сигналізацією.

Система блокування радіо. Якщо це потрібно як окрема підсистема (наприклад, система резервного копіювання), вона буде обробляти життєво важливі перевірки рухомих об’єктів, таких як комутатори або сигнали, а також інші пов’язані функції. [2-й]

Система CBTC з рухомими блоковими секціями використовує мінімальне наземне обладнання: монітори свободи колії (рейки чи лічильники осей) на станціях, еталонні датчики на гонках та радіостанції. Однак розділи блоків можна застосовувати та фіксувати в системі.

Центр радіоблоків відіграє важливу роль у системі CBTC, відстежуючи поточний стан поїзда та надаючи дозволи на поїзди на основі місцезнаходження та швидкості попереднього поїзда, а також інших параметрів. Процесор тісно інтегрований з центральним процесором і побудований на одній платформі. Обмін інформацією між радіоцентром та поїздом здійснюється через базові цифрові радіостанції, розташовані вздовж лінії так, що радіосигнал перекривається двічі вздовж усієї лінії.

Для того, щоб CBTC працював з рухомими блоковими секціями, досить встановити в прогоні лише пасивні приймачі (еталонні датчики). Інформація з датчиків зчитується вбудованою антеною, коли поїзд проходить, і використовується для виправлення помилки при вимірюванні відстані, пройденої місцевим пристроєм.

Інтегрована система безпеки CBTC на локомотиві складається з модуля процесора, модуля швидкості та пройденої відстані, інтерфейсу з місцевим обладнанням, приймача та антенних модулів для зчитування інформації з еталонних датчиків, датчиків швидкості та дисплея машини, а також радіо модем і GPS. . антена та радіоканал. Бортове обладнання також включає дві половини системи контролю цілісності поїздів SKTSP, одна з яких встановлена ​​на кабіні. Вони постійно контролюють тиск у гальмівній магістралі, а коли він опускається нижче певного рівня, вони спрацьовують

Спеціальний модуль STM АЛСН

Локомотиви, обладнані вбудованою системою безпеки CBTC, що живиться від виділеного модуля передачі STM ALS, можуть працювати як в радіозакритих секціях, так і в звичайних секціях самоблокування. Перехід з однієї системи на іншу здійснюється автоматично; водій підтверджує це лише натисканням кнопки дисплея на пульті дистанційного керування.

У порівнянні з традиційними системами управління дорожнім рухом на перегонах та станціях, CBTC має ряд ключових переваг:

1) значне збільшення пропускної здатності лінії за рахунок реалізації концепції рухомих сегментів блоку;

2) підвищити безпеку руху поїздів та маневрових операцій шляхом обмеження місця розташування та швидкості маневрового руху;

3) можливість накладання та зняття тимчасових обмежень на швидкість руху поїздів;

4) значне зменшення витрат на інфраструктуру - відсутність необхідності встановлювати світлофори, залізничні колії або лічильники гоночних осей;

5) зменшення експлуатаційних витрат;

6) швидка віддача інвестицій за рахунок мінімізації інвестицій та нового будівництва та модернізації залізничних ліній;

7) використання центральної електронної карти сайту, що зберігається в базі даних центру радіоблокування та автоматично передається по радіо в локомотив відповідно до закритого шляху;

8) поліпшити умови роботи водія - система постійно контролює стан і забезпечує підтримку прийняття рішень, відображає необхідні дані на ергономічному дисплеї;

9) постійний контроль цілісності поїздів;

10) масштабована архітектура модульної системи - можливість розширення функцій у майбутньому;

11) мікроелектронна елементна база;

12) гнучкість технічних рішень щодо організації залізничного сполучення із застосуванням нерухомих або мобільних ділянок;

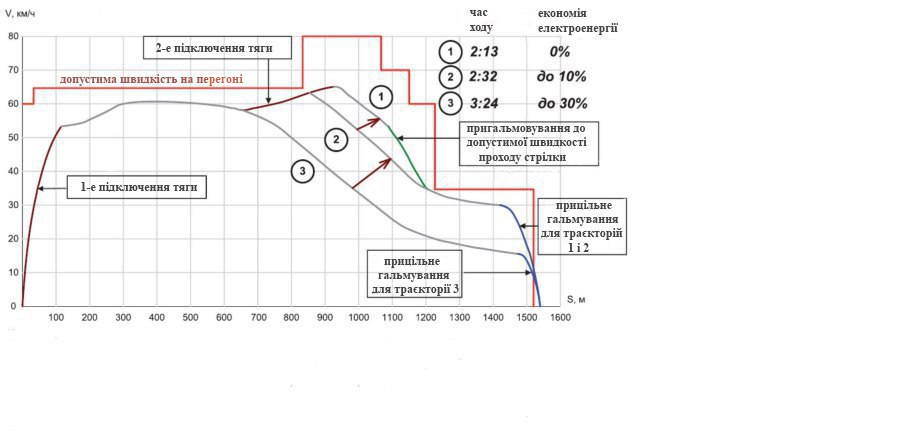
13) визначення положення поїздів за допомогою інтегрованих засобів одометра, які можна встановити за допомогою пасивних опорних датчиків та / або систем супутникової навігації ГЛОНАСС / GPS;

14) можливість використання різних мереж зв'язку (оптичне волокно, цифрові системи радіозв'язку з різними стандартами) для обміну інформацією між нерухомими об'єктами;

15) Використання радіоканалу для обміну інформацією з поїздами (можна використовувати системи радіозв'язку різних стандартів, що підтримують передачу цифрових даних).



Мал. 2.4 Структура бортової апаратури СBTC



Мал. 2.6 Графік проходження ділянки руху потягами при різному часі руху

Отримавши інформацію про координати та швидкість попереднього поїзда, обладнання поїзда командує додатковою тяговою ланкою, викликаючи перехід від кривої швидкості 3 до кривої 2 або від кривої 2 до кривої 1. поїзди зменшуються, а пропускна здатність збільшується. Як результат, можна досягти потужності поїзда 50 пар на годину, враховуючи енергоефективність.

**2.2 Аналіз діючої системи управління поїздами в метро ALS-ARSH** (автоматична сигналізація локомотива - автоматичне регулювання швидкості)

Давайте подивимось на сучасну систему управління поїздами, яка використовується у київському метро, ​​та визначимо її сильні та слабкі сторони.

Система ARSH-ALS призначена для постійного контролю за дотриманням машиністом максимально дозволених швидкостей з автоматичним включенням режиму гальмування до того, як швидкість зменшиться нижче дозволеної швидкості або до того, як поїзд повністю зупиниться. Система була впроваджена для підвищення рівня безпеки дорожнього руху і одночасно змінити управління потягом "одна людина" машиністом. Система ARS (надалі ARS) виконує такі функції:

- тренувати силові пристрої (дороги) на місцевості та максимально дозволену швидкість частот сигналу в цій частині та наступних дорогах;

- керуючи напрямком руху, визначеним для конкретної ділянки дороги, він дозволяє рух у неправильному напрямку зі швидкістю, що не перевищує 20 км / год, при натисненому PB (педаль безпеки);

- автоматично активує режим гальмування, якщо дозволена швидкість перевищена

- якщо водій на мить підтвердить, що сигнал ARS про перевищення дозволеної швидкості перевищив натисканням KSG (кнопка виявлення гальма) або KP (кнопка уваги), він деактивує режим гальмування після зменшення фактичної швидкості нижче допустима швидкість;

- не дозволяє поїзду курсувати після зупинки з використанням VZ№1 або VZ№2;

- несправні наземні пристрої контролюють увагу водія за допомогою ARSH, дозволяючи рух зі швидкістю не більше 20 км / год при натисканні на PB;

- відключені поїздні пристрої контролюють увагу машиніста за допомогою ARSH;

- Дозволяє потягу повністю зупинитися в таких ситуаціях:

- перед окупованою земельною ділянкою;

- перед світлофором із індикатором заборони "червоне світло";

- на будівельному майданчику, де порушена цілісність рейкового кільця (у тому числі - в колії колії)

- У разі порушення виявлення сигналів ALS пристроями поїзда;

- якщо водій не визнає сигнал ARS про перевищення дозволеної швидкості

Система ARS не заважає роботі машиніста, якщо вона не перевищує дозволену швидкість і не дозволяє поїзду рухатися або рухатися з дуже низькою швидкістю. [3]

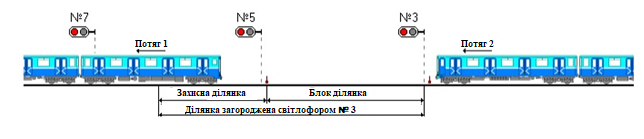
**2.2.1 Пропускна здатність**

Він визначається відстанню між сусідніми поїздами. Чим коротший цей час, тим більша ємність лінії. В даний час існує два типи ліній метро:

- лінії з самоблокувальними та захисними секціями

- Лінії з самоблокувальними сигнальними вогнями, як правило, закриті і не мають захисних секцій.

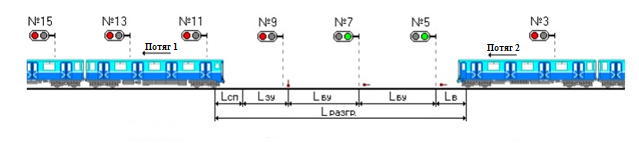
На лініях з автоматичним блокуванням.



Мал 2.7 Мінімально можлива відстань між поїздами.

Мінімальна відстань між двома поїздами повинна дорівнювати сумі довжин ділянки блоку (b / d) та ділянки захисту (s / d), тобто довжини відстані гальмування при PST та під час екстреного гальмування .

Однак, очікуючи включення сигнальних ліхтарів, щоб задня вісь постійно не гальмувала, насправді між поїздами завжди повинен бути інший вільний пасажир.



Мал. 2.8 Відстань між потягами при автоблокування.

Потужність визначається кількістю пар поїздів (в обох напрямках), які перетинають відрізок за годину. Для рядків, на яких ARS рухається з автоматичним блокуванням, пропускна здатність ARS ("паритет") обмежена пропускною здатністю цього блоку для автоматичного блокування. Максимальне значення - 42 пари поїздів на годину, що відповідає інтервалу 1 м. 25-ті. (Спочатку), однак, потреба в комутаційній роботі на кінцевих станціях обмежує фактичну пропускну здатність самоблокувальних ліній до 38 пар (1 м. 35 с. Діапазон). Для адаптації БТР до лінії автоматичного блокування введено додатковий світлофор - одночасно горять червоні та жовті вогні. Справа в тому, що ARS не дозволяє поїзду наближатися до світла з "червоним" індикатором, оскільки частота сигналу не подається на шлях, обмежений цим сигнальним світлом. Це обмежувало б пропускну здатність лінії, тим самим вводячи додатковий сигнал "один червоний і один жовтий", щоб забезпечити можливість входу поїзда до станції із зазначенням того, що вихідне світло заборонено. Це дало змогу змінити показник "один червоний" на "один червоний і один жовтий" відразу після того, як сторожова секція проїжджала повз поїзд, довжина гальмівного шляху на швидкості менше 35 км / год. під час екстреного гальмування. [3]

**2.2.2 Пристрої** АЛС-АРШ

Обладнання ARSH-ALS включає підлогові та поїзні пристрої. Розглянемо їх докладніше.

Наземні пристрої ARSH. Він призначений для формування та передачі сигналу про нього та дозволену швидкість на передній ділянці (або блоковій ділянці) залізничного кола, залежно від гальмівного шляху та наявності обмеження швидкості на цій ділянці дороги. Пункти та переправи поділяються на станції (обладнання розміщується в релейному корпусі станції чи складу) та на поверхи (обладнання розміщується в тунелі, біля рейок у рейкових коробках або шафах реле).

До наземних пристроїв належать:

- колеса на рейках - LCD

- трасовий трансформатор (генератор) - PT

- подивіться на акселератор

- реле колії - PR

- кодер

- Генератор частоти ALS - GALS

Ізоляційні стикові рейкові обручі.

Залізничний ланцюг (RL) - це електрична схема, в якій провідники є рейковими зубами залізничної колії. Контролюючи повноту ділянок блоку колії та цілісність колії колії, вони складають основу для побудови системи управління відстанню руху поїздів.

У залізничному колі одночасно тривають 3 типи струмів: поворот постійного тягового струму з частотою 50 Гц для живлення направленого реле, змінний струм та змінний сигнальний струм ГАЛС. Щоб забезпечити постійний тяговий струм (тягова підстанція мінус), усі ізоляційні з'єднання мантуються дорожніми котушками, які мають дуже низький опір постійного струму (0,00045 Ом) і значний опір на частоті живлення змінного струму (0,3 Ом). В кінці ланцюга колії зворотний тяговий струм протікає з кожної нитки, наполовину намотуючи котушку траєкторії до середньої точки, потім струм кабелю входить в середину сусідньої котушки тракту, а потім розділяється на дві частини. тече до кожного зуба обмотки та наступного ланцюга колії. Таким чином, кількість «негативних» кабелів, що йдуть до шини тягової станції, збільшується вдесятеро.

Коли ланцюг колії вільний (рисунок 2.9), електричний струм від дорожнього трансформатора PT протікає через зуби рейки та обмотки релейного реле PR. Струм, що передається на залізничну колію для контролю його стану, називається струмом RC-сигналу. Коли сигнальний струм протікає через котушку реле, якір притягується до сердечника так, що він відкриває задню частину PR і замикає його фронтальні контакти, а це означає, що цей RC не зайнятий, а також простота обслуговування всіх компонентів . RC, включаючи рейкові зуби. Як результат, включеня ліцензії на світлофор.

При зайнятому рейковому колі колісна пара знаходиться між колійним трансформатором і дорожнім реле. Так як колісна пара має значно менший опір, ніж колійне реле, то котушка колійного реле виявляється зашунтованою колісною парою і струм, що проходить по ній, різко падає. При цьому розмикаються контакти колійного реле в ланцюзі дозволяючого показання світлофора і замикаються контакти ПР в ланцюзі забороняючого показання, а також в ланцюзі живлення електроприводу автостопу і він приймає загороджувальне положення. Інша пара контактів колійного реле посилає сигнал про зайнятість блок-ділянки на шифратор. Зниження струму (напруги) в обмотці реле під дією колісних пар називається шунтовим ефектом, а колісні пари в даному випадку називаються поїзним шунтом.

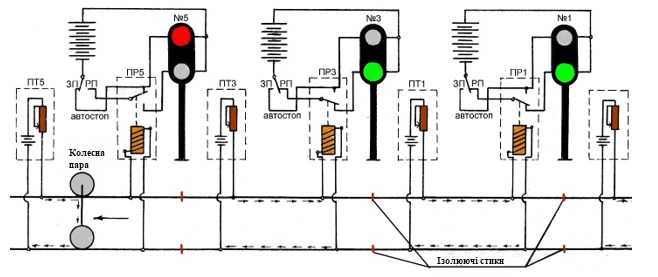


Рисунок 2.9 Робота АЛС з ізолюючими стиками.

Шифратор

Він отримує інформацію про кількість вільних секцій блоку від реле каналу і передає її в GALS.

Генератор частоти ALS (HALS).

Перетворює змінний струм частоти потужності 50 Гц на змінний з частотами сигналу, що відповідають швидкостям:

F1: 75 Гц - 80 км / год (для всіх ліній)

F2: 125 Гц - 70 км / год (для TCL - 75 км / год, для дзвінка - 60 км / год)

F3: 175 Гц - 60 км / год (для виклику - 40 км / год)

F4: 225 Гц - 40 км / год (для дзвінка - 0 км / год)

F5: 275 Гц - 0 км / год (ця частота не вказана в KolL)

F6: 325 Гц - знак напрямку руху (для SL, LDL, підводного човна і CalL) і знак однакової швидкості в цій області та інших (для підводного човна, BL, SL і LDL).

Вибір частоти сигналу ARSH

Перетворюючи в підстанції змінний струм 10 кВ, отримують постійний струм напругою 825 В. Одночасно в центрі трансформатора працює 6 випрямлячів. Коли одна з них виходить з ладу, в випрямленому струмі з’являться гармонічні складові змінного струму, кратні 50, тому необхідно відсунути частоти сигналу одне від одного, щоб захистити від цих гармонік. з частотами та кроками 50 Гц, відмінними від промислових Гц.

Вибір правильних частот сигналу для прийнятних швидкостей

Незважаючи на захист частот сигналу від гармонік змінного струму, в деяких випадках (через несправність передавальних або приймальних пристроїв) частота передачі GALS може змінюватися, але лише в напрямку її збільшення (наприклад, пристрій GALS). Отже, поїзні пристрої не повинні збільшувати допустиму швидкість при передачі підвищеної частоти у разі відмови GALS. Виходячи з цього, стає зрозумілим, що вища швидкість відповідає нижчій частоті сигналу і навпаки. [3]

Сигнал абсолютної зупинки, артеріальний тиск (електронна автоматична зупинка).

Він служив у залізничних колах перед напівавтоматичними та маневрними ліхтарями. Це альтернатива односекундному (1,6 с) імпульсу та паузам сигналу 275 Гц. Сигнал надсилається до залізничних ланцюгів перед світлофором із індикатором заборони для невстановленого маршруту. Отже, на LUDS пілот буде бачити індикатори "0" та "OCh" поперемінно блимаючими. Неможливо налаштувати поїзд на сигнал артеріального тиску. Після обробки маршруту та зміни показань, які це дозволяє, або після ввімкнення літака сигнал артеріального тиску автоматично вимикається. За необхідності, після звіту DCC, сигнал артеріального тиску може покинути пункт пропуску.

**2.2.3** **Пристрої поїздів АРШ**

Він призначений для прийому та обробки частот сигналів, отриманих із залізничних ланцюгів, а також для генерації команд та їх передачі в ланцюзі управління поїздом. Пристрої поїздів включають:

- котушки приймача - ПК (1 або 2 пари, розташовані під кабіною водія);

- індикатори швидкості IS-02;

- датчики швидкості (DS) або датчики обертання шестерні (DVS);

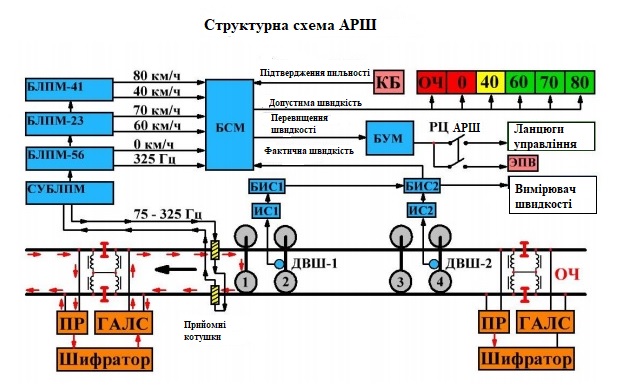
- штатив з обладнанням ARSH;

- вимикачі, роз'єднувачі та реле, що забезпечують зв'язок між обладнанням БТР та блоком управління поїздом;

- електропневматичний клапан (EPS);

- педаль безпеки - PB (розташована під пультом дистанційного керування водія) - кнопка уваги (KB) або кнопка зондування гальма (KVT) на пульті дистанційного керування водія;

- локомотивне відображення допустимих швидкостей - LUDS на панелі машиніста. [3]



Мал. 2.9 Структурна схема АРШ.

Принцип роботи системи ARSH.

1. Колійні реле (PR) контролюють статус і свободу оформлення. Інформація про кількість вільних блокових секцій передається в кодер; де інформація порівнюється з очікуваною довжиною гальмівного шляху і є командою для HALS генерувати сигнал змінного струму, залежно від наявності або відсутності обмеження швидкості для цієї секції. відповідна частота. GALS відправляє сформований сигнал на залізничну колію, в результаті змінний струм частоти сигналу проходить через два зуби, а навколо рейок створюється змінне магнітне поле тієї ж частоти (правило свердління).

2. Основні котушки приймача автомобіля живляться від автомобільного акумулятора і генерують власні магнітні поля в змінному магнітному полі, утвореному навколо рейок. В результаті в котушках приймача подається ЕРС (правило правої руки).

Потім цей сигнал передається на штатив ARSH на пристрої, адаптованому до SUBLPM, а потім на один з трьох BLPM, сконфігурованих для прийому сигналу цієї частоти, де сигнал фільтрується і посилюється. Потім оброблений сигнал надходить у блок порівняння швидкості BSM.

3. Датчики швидкості передачі (змінного струму) генерують змінний струм з частотою, прямо пропорційною швидкості обертання осі. Сигнал від кожного датчика передається до відповідного LSI для визначення фактичної швидкості поїзда. Інформація про фактичну швидкість передається на спідометр та BSM, розташовані на консолі водія.

Ось порівняння Vfact та Vdop. У разі перевищення дозволеної швидкості в ланцюзі управління поїздом дається наказ деактивувати режим роботи та відкрити B1 на короткий час (1с.). Якщо фактична швидкість не опустилася нижче дозволеної швидкості під час дії B№1, буде активовано автоматичне реостатичне гальмування (Гальмо-2), і це буде тривати до тих пір, поки Vfact не стане меншим за Vdop. На 4-6 км / рік. Режим гальмування буде деактивований, лише якщо водій впізнає його увагу, короткочасно натиснувши KB або KVT (залежно від типу ARS).

Неефективне гальмування (лише на замовлення від АРШ) Принаймні один вагон - 3 або 5. (залежно від швидкості) спрацює EPS, що призведе до розвантаження гальмівної магістралі поїзда на аварійній швидкості, тобто, тобто повна зупинка поїзда. Подальші дії будуть можливі лише після заміни пристроїв ARS, як зазначено. [3]

Проаналізувавши функціонування системи ALS-ARSH, можна зробити висновок, що ця система досить стара у порівнянні з CBTC. Він реалізує принцип фіксованих блокових розділів, тому збільшити пропускну здатність неможливо. Через збій систем можна зупинити поїзд посередині тунелю та відхилитися від розкладу всіх наступних поїздів. На підтримку інфраструктури тунелю потрібно витратити багато грошей.

Головною перевагою цієї системи є те, що цілісність колії перевіряється релею колії. Система CBTC не забезпечує такої функції. Тому ці системи повинні працювати разом для кращого результату.

2.3 Інтелектуальні системи відеоспостереження для обліку пасажирів

Пасажирські перевезення є однією з важливих галузей економіки. Однією з головних проблем пасажирських транспортних компаній є значний брак доходів, що в кінцевому рахунку впливає на якість перевезень та обслуговування пасажирів. Майже всі підприємства стикаються з проблемою підвищення ефективності та збереження ресурсів, тому обчислення кількості пасажирів стає одним з найважливіших завдань.

Автоматизована система обліку пасажирів (CAS) може принести користь як автобусним, так і залізничним операторам, а також пасажирам: перший може порівняти кількість пасажирів з платіжною інформацією для успішної боротьби з безбілетними пасажирами, а другий може отримати інформацію в реальному часі для пошуку. транспортний засіб (транспортний засіб) на маршруті та наявність вільних місць.

Крім того, можливості системи можуть бути розширені для планування технічного обслуговування, враховуючи інтенсивність використання транспорту для оптимізації навантаження транспортного засобу за регіонами або періодами та контролю якості обслуговування.

За допомогою цих систем можна розповсюджувати такі програми:

• оптимізація доступності транспортних засобів;

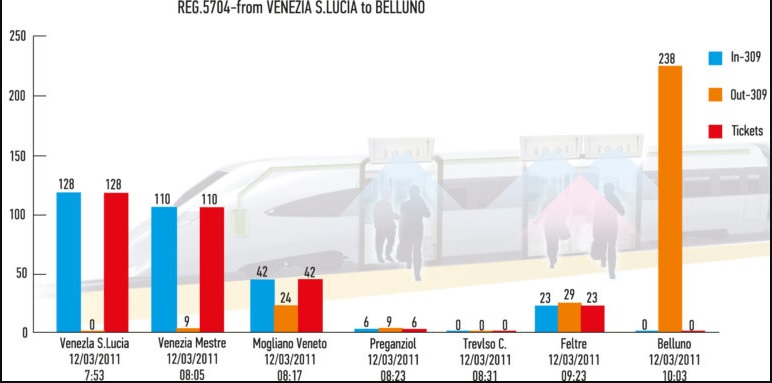
• виявлення «зайців» у громадському транспорті;

• підвищення ефективності використання транспортних засобів за допомогою управління парком та планування технічного обслуговування;

• обмежити кількість людей для забезпечення безпеки;

• аналіз транспортних потоків у містах.

На схемі (мал. 1) показана версія пасажирів SAS. Датчики встановлені в регіональних поїздах за маршрутом Венеція-Беллуно. Вони підраховують кількість людей, які входять і виходять із кожної станції, і разом із платіжною системою дозволяють виявити присутність безбілетних пасажирів.



Мал. 2.10 Діаграма роботи камери інтелектуального відеоспостереження

Питання підрахунку кількості пасажирів стосується не лише міського громадського транспорту, а й приміських поїздів та метро. Окрім важливого завдання зловити "зайця", САС, скільки пасажирів, на якій станції і коли вони сіли на борт і коли сіли в літак і на посадку. Ці системи використовуються не тільки в самому транспорті, але і в аеропортах, на залізничних станціях тощо. Це також може покращити надану послугу. Лічильники можуть змінювати кількість операційних точок, наприклад, контролюючи кількість людей, що стоять у черзі на паспортний контроль. необхідні розслідування; Інформація про планову посадку дозволяє оптимізувати рух автобусів від терміналу до літака. Розрахунок кількості пасажирів також може бути корисним для річкового / морського транспорту, щоб уникнути перевантаження, наприклад, поромів і суден з трагічними наслідками.

**2.3.1 Технологія стереоскопічного відображення для реєстрації пасажирів на платформі**



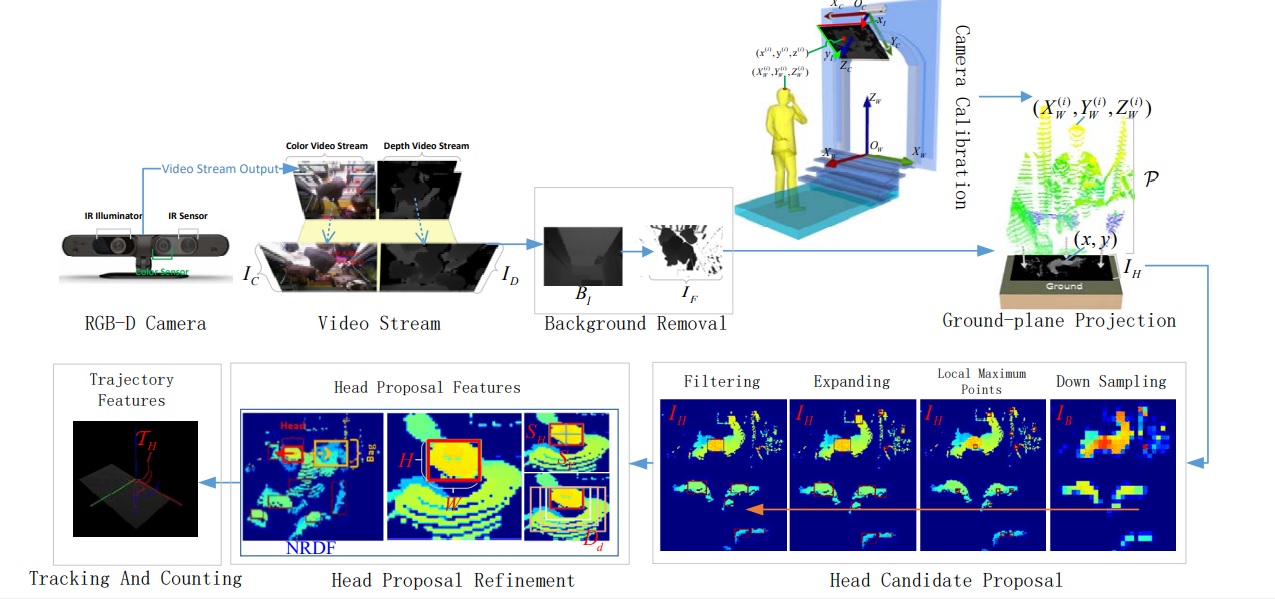
Мал. 2.11 Камера для обліку пасажирів на станції

Найважливішою характеристикою цього типу пристроїв є точність розрахунку. Добре спроектований датчик повинен бути розумним та гнучким, щоб одночасно враховувати різницю в зростанні пасажирів або кількох пасажирів, які перетинають кордон. Висока точність досягається за допомогою двох стереоскопічних камер та чотирьох інфрачервоних світлодіодів із високою яскравістю. [5]



Мал. 2.12 Інфраструктура інтелектуального відеоспостереження

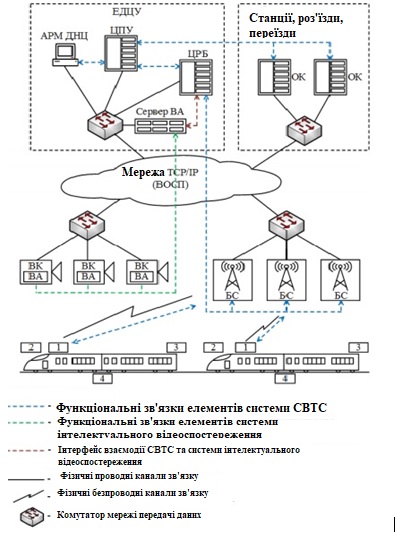
Стереоскопічні камери фіксують зображення під датчиком і обробляють ці дані в режимі реального часу за допомогою спеціального складного алгоритму. Алгоритм аналізує висоту, форму будь-якого падіння в полі зору предметів та напрямок їх руху. Він точно описує людину відповідно до характерних частин тіла - досить підкреслити лише голову або плечі, щоб розпізнати людину з мінімальними помилками. Коли датчик визначає напрямок руху людини, інформація про поточний час зберігається при збільшенні відповідних лічильників. Часові рамки щільності пасажирських потоків дозволяють планувати маршрути найбільш відповідним чином відповідно до навантаження в певних часових сегментах. Завдяки використанню передових технологій для підрахунку пасажирів, це дозволяє досягти точності 97% при роботі в реальних умовах.



Мал. 2.13 Алгоритм розпізнавання об’єкту стереоскопічною камерою.

**2.3.2 Організація інтелектуальних систем відеоспостереження на залізничному транспорті з CBTC**

Інтелектуальна система відеоспостереження поїздів може бути створена за допомогою мережі TCP / IP (мережа передачі даних), організованої на основі волоконно-оптичної системи передачі (VOSP), призначеної для регулювання оперативно-технологічного зв'язку та цифрового радіозв'язку поїздів. системні стандарти (ORS) TETRA, DMR, GSM-R. [4]



Мал 2.15 Структура зв’язку роботи інтелектуального відеоспостереження та CBTC.

де: TCP / IP (VOSP) - мережа передачі даних, організована на основі волоконно-оптичної системи передачі;

- BS - базова станція;

- CRL - центр блокування радіо;

- ЦП - центральний процесорний пристрій;

- Робоча станція DNC - автоматизована робоча станція диспетчера поїздів;

- EDCU - єдиний центр управління;

- ОК - перевірка об’єктів;

- VA - відеоаналіз:

- ВК - відеокамера:

- сервер VA - сервер відеоаналітики;

1 - локомотивна радіостанція;

2 - бортове процесорне обладнання;

3 - система контролю цілісності поїзда;

4 - пасивні опорні датчики (знаки).

**2.3.3 Використання «класичної» багатошарової нейронної мережі для визначення кількості пасажирів**

За замовчуванням "класична" двошарова нейронна мережа

Ця нейронна мережа системи MATLAB називається зворотною мережею зворотного поширення. Ця мережа створюється за допомогою команди функції newff із таким синтаксисом:

net = newff (PR, [S1 S2… SN1], {T1 T2… TN1}, BTF, BLF, PF),

net - це назва створеної нейронної мережі;

Матриця мінімальних і максимальних значень для вхідних елементів PR - R R \* 2;

Si - розмір i-го прихованого шару для шарів N1;

Ti - функція активації i-го шару за замовчуванням - tansig (гіперболічний тангенс);

BTF - функція мережевого навчання за замовчуванням - trainlm (алгоритм Левенберга-Марквардта);

BLF - функція встановлення ваг та зсувів за замовчуванням - Learngdm (метод оптимізації градієнта);

PF - функція помилки, за замовчуванням - mse (стандартний критерій помилки).

Завантажте дані в робочу область системи MATLAB - будь-яким способом вводьте послідовність "p" і виводьте послідовність "t" (або з командного рядка, або безпосередньо вибравши її).

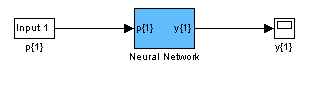
Побудуйте нейронну мережу, подібну мережі зворотного поширення Feed Forward, із двома шарами, що містять 10 і 1 нейрон відповідно. Вхід нейтронної мережі знаходиться в діапазоні - від 0 до 10. Усі інші параметри приймаються за замовчуванням.

Для цього введіть у командному рядку:

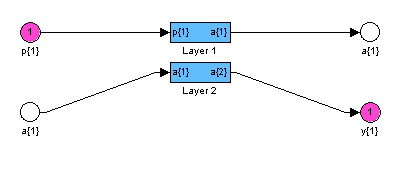
netff = newff ([0 10], [10 1])

і натисніть Enter, щоб запустити його.

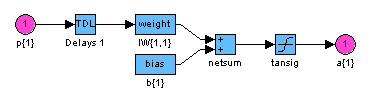
В результаті буде створена бажана нейронна мережа. Структуру, показану на малюнку 2.16 - 2.21, можна отримати, ввівши команду gensim (netff).



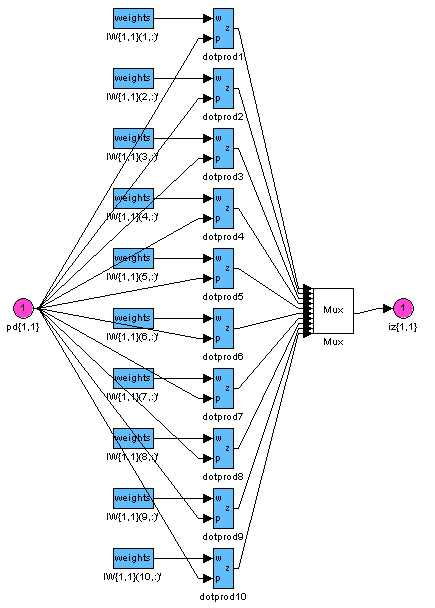
Мал. 2.15 – Загальний вид створеної нейронної мережі



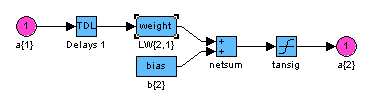
Мал. 2.16 – Схема нейромережі (видно два шари)



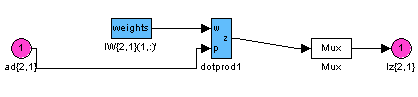
Мал. 2.17 – Схема першого шару



Мал. 2.18 – Розгорнута схема блоку IW{1,1} для першого шару



Мал. 2.19 – Схема другого шару



Мал. 2.20 Розгорнута схема блоку IW{2,1} для другого шару

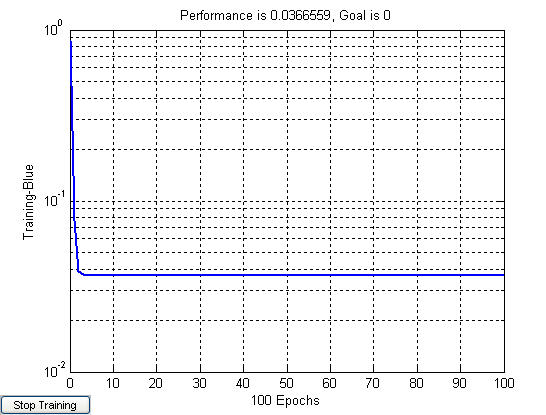
Давайте перевіримо мережу зараз. Введіть команду Y = sim (netff, p).

Мережа розповсюдження вперед назад

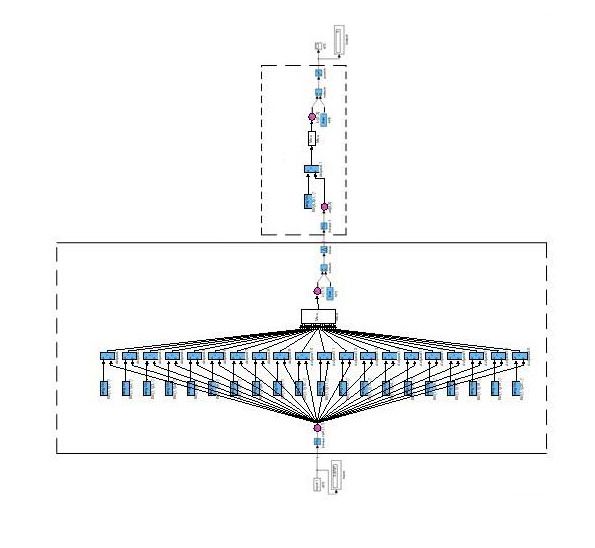
Примітка: Під час відновлення мережі результат виводу буде виглядати інакше, оскільки інші початкові ваги та зсуви ініціалізують її значення.

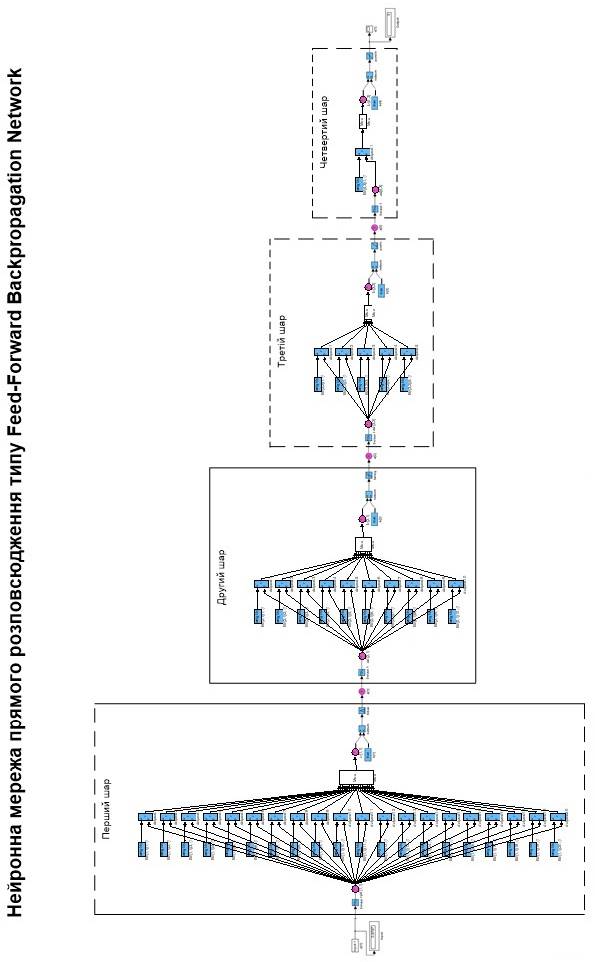
Тепер навчимо нейтронну решітку. Для цього введіть команду netff = train (netff, p, t), яка коригує значення ваг netff та переміщення нейтронної решітки за допомогою вхідних послідовностей "p" і вихідних "t".

Після виконання команди MATLAB він відобразить програму підготовки нейтронних решіток, приблизний вигляд якої може бути таким, як показано на малюнку 2.22.



Мал. 2.22 Результати тренування нейронної

Мал 2.23 Нейронна мережа прямого розповсюдження типу Feed-Forward Backpropagation Network для ідентифікації кількості пасажирів



Мал. 2.24 Нейроннмережа прямого розповсюдження типу Feed-Forward Backpropagation Network для формування графіку руху потягів

Запропонована технологія інтелектуального відеоспостереження дозволяє відстежувати пасажирів на платформі та оптимізувати розклад руху поїздів відповідно до кількості пасажирів на станції. Якщо кількість пасажирів збільшується, система створює програму, в якій моніторинг поїздів здійснюється системою CBTC. Коли система реєструє зменшення кількості людей на станції, нейронна мережа створює новий графік з меншою швидкістю, але дотримуючись стандартних інтервалів між поїздами для економії електроенергії.

**Розділ 3**

**Математичний опис та синтез алгоритму управління на базі нейронної мережі**

**3.1 Алгоритм роботи системи автоматичного контролю руху потягів метрополітенів з використанням системи CBTC**

Поїзд з вагонами, обладнаними радіомаркуваннями, в яких зберігаються номери цих вагонів, виходить зі складу та зазначає номери вагонів (а також тип та особливості конструкції, якщо це можливо) на першій станції поруч зі складом. , без розташування тощо). Пристрої візка системи для безконтактного кріплення шини SBPP [6] в основному вагоні.

Відстань і час руху всіх автомобілів починаються від стовпа, на якому нанесений знак "Зупиніть перший автомобіль" (OPV).

З часом система CBTC збирає дані про пробіг, перш ніж поїзд повернеться до депо. За необхідності поточні дані про пробіг можна передавати від станцій, обладнаних пристроями SBPP, до центрального відділення пошти інтегрованої системи автоматичного управління (CPU CAS DU).

Після завершення користування складом на маршруті, перш ніж поїзд повернеться до складу на станції поруч зі складом, інформація про відправлення поїзда надсилається з CAS CAS DU в основний вагон. Отримавши цю інформацію, основна машина відправляє дані на контролер SAKPV. Скільки вагонів зареєстровано на цій станції, коли поїзд залишає лінію. Таким чином, після реєстрації відправником станції дані про рух транспортних засобів передаються на склад на робочому місці відправника та анулюються для наступної зміни на основному транспортному засобі.

Структурна схема автоматизованої системи управління ТС представлена ​​на рис. 1. 3.1 Які аксесуари призначені для автоматичного управління рухом?

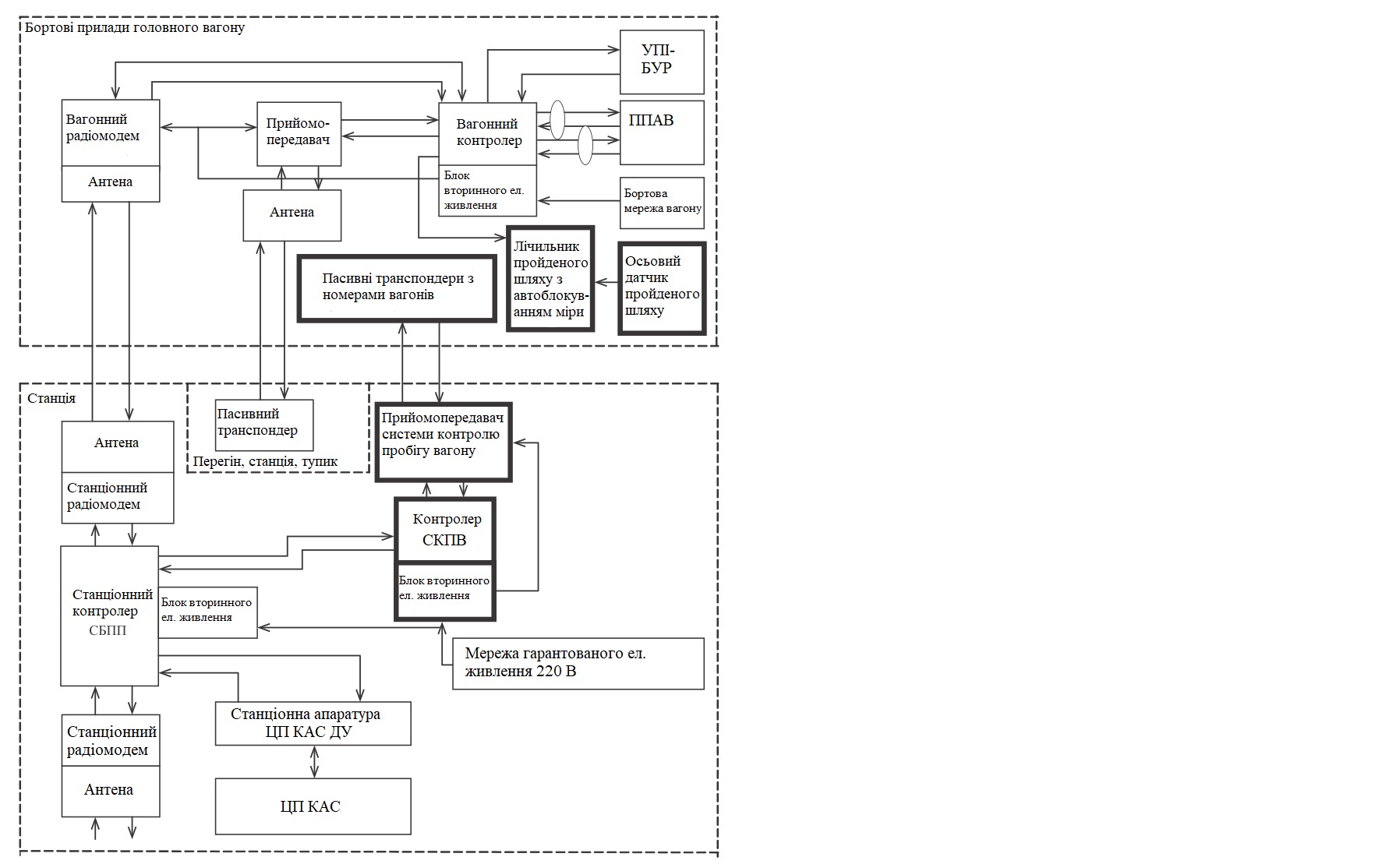
Основні переваги запропонованої версії автоматичної системи управління автомобілем:

• SAKPV є доповненням до існуючої системи SBPP і функціонує як пов'язана підсистема.

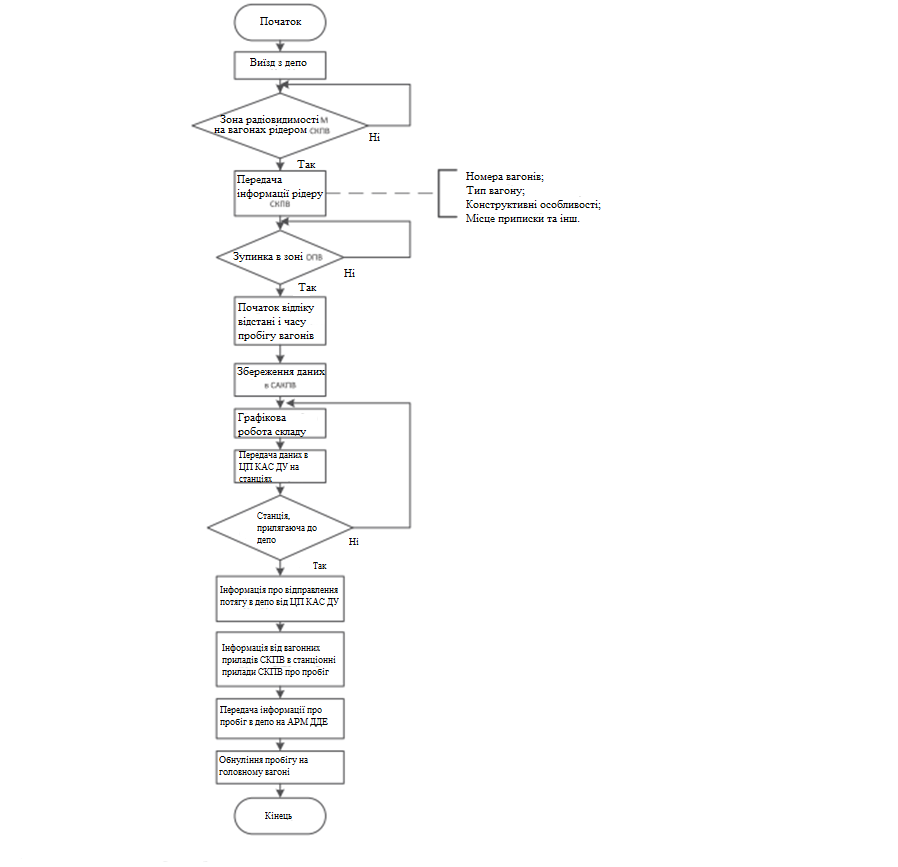
• Оскільки SAKPV вбудовано в SBPP, використовуються ресурси SBPP, що робить це максимально економічним.

• Розробка SBPP для розширення контролю дорожнього руху транспортних засобів дозволяє уникнути виникнення різних несумісних систем, що призводить до труднощів з технічним обслуговуванням та ремонтом.

Важливим є також завдання відстеження руху транспортного засобу. Включіть: антену зчитувача, зчитувач, елементи зчитування для кожного шляху зберігання (ви можете використовувати один контролер з двома антенами та один зчитувач для управління двома шляхами). Структурна схема системного алгоритму показана на малюнку 3.2.



Мал. 3.1 Структурна схема системи автоматичного контролю пробігу потягів на базі CBTC

Мал. 3.2 Блок-схема алгоритму роботи системи автоматичного контролю пробігу вагонів на базі CBTC

Транспортні засоби (вагони та інше залізничне обладнання) повинні мати дві маркування, подібні до маркування SBPP, і розташовуватися на рівні даху легкових вагонів для визначення напрямку руху (до / з депо) та орієнтації вагона ( що стосується основних автомобілів) (рис. 3.3).

На рис. 3.3 основні транспортні засоби, обладнані SBPP, оснащені підсистемою контролю пробігу приладової панелі, яка включає в себе лічильник пробігу та осьовий датчик відстані.

Система складу RFID повинна бути підключена до сервера робочої станції диспетчера.

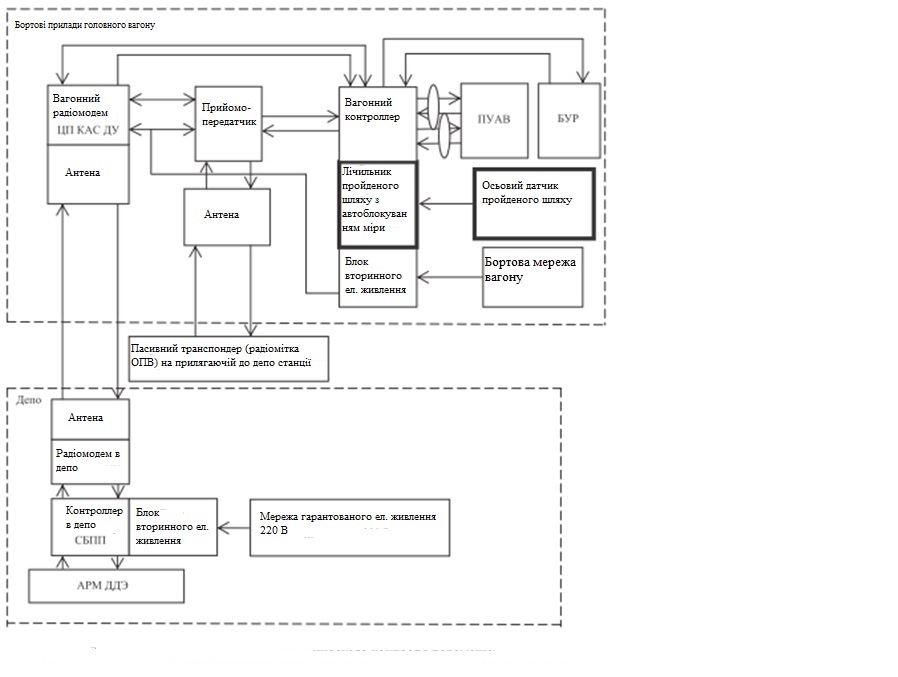
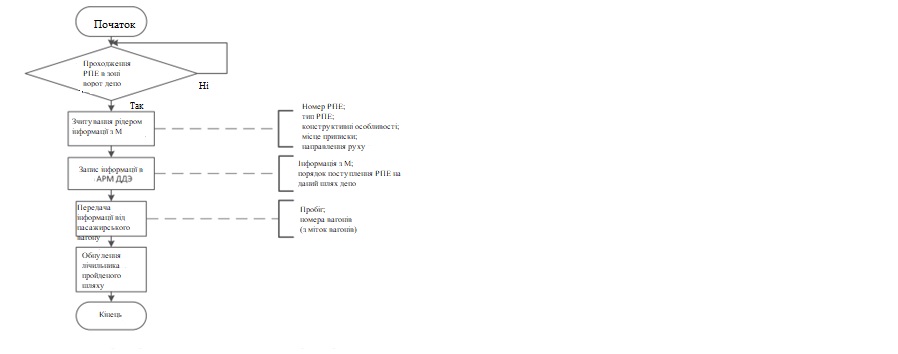
На рис. 3.4 доповнення до точної автоматичної реєстрації відстані, часу в дорозі транспортних засобів, їх руху, автоматичної реєстрації номерів, типу, конструктивних особливостей (наприклад, вирівнювання кабіни в основному транспортному засобі), пунктів реєстрації тощо на електронна плата призначена для виводу. 

Рисунок 3.3 Структурна схема системи автоматичного контролю переміщення потягів на базі CBTC

Щоб перенести модуль руху нерухомості (RPE) до управління складом, коли антена викладача проходить через зону воріт, власник складу отримує інформацію від ярликів даху автомобіля та напрямок руху. в порядку маркування. До речі, на робочому місці вся інформація про ЗІЗ фіксується на етикетці (номер, тип, конструктивні особливості, зразок, орієнтація кабіни в основному вагоні, місце реєстрації тощо) та порядок прийому. ЕПР у такий спосіб. депозит, що дозволяє використовувати електронну дошку для інформації оператора [7]

Якщо в депо знаходиться пасажирський поїзд, інформація про пробіг може передаватися від основного вагона, коли відстань між відстанню та вагоном змінюється. Комісія за утримання нової колії буде полягати у в'їзді головного вагона в зону розмітки OPV на сусідній станції, з автоматичним додаванням відстані від залізничної станції до складу маркування OPV. ... Номери вагонів, що входять до складу поїзда, вказані на ярликах цих вагонів.



Мал. 3.4 Блок-схема алгоритму роботи системи автоматичного контролю переміщення потягів на базі CBTC

**3.2 Математичний опис інтервалів подорожей поїздів у метро з системою CBTC**

Як вже згадувалося раніше, перевагою CBTC є відсутність нерухомих частинок блоку, а також рейкових ланцюгів для забезпечення несприйнятливості до шуму, що вимагає фільтрації шуму, що виникає в тягових та силових приводах. Однак відомо, що системи SVTS не контролюють цілісність бігових доріжок, що ускладнює їх використання. Для усунення цієї перешкоди розглядаються варіанти розробки окремих систем управління або поєднання систем ARS-ALS та систем обміну інформацією радіоканалів. Аргументами, що визначають переваги цього підходу, є підвищення безпеки дорожнього руху за допомогою незалежних паралельних систем, реалізованих на різних фізичних принципах. Однак є ще одна проблема: при паралельних системах безпеки обмеження приймається при більш безпечному сигналі. Отже, за цих обставин будуть потрібні переваги системи, побудованої на принципах SVTS і призначеної для підтримання мінімального діапазону руху проходу, у разі виходу з ладу класичної системи ARSH-ALS. Існуючі публікації про системи SVTS описують принципи їх побудови [8], багатокутники та тип рішення [9], вимоги до радіоканалу [10].

Розглянемо алгоритм роботи системи безпеки дорожнього руху, заснований на обміні інформацією по радіоканалу. Нехай інформація про координати та швидкість першого поїзда надходить на сервер через радіоканал, який передає його до наступного (другого) поїзда. Якщо другий поїзд після кожного досить короткого інтервалу часу T, рівного сумі часів передачі інформації по радіоканалу, з урахуванням способу його побудови, робочого протоколу та тривалості обробки інформації на сервері, отримує інформацію лише про координати першого поїзда. , визначення допустимої безпечної швидкості слідує за поїздом і вважається контролем координат "хвоста". Коли додаткова інформація про швидкість передається перед поїздом, та ж операція повинна виконуватися для другого поїзда, враховуючи екстрений гальмівний шлях першого поїзда. Розрахунок допустимої швидкості виконується бортовою системою безпеки. Результати розрахунку мінімальної дальності рульового управління, отримані при русі з урахуванням траєкторії екстреного гальмування, мають більш загальний характер. По-перше, в цьому випадку інтервал в умовах безпеки дорожнього руху є мінімально можливим; по-друге, якщо у виразах, що визначають мінімальний інтервал руху поїзда, відстань екстреного гальмування перед поїздом приймається за нуль (що еквівалентно припущенню, що уповільнення нескінченне), то ми маємо варіант з "хвостовим" управлінням . Різниця між найкращими відхиленнями маршруту, пов’язана з цими двома принципами побудови системи безпеки руху (СУБД), дозволить нам оцінити ефективність використання додаткової інформації про те, що знаходиться перед потягом. Цей підхід був використаний автором для визначення потенційно мінімально можливого діапазону асоційованого напрямку в ідеальній СУБД [11], в якій інформація про координати та швидкість руху поїзда була безпомилковою, а передача даних вважалася миттєвою та помилковою. -безкоштовний. це безкоштовно.

Введемо такі позначення:

 відповідно виміряне і справжнє значення координати «хвоста» ідучого попереду поїзда;

 виміряне і справжнє значення координати «голови» ідучого позаду поїзда;

 - похибки вимірювання координат поїздів;

 виміряні і істинні значення швидкості ідучого попереду поїзда

- виміряні і істинні значення швидкості ідучого позаду поїзда;

 похибки вимірювання швидкостей поїздів.

Оскільки значення помилок випадкові і можуть бути як позитивними, так і негативними, в майбутньому вибір знака помилки буде залежати від того, як він вплине на результат розрахунку. Таким чином, знак «мінус» перед значенням помилки вказує, що виміряне значення більше істинного значення, в іншому випадку знак «плюс».

При русі поїздів відстань між «хвостом», що йде вперед, і «головою», безпечно повертаються назад, не повинно бути менше різниці між робочим гальмуванням ST2 шляхом заднього поїзда, швидкість якого дорівнює V2 цьому аварійному гальмівного шляху передній поїзд. Якщо координата «хвоста» першого поїзда - координата «голови» наступного за ним поїзда, то зазначені вище умови записуються у вигляді:



При побудові та роботі СОДБ використовуються виміряні значення відповідних величин. Покажемо, що заміна реальних значень обмірюваними з помилками без внесення необхідних поправок може привести до аварійних результатами. Так, якщо координата «голови» другого поїзда виміряна з помилкою, а координата «хвоста» першого - з помилкою, то реальне відстань між «головою» другого і хвіст »першого поїзда:



Звідси значення , що використовується СОДБ для обчислення обмеження швидкості, яке перевищує фактичну увагу, що може призвести до збільшення обмеження швидкості і, отже, до аварії. Помилки вимірювання швидкості призводять до того ж результату. Дозвольте дійсну швидкість другого поїзда та перше значення брати з СОДБ під час обчислення допустимої швидкості як вихідних.





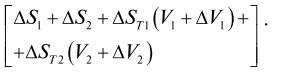
Якщо

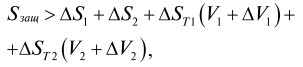




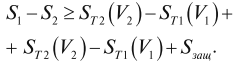
З цього виходить, що заміна значення в (3.1)  та  на та віднімання правої сторони на значення , що в свою чергу призводить до порушення вимог безпеки. Умова безпеки для вищезазначеного значення помилки виконується, коли

 та



З виразу зазначається, що для визначення швидкості, дозволеної в безпечних умовах при помилковому використанні результатів вимірювань швидкості руху на дорозі, повинен бути включений певний проміжок часу та відповідні сигнали помилок.

Умова безпеки (3.1), дійсна для ідеальної системи, у разі реальних змін вимірювальних трактів, має вигляд

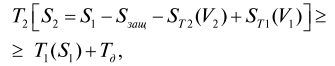


Тут слід зазначити, що вибір довжини Саша безпосередньо пов'язаний з базою доказів, завдяки чому можуть бути визначені максимальні значення відповідних помилок. Стохастичний підхід вимагає доказу того, що ймовірність результату вимірювання за певний діапазон не перевищує стандартне значення. Отже, вибір допустимої швидкості другого поїзда повинен бути зроблений під час руху до кінця захисного зазору, який рухається разом із "хвостом" перед поїздом, враховуючи (або не враховуючи) швидкість його екстреного гальмування.

Інтервал супровідного маршруту поїзда в точці S0 перегону визначається за формулою:



Де  момент, що проходять повз "голови", перший і другий поїзд точки S0 . Якщо "голова" першого поїзда знаходиться у точці шляху (отже, "хвіст" цього поїзда знаходиться в точці , де  довжина поїзда), "голова" другого поїзда знаходиться в точці, що Система СУБД не обмежує швидкість руху поїзда. Це можна записати так:



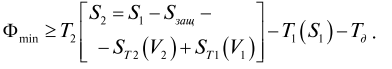
де  момент часу, коли «голова» другого поїзда, який рухається зі швидкістю  знаходиться в точці 

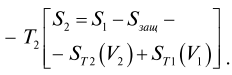
 момент часу, коли «хвіст» першого поїзда, який рухається зі швидкістю , знаходиться в точці 

 час доставки другого поїзда інформації про координаті «хвоста» і швидкості першого поїзда.

Оцінку величини Td буде приведенно далі. Ми припускаємо, що терміни доставки інформації не залежать від координат поїздів. У нерівності (3.7) координати  вимірювані змінні, що відрізняються від реальних. З метою компенсації впливу помилок вводиться час реакції водія (або тягового пристрою автоматичної системи управління) вводиться зазвичай рівний 5 с для умов метрополітену.

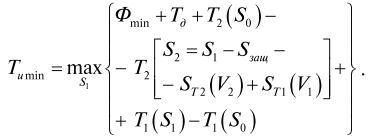
Отже



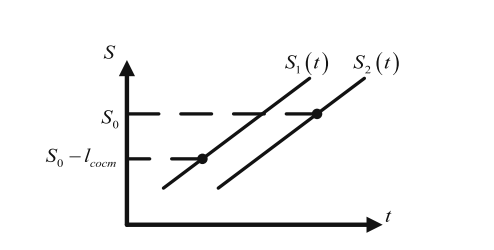
Якщо відповідно з лівої і правої частин (3.6) відняти ліву і праву частини (3.8) і перенести  в праву частину, отримуємо



Оскільки інтервал попутного прямування  задовольняє умовам безпеки, якщо нерівність (3.9) виконується при всіх , величина  мінімальний інтервал попутного прямування визначається максимальним значенням правій частині (3.9)

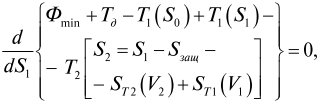
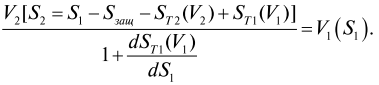
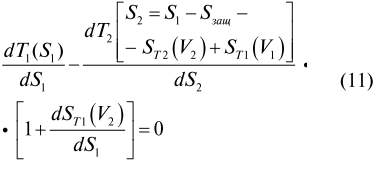


Точку з координатами і відповідно  В якій забезпечується максимум правій частині (3.9), будемо називати лімітуючою.



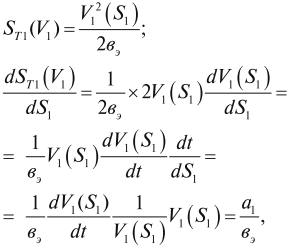
Мал. 3.5 Залежність від часу t координати хвоста  «хвоста» ідучого попереду поїзда і координати  «голови» ідучого ззаду поїзда при русі по перегону з постійними швидкостями V1=V2=V.

Необхідна умова максимуму правій частині нерівності (3.9) має вигляд:

 отже 

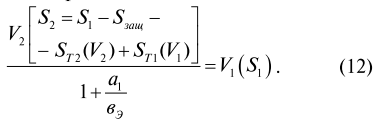
Підставивши в цьому виразі  отримуємо результат, що співпадає з відповідним умовою для ідеальної системи забезпечення безпеки [12].

Оцінимо величину  y моделі рівносповільненого руху при уповільненні екстреного гальмування  від швидкості  позначивши через t час:



де  і тут  – прискорення ідучого попереду поїзда.

Таким чином:

 (3.12)

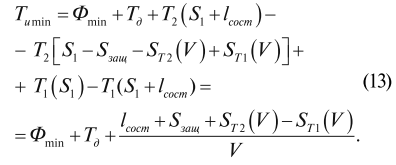
Рівняння (3.12) спільно з заданими траєкторіями руху поїздів дозволяє визначити координати лімітуючої точки  Слідуючи методиці, викладеної в [12], можна показати, що розгляд процесу екстреного гальмування як равнозамедленно практично не вносить по-похибки в обчисленні 

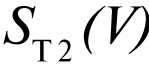
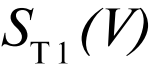
**3.2.1 Визначення інтервалу з постійною швидкістю**

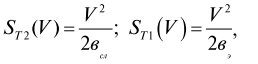
Фіксовані часові залежності t координат S1 "хвоста" переднього поїзда і координат S2 "голови" заднього поїзда, що рухається з постійною швидкістю вздовж гонки, показані на фіг. 3.5.

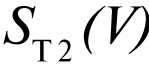
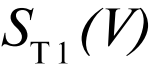
Положення лімітуючої точки  і швидкості  попереду рухаючого поїзда в цій точці визначається з рівняння (3.11). Оскільки потяги рухаються з постійною швидкістю  При цьому  не залежить від .

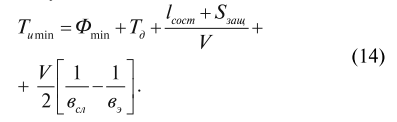
Підставивши в (3.11)  отримаємо

 (3.13)

Залежності  і  можуть бути отримані з тягових розрахунків.

При моделі рівносповільненого руху 

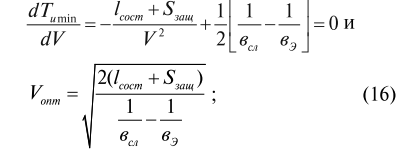
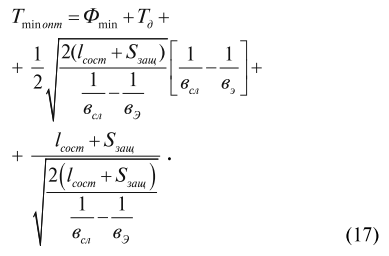
де  і  відповідно уповільнення при службовому і екстреному гальмуванні. Після підстановки  і  в (3.13) отримаємо

 (3.14)

Збільшення величини мінімального інтервалу попутного прямування в порівнянні з потенційно можливим для ідеальної системи становить

 (3.15)

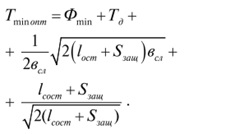
Досліджуючи на екстремум функцію  отримаємо величину швидкості  доставляючу мінімум 

(3.16)(3.17)

При управлінні по координаті «хвоста» йде попереду поїзда  і

 (3.18)

 (3.19)

 (3.20)

**3.1.2 Інтервал між вирушаючим від станції і прибуваючим потягами**

Нехай координата «голови» поїзда, що стоїть на станції (інакше - точки його зупинки) дорівнює  Тоді  координата «хвоста» цього поїзда. Тривалість стоянки позначимо  Другий поїзд підходить до станції, як правило, на вибігу. Його швидкість з урахуванням обмежень на допустиме відхилення підйому або спуску від площі з нульовим профілем до 3% може бути прийнята постійною і рівною  Допущення постійної  буде використано для спрощення розрахунків  Інтервал між першим і другим поїздами визначимо в точці  у відповідності з (3.6):

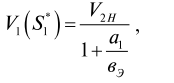
 (3.21)

де  моменти відправлення першого і другого поїздів зі станції.

Так як  де  момент зупинки другого поїзда на станції,де  координата «хвоста» першого поїзда, то

 (3.22)

Швидкість першого поїзда в лімітуючій точці  визначимо з (3.12) при умові управління з урахуванням шляху його екстреного гальмування:

 (3.23)

де  прискорення розгону поїзда. Координата лімітуючої точки  може бути знайдена з тягових розрахунків як шлях, пройдений поїздом від моменту зрушення до швидкості 

Координати, в яких "голова" другої точки може знаходитися в точці, що відповідає виконанню умов безпеки:

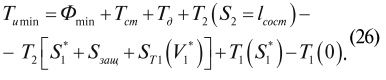


Це означає, що точка (обмеження для другого поїзда) знаходиться в зоні підходу до станції.

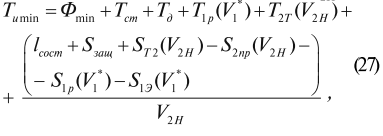
У моделі рівноприскореного руху першого поїзда



мінімальний інтервал відповідно до (3.10):



Тут враховано, що при  момент часу, коли «голова» першого потяга знаходиться в точці  його «хвіст» розташований в точці, прийнятої за початок координат по шляху  тобто  Перетворимо формулу (3.26) до вигляду, зручного для проведення розрахунків з урахуванням допущення постійної швидкості 

 (3.27)

де  час розгону вирушаючого зі станції потяга до щвидкості 

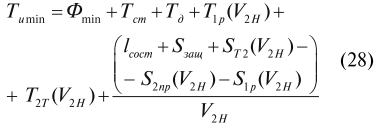
 час прицільного гальмування другого поїзда, починаючи від швидкості 

 шлях прицільного гальмування другого поїзда від швидкості 

 шлях розгону першого поїзда до швидкості 

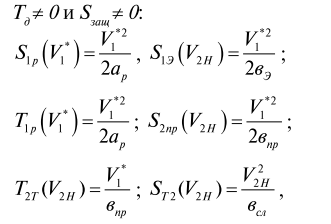
 гальмівний шлях першого поїзда в момент екстреного гальмування при початковій швидкості  Всі величини, що входять в (3.27), можуть бути отримані з тягових розрахунків. Швидкість визначається за формулою (3.23).

При управлінні по координаті «хвоста» йде попереду поїзда шлях його екстреного гальмування приймається рівним нулю. При цьому і з (3.27) отримаємо:

 (3.28)

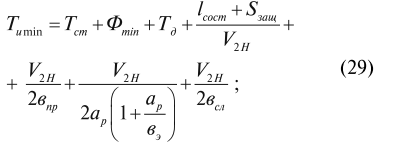
Якщо в (3.27) і (3.28) підставити  отримуємо вираз мінімального тимчасового інтервалу для ідеальної системи [11].

Отже, вираз для обчислення мінімального інтервалу часу, припускаючи плавний повільний рух поїзда, можна отримати так само, як у [12], за умови

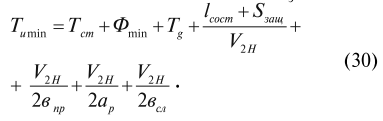


де  відповідно при наведенні та робочих гальмах іншого поїзда. Якщо ми помістимо ці вирази у формули для мінімального діапазону (3.27) та (3.28), то отримаємо:

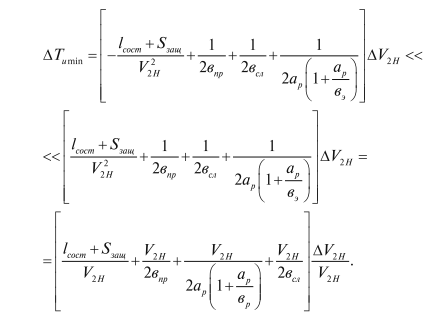
- Під час руху враховуйте шлях екстреного гальмування поїзда вперед



– при управлінні по координаті «хвоста» ідучого попереду поїзда 

 (3.30)

Враховуючи похибку  виміру при умові, що 

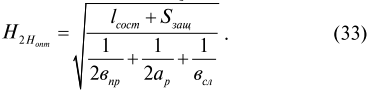
 (3.31)

Мінімальний інтервал попутного руху можна оцінювати як суму

Аналіз виразу (3.29) показує можливість визначення оптимальної швидкості підходу до станції по критерію мінімуму міжпоїзного інтервалу:

 (3.32)

При управлінні по координаті «хвоста» поїзда 

 (3.33)

Основними результатами теоретичних розрахунків є аналітична оцінка мінімального інтервалу для супроводжуючих поїздів при побудові систем безпеки на базі радіоканалу (клас СВТС), оцінка мінімального інтервалу порівняно з мінімально можливою оцінкою потенціалу "ідеальна система", аналіз причин мінімальної довжини. збільшено.

**3.3 Алгоритм поширення зворотних помилок**

Це ітераційний метод градієнтного навчання, що використовується для мінімізації стандартного відхилення від поточного бажаного вихідного значення в багатошарових нейронних мережах.

Щоб краще зрозуміти алгоритм мережевого навчання, потрібно пояснити поняття стану поверхні. Кожне значення синаптичних ваг та порогових значень мережі (вільні параметри моделі на число N) відповідає розмірності у багатовимірному просторі. Розмір N + 1 відповідає відмові мережі. Для різних комбінацій ваг відповідна помилка мережі може бути представлена ​​точкою в N + 1-мірному просторі. Всі ці точки утворюють поверхню - поверхню станів. Метою навчання нейронних мереж є пошук найглибшої точки на багатовимірній поверхні.

Поверхня млинів має складну структуру та дуже неприємні характеристики, зокрема наявність місцевих мінімумів (точок, найнижчих у своєму конкретному середовищі, але вищих за загальний мінімум), рівних ділянок, кінчиків сідла та вузьких та довгих ущелин. Аналітичні засоби не можуть визначити розташування глобального мінімуму на поверхні станів, тому навчання нейронної мережі є по суті вивченням цієї поверхні. Починаючи з початкової конфігурації шкал і порогів (із випадково обраної точки на поверхні), алгоритм навчання поступово знаходить загальний мінімум. Розраховується вектор градієнта похибки поверхні, який вказує напрямок найкоротшого спуску на поверхню в даній точці. Якщо трохи його перемістити, помилка зменшиться. Зрештою, алгоритм зупиняється внизу, що може бути лише локальним мінімумом (бажано глобальним мінімумом). Складність тут полягає у виборі тривалості кроків. При тривалому кроці конвергенція відбувається швидше, але є ризик перестрибнути рішення або піти в неправильному напрямку. З невеликим кроком визначається правильний напрямок, але кількість ітерацій збільшується. На практиці розмір кроку пропорційний нахилу схилу з певною постійною - швидкістю навчання. Правильний вибір швидкості навчання залежить від поставленого завдання та проводиться експериментально. Ця константа також може бути функцією часу і може зменшуватися в міру просування алгоритму.

Алгоритм є ітераційним, його етапи називаються епохами. У кожному сезоні всі приклади тренувань послідовно надсилаються на вхід мережі, початкові значення мережі порівнюються з бажаними значеннями та обчислюється похибка. Значення помилок, а також градієнт поверхні станів використовуються для корекції ваг і дії повторюються. Процес навчання закінчується, коли минула певна кількість разів або коли помилка досягає певного ступеня незначності або коли помилка більше не зменшується (користувач зазвичай вибирає бажаний критерій зупинки).

Мережевий алгоритм навчання описується усно таким чином:

а) Ініціалізація мережі: ваги та переміщення мережі приймають малі випадкові значення;

б) Визначення елемента фрази, що навчається: (вхід - вихід). Входи (x1, x2 ... xN) повинні бути різними для всіх прикладів у навчальному наборі.

в) Розрахунок вихідного сигналу:



де S – вихід суматора;

w – вага зв'язку;

y – вихід нейрона;

b – зсув;

i – номер нейрона;

N – число нейронів у прошарку;

m – номер прошарку;

L – число прошарків;

f – передатна функція

1. налаштування синаптичних ваг:

,

де wij – вага від нейрона i або від елемента вхідного сигналу i до нейрона j у момент часу t;

 – вихід нейрона i;

r – швидкість навчання;

gj – значення похибки для нейрона j.

Якщо нейрон з номером j належить останньому прошарку, тоді

,

де dj – бажаний вихід нейрона j;

yj – поточний вихід нейрона j.

**Розділ 4**

**Моделювання системи управління для оптимізації графіків рухів метрополітену**

**4.1 Моделювання системи контролю швидкості з рухомими блок-ділянками з використанням контролера руху**

Оскільки загальна пропускна здатність колії ефективно не використовується в залізничних системах із фіксованою колією, введені рухомі блокові залізничні системи для збільшення транспортної пропускної здатності та скорочення часу руху. Прикладами мобільних підрозділів є CBTC та ERTMS (Європейська система управління залізничним рухом). Ts'omurozdili пояснює концепцію системи рухомого блоку, а використання контролера PD засноване на Інтернет-регресії найменших квадратних опор. ERTMS - це поєднання ETCS (Європейська система управління поїздами) та GSM-R (GSM для залізниць) і визначає унікальну систему залізничної сигналізації, головним чином для європейських країн. Окрім інтеграції різних систем сигналізації по всій Європі, ERTMS також збільшує пропускну здатність та безпеку, одночасно знижуючи витрати на технічне обслуговування та споживання енергії. [30] Оскільки використання таких компонентів, як колії ланцюгів та візуальні придорожні сигнали не є необхідним, ERTMS рівня 3 також розглядається як сигналізація з рухомими блоками. Вся інформація між диспетчерською та поїздами передається через GSM-R. Баліс (або маяки) встановлюють на залізничних лініях для визначення місця розташування поїздів. Кожен поїзд управляється за допомогою власної швидкості руху (крива гальмування) за допомогою управління рухом (MOA) через GSM-R. На відміну від фіксованих блокових систем сигналізації, кілька поїздів можуть займати відносно невеликі блоки. Відстань між поїздами (безпечна відстань проїзду) змінюється залежно від швидкості руху поїздів. [31] Для вхідного MOA бортовий поїздний комп'ютер (Eurocab) оновлює профіль швидкості поїзда. Додаткова інформація відображається водієві за допомогою екрана інтерфейсу водія автомобіля (DMI). Кожна лінія має допустиме обмеження швидкості в залежності від екологічних та експлуатаційних умов, яким повинен відповідати водій, рухаючись цим шляхом. Якщо машиніст збільшує швидкість поїздів і перевищує дозволену швидкість або не дотримується дозволеної швидкості, на DMI відображається попередження. Якщо машиніст не звертає уваги на попереджувальну межу та підтримує високу швидкість, робоче гальмо спрацьовує до тих пір, поки швидкість поїздів не зрівняється або не досягне дозволеної швидкості. Коли поїзд проїжджає EOA [24], гальмо буде продовжувати працювати, поки швидкість поїздів не стане рівною або досягне дозволеної швидкості. Кілька досліджень можна знайти при розрахунку гальмівного шляху поїздів. [43] [25] [40] [27] [29] [35]

Як правило, при управлінні швидкістю контролер руху є перевагою завдяки своїй простій конструкції, надійності і простоті реалізації. Ефективність управління безпосередньо пов'язана з адаптованість контролера відповідно до різною динамікою об'єкта. Останнім часом методи моделювання на основі векторної машини (SVM) широко використовуються для зміни параметрів контролера, і їх найсильніша сторона полягає в тому, що вони забезпечують пошук глобальних мінімумів. [41] [38] [32] [39] У цьому розділі контролер розширено з використанням регресії в режимі мінімальної квадратної підтримки (онлайн LSSVR) [33] і налаштування для керування швидкістю двох послідовних поїздів, щоб підтримувати безпечну відстань між поїздами. Наприклад, онлайн-адаптованість використовується для моделювання системи і налаштування параметрів контролера рухів. Параметри контролера налаштовуються шляхом доступу до K-кроці майбутньої поведінки системи.

Європейська система управління поїздами (ETCS)

Використання ETCS було встановлено UIC (Міжнародний союз залізниць), UNIFE / UNISIG (Європейська залізнична / союзна індустрія сигналізації) та ERA (Європейське залізничне агентство). З трьох рівнів автоматизації рівень 3 ETCS вважається сигналізацією для мобільних блоків. Замість поділу залізничних ліній на нерухомі блоки, кожен поїзд, включаючи його довжину та подальшу безпечну відстань, вважається рухомим блоком.

GSM для використання на трасі (GSM-R)

GSM-R забезпечує зв'язок між найближчим Центром радіозв'язку (RBC) та поїздами без втрати даних до 500 км / год. GSM-R в основному базується на специфікаціях EIRENE (Європейська інтегрована залізнична мережа) та MORANE (Мобільне радіо для залізничних мереж в Європі), визначених UIC [36]. Рівні ERTMS показані на рисунку 4.1. Показник ERTMS на рівні 3 показаний на рисунку 4.1.

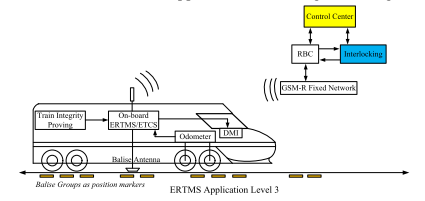


Рисунок 4.1 Рівень ERTMS 3.

Система регулювання руху на метро на базі нейронної мережі

Вхідними сигналами для нейронної мережі є інформація про заповнення платформи метро, ​​швидкості і координатах поїздів рухомого складу. Нейронна мережа генерує сигнал, який автоматично відправляється через CBTC машиністам поїздів, які стежать за розкладом.

Контролер руху заснований на онлайн-LSSVR

онлайн LSSVR

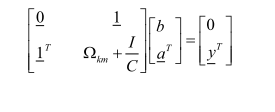
Для даних, зазначених в (4.1), де N - навчальний набір даних, а n - розмір вхідного простору, рішення можна знайти, знайшовши задачу мінімальної оптимізації, наведену в (4.2) [28] [37]:

 (4.1)

(4.2)

(4.3)

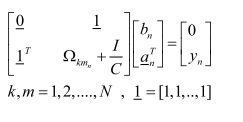
Основна мета LSSVR - знайти глобальне рішення шляхом мінімізації помилок у навчанні. Рівняння, наведені в (4.2) та (4.3), є основною формою задачі оптимізації. Оскільки цільова функція у (4.2) не опукла, отримання унікального рішення не гарантується. Отже, подвійна форма виводиться за допомогою функції Лагранжа, отриманої з цільової функції у (4.2) та її обмежень у (4.3). Оптимальне рішення задачі отримується за оптимальних умов:

(4.4)

де 



Рішення, дане в (4.4), можна використовувати, переписавши рівняння, як в (4.5), щоб використовувати його онлайн:



де  та N називаються мультиплікаторами Лагранджера функції регресії, матриці ядра та довжини вікна прокрутки відповідно. Нелінійний автоматичний регістр з логічними входами (NARX), представлений у (4.6), може бути використаний для представлення динаміки нелінійної системи.

 (4,6)

де un це вхідний контроль, який використовується для установки n, виходи yn це виходи установки і кількість попередніх керівників входів або кількість попередніх виробничих потужностей, задіяних в моделі. [38] [33]

Як показано на рис. 4.3, u і y - прискорення і швидкість другого поїзда, відповідно. Вектори стану системи з тимчасовим індексом n (4.7):

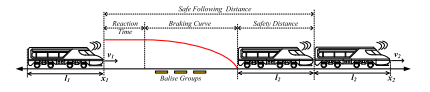
(4.7)

Нарешті, похідну від моделі можна записати, використовуючи рівняння, наведені в (4.5), (4.6) та (4.7).

(4.8)

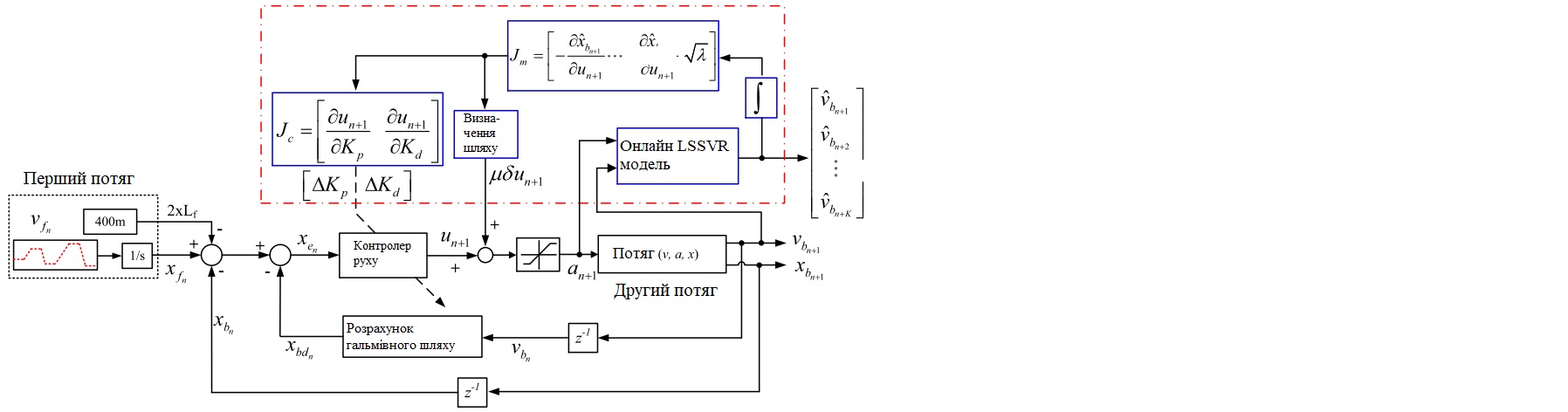
Опис диспетчера трафіку

Метод адаптації, описаний в [33], пропонує безпечну відстань між двома поїздами.



Мал 4.2. Рух поїздів

Рух поїздів зображено на рисунку 4.2, а математична модель управління із запропонованим контролером PD - на рисунку 4.3.



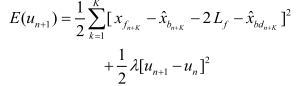
Мал 4.3 Математична модель руху потягів

Контролер руху складається з чотирьох частин; Інкрементальний контролер руху, онлайн-модель LSSVR, блок лінійного пошуку і два блоки Jacobi. На мал.3 xb  положення другого поїзда на шляху, xf положення першого поїзда на шляху,xhd гальмівна відстань і xe помилка треку. Керуючий сигнал, що генерується інкрементального контролером руху, наведено нижче [33] [26]:

 (4.9)

Де  і KPn i Kd параметри контролера руху xfn, xbn, Lf , xbdn

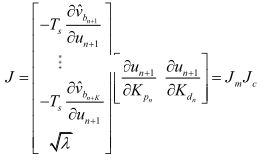
показують положення першого поїзда, положення наступного поїзда, довжину провідного поїзда та гальмівний шлях заднього поїзда. Онлайн-модель системи LSSVR використовується для прогнозування інформаційної системи Якобіана, необхідної для встановлення параметрів управління рухом. Модель створює вектор, який називається вектором траєкторії, що є кроком вперед, щоб передбачити, як поводитиметься система, коли вихід регулятора руху буде повторно застосовано протягом K разів. [33] Параметри контролера руху встановлюються з використанням мінімізованих помилок прогнозування. Цільова функція, мінімізована для встановлення параметрів контролера, наведена в (4.10).

(4.10)

K - горизонт прогнозу, а λ - коефіцієнт штрафу, з яким відхилення сигналу управління обмежується. Параметри контролера оновлюються за допомогою алгоритму Левенберга-Маркарда, як у (4.11):

(4.11)

де xerror вектор помилки передбачення, а J - матриця Якобі (4.12), задана в такий спосіб

(4.12)

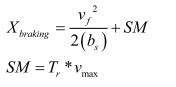
**Результати моделювання**

Основна мета - забезпечити безпеку руху поїздів, зберігаючи безпечну відстань між поїздами. Для забезпечення комфортної їзди значення прискорення має становити від -1,2 до 1,2 м / с2. Початкові значення параметрів регулятора руху встановлюються на нуль. Швидкість минулих входів nu та виходів ny які впорядковані за моделлю NARX, була обрана як 3. Довжина розсувного вікна, яка також є номером пари онлайн-даних навчання, обрана як 25. Результати моделювання для безшумного вимірювання шуму та випадків травм показані на рис. 4,4 - 4,5

(K = 3, λ = 0,25).

Гальмівний шлях поїзда

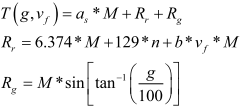
Різні чинники, такі як час затримки гальма і ухил залізничної лінії, впливають на гальмівний шлях поїзда [25]. Приклад розрахунку гальмівного шляху можна знайти в [43] для поїзда довжиною 410 м і максимальною швидкістю 300 км / год. При моделюванні використовується формула гальмування Pure Moving Block (PMB), яка приведена у формулі (4.13) [35].

(4.13)

υf швидкість поїзда (км / год), bs сповільнення заднього поїзда (м/с), запас міцності SM, Tr час реакції та υmax максимальна швидкість поїзда.

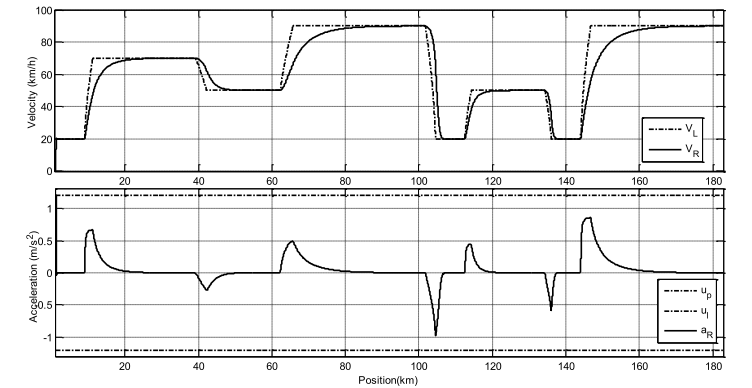
**Динаміка потягу**

Моделювання проводиться з урахуванням динаміки поїзда, зазначеної в [34]:

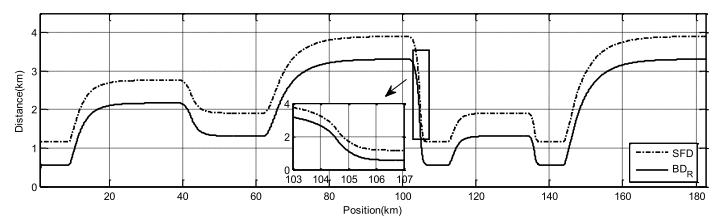
(4.14)

T(g,υf) Сила витягування (N), g - градієнт шляху (%), υf швидкість (км / год), as прискорення, M - маса поїзда (т), Rr опір коченню (N),Rg опір градієнту (N), n загальна кількість осей та відношення фланця тяги становить від 0,0914 до 0,137. Довжина кожного поїзда в моделюванні обрана 400 м. Спочатку відстань між поїздами вважається 1 км.

Перш за все, передбачається, що ніякі вимірювальні шуми та перешкоди не впливають на систему. Моделювання для безшумного випадку реалізовано для фіксованих значень прогнозного горизонту (K) та константи штрафу (λ), які обрані як 3 та 0,25 відповідно. Результати моделювання наведені на рис. 2. 4.4 та рис. 4.5. На рисунку 4.4 показані швидкості руху поїзда щодо положення та керуючий сигнал (R), який подається на задній поїзд щодо положення. Як показано на рис. 4.5, положення між поїздами, яке називається безпечною відстанню (SFD), перевищує гальмівний шлях (BD R), тобто поїзди підтримують гальмівний шлях (BD R) під час руху.



Мал 4.4 Швидкість (VR: швидкість другого поїзда, VL: швидкість першого поїзда) і значення прискорення наступного поїзда (aR)



Мал 4.5 Безпечна відстань SFD і гальмівний шлях BDR

Як показано на рис. 4.4, контролер руху досягає хороших показників відстеження для тихого випадку. Прискорення поїзда (погодинний сигнал, що генерується адаптивним контролером руху) знаходиться в межах діапазону для комфортної подорожі. Безпечна відстань між поїздами також підтримується для тихої події. Крім того, запропоноване управління також забезпечує хорошу ефективність відстеження для шумних випадків перешкод, і перешкоди відхиляються навіть на короткий час.

У цьому розділі моделювання пропонується адаптивне управління рухом для управління швидкістю двох послідовних поїздів. Також представлені результати моделювання з урахуванням гальмівного шляху та динамічних рівнянь поїзда. Результати моделювання показують, що запропонований онлайн контролер успішно уникає помилок і забезпечує надійність проти вимірюваного шуму. Теоретична основа для підтвердження задовільних характеристик запропонованого контролера, а також для розробки контролерів для декількох поїздів на одній залізничній лінії з використанням характеристик поїздів, таких як маса та нахил як невизначені параметри, вимагає подальшого вивчення та дослідження.

Впровадження системи не вимагає будь-яких змін в електричному ланцюзі електроприводу автомобіля та його системі управління. Для організації роботи нейронної мережі досить мати апаратно-програмний пристрій, що включає бортовий комп’ютер із відповідним програмним забезпеченням та апаратним блоком, за допомогою якого проїзд поїзда через пункти пропуску знаходиться на на певній відстані від станції всі параметри руху поїзда визначаються в бортовому комп'ютері: швидкість, прискорення, координата та відображення інформації у вигляді фактичного та рекомендованого шляху руху та руху поїзда.

Метод, розроблений для оптимізації руху поїзда метро, ​​є універсальним і може застосовуватися до всіх типів транспортних засобів.

**Розділ 5**

**Стартап**

**Розрахунок економічної ефективності втілення системи управління оптимізації графіків рухів потягів метрополітену**

У цьому розділі проводиться маркетинговий аналіз проекту запуску та розраховується термін окупності впровадження нової системи управління для оптимізації розкладу руху метро. Визначення основної можливості реалізації на ринку та можливих напрямів реалізації цієї реалізації.

**5.1 Опис ідеї проекту**

Щоб описати ідею проекту, необхідно послідовно аналізувати:

- ідеї мостових проектів;

- можливі сфери застосування;

- основні переваги, які користувач може отримати від товару;

- Відмінність від існуючих аналогів та замінників.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Зміст ідеї** | **Напрямки застосування** | **Вигоди для користувача** |
| Застосування операційної системи нейронної мережі для оптимізації розкладу руху в метро | Позавуличний транспорт | Скорочення інтервалів руху між поїздами |
|  | Збільшення пропускної здатності та пасажирообігу |
|  | Енергоефективність |

Таблиця 5.1 Опис ідеї стартапу

Різниця між цим стартап-проектом та його аналогами полягає у використанні нейронної мережі та інтелектуальних систем відеоспостереження для реєстрації пасажирів на станції та оптимізації розкладу руху метро. Саме ці нововведення збільшать пропускну здатність поїздів із існуючих 42 пар поїздів у годину пік до 50 пар, а це, в свою чергу, зменшить перенаселеність та зменшить споживання енергії.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Техніко- економічні характеристики** | **W**  **(слабка сторона)** | **N**  **(нейтральна сторона)** | **S**  **(сильна сторона)** |
| Мій проект | Телекомунікаційне обладнання для управління рухом поїздів | Можлива вразливість до злому або збій через електромагнітного впливу | Збільшення швидкості на перегонах, зменшення інтервалів між потягами | Можливість оптимізації руху потягів в залежності від пасажиропотоку |
| Конкурент | Автоматичний генератор локомотивної системи | Зовнішнє обладнання вимагає ретельного огляду та обслуговування | Фіксована швидкість на блокових ділянках, інтервальний рух поїзда | Контроль цілісності колії |

**5.2 Аналіз ринкових можливостей для запуску стартап-проекту**

Визначивши ринкові можливості, які можуть бути використані при реалізації проекту на ринку, і ринкові загрози, які можуть перешкодити проекту, ви можете спланувати розвиток проекту з урахуванням ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів і пропозицій по конкуруючим проектам.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Потреба, яка формує ринок | **Цільова аудиторія** | **Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів** | **Вимоги гірничо-видобувних підприємств до товару** |
| Збільшити пропускну здатність поїздів | Київський метрополітен | Фіксована інтервальність рухів потягів | Доступність технології |
| Необхідність обліку пасажирів | Харківський метрополітен | Перевантаженість вагонів | Надійність впроваджуваної системи |
| Енергозбереження | Дніпровський метрополітен | Ретельне обслуговування інфраструктури метрополітену | Окупність системи |

Таблиця 5.3 - Характеристика потенційних клієнтів

**5.3 Розрахунок економічної ефективності впровадження АСУ ТП для оптимізації розкладів руху метрополітену**

Для початку розглянемо втілену систему рухомих блоків за зразком нью-йоркського метро.

Введення в експлуатацію системи CBTC на лінії 7 Flushing відбувся 26 листопада 2018 року. Ця 10-мильна лінія проходить від центру Манхеттена до північній частині Квінса і частково складається з трьох шляхів і використовується поїздами, які взагалі зупиняються. вокзали та експреси. (В годину пік вони їдуть в найбільш завантаженому напрямку).

Система CBTC знаходиться на лінії промивання з 2010 року. З цією метою Транспортна адміністрація Нью-Йорка (MTA) підписала контракт на 343 мільйони доларів. США з Thales для розробки і постачання основних компонентів системи управління рухом поїздів і стандартизованої системи радіозв'язку для обміну інформацією між поїздами і стаціонарним обладнанням.

Згідно MTA, система CBTC вже працює на всій лінії Vlissingen, але перехід на нову технологію буде завершений протягом декількох тижнів. Вперше в метро Нью-Йорка система CBTC була розгорнута на лінії L Canarsie в 2009 році. Устаткування системи управління рухом поїздів для цієї лінії було надано компанією Siemens. Система CBTC в даний час впроваджується на лінії Queens Boulevard, в проекті беруть участь компанії Siemens і Thales. Поставка запланована на 2021 рік.

Отже, на прикладі метро Нью-Йорка, ми можемо оцінити вартість 1 км впровадження такої системи, це близько 1,5 мільйона доларів.

Давайте порахуємо термін окупності такої системи в київському метро.

Чистий прибуток компанії Київського метрополітену за 2017 рік склав 2,4 млрд грн. Знайдіть плату за обслуговування 1 км / год лінії в рік, для цього всі доходи від метро за рік і розділіть на довжину всіх ліній:

2,4 млрд грн / 69 648 км = 34 285 714 грн

Переведемо вартість 1 км нової системи в поточний тариф:

1500000 $ \* 27,8 = 41700000 гривень

Витрати на обслуговування необхідні для розрахунку терміну окупності

Розділіть 1 км / год лінії на витрати на впровадження нової системи на 1 км лінії:

34285714 грн / 41 700 000 долл = 8 місяців

З огляду на витрати на робочу силу, поставку обладнання, накладні витрати, які становлять близько 40% від вартості обладнання, виходить, що термін окупності нової системи становить близько 2,5 років на 1 км майданчика. Перехід на запропоновану технологію - вигідний крок до модернізації київського метрополітену. За рахунок підвищення комфорту пасажирських перевезень, підвищення енергоефективності та використання інтелектуальних систем для оптимізації розкладу поїздів київський метрополітен вийде на європейський рівень.

При правильному фінансуванні ви можете добитися коротких періодів окупності. Важливою перевагою даної технології є те, що її не потрібно встановлювати безпосередньо на всій Святошинсько-Броварській лінії, залишати існуюче обладнання в метро - не дуже вигідну пропозицію, тому дана система пропонує спільну роботу з існуючою АЛС- Система АРШ. Систему, описану в цьому документі, можна впроваджувати поступово, не жертвуючи існуючої..

**Висновки**

В наслідок розвитку телекомунікаційних технологій і систем інтелектуального відеоспостереження, ми маємо можливість застосовувати ці технології в різних сферах життя, зокрема в метрополітенах. Дана система керування потягами метрополітену з використанням алгоритмів інтелектуальних систем, дозволяє реалізувати графік руху потягів в залежності від пасажиропотоку.

Недоліком данної системи керування потягами з використанням радіоканалу, є відсутність контрою цілісності колій, під час експлуатації колії витримують високі навантаження, в деяких місцях утворюються просадки колій, тріщини, що не є безпечним для потягів які щоденно перевозять до 1,5млн людей. Тому запропонована система CBTC з рухомими блоками в поєднанні з розробленою нейронною мережею для оптимізаціїї графіків руху, повинна працювати з існуючою системою АРШ-АЛС, що використовується дессетелітями в Київському метрополітені. Застосування інтелектуальних систем відеонагляду, дозволяють проводити облік пасажирів на станціях і фіксувати приріст або спад людей для формування нових графіків рухів потягів.

Внаслідок проведення маркетингового аналізу ми побачимо, втілення запропонованої системи у цій магістерській роботі, це дозволить вдосконалити технологічність, полегшити технічне обслуговування, надійність і безпеку перевезень, знизити експлуатаційні витрати, підвищити якість контролю,.

**Список використаних джерел**

1. Модернизация вагонов Киевского метро поразила запад Gloss 2 декабря 2015, Источник: <https://gloss.ua/> <https://gloss.ua/citynews/92464-Modernizaciya-vagonov-Kievskogo-metro-porazila-zapad>
2. Communications-Based Train Control (CBTC) <http://www.railsystem.net/communications-based-train-control-cbtc/>
3. Системы АРС и поездная автоматика вагонов типа Еж-3 и 81-717 Учебное пособие для машинистов электропоездов УПЦ Учебно – производственный центр Московского метрополитена Москва. 2015 год. ст. 1 - 21.
4. Область применения: видеонаблюдение // Информационный проект профессионального сообщества «Техническое зрение». [Электронный ресурс]: http://wiki.technicalvision.ru/index.php/. Доступ 29.05.2017.
5. Видеоаналитика // «ООО» Синезис. [Электронный ресурс]: [http://synesis.ru/technology/videoanalitika. Доступ 29.05.2017](http://synesis.ru/technology/videoanalitika.%20Доступ%2029.05.2017).
6. Костроминов А. М. Метод и средства калибровки меры пройденного пути в метрополитене / А. М. Кос троминов, М. Ю. Королев, В. В. Гаврилов, Т. В. Крючкова // Сб. 65-й науч.-технич. конф., посвященной Дню радио. – СПб. : ПГУПС, 2010.
7. Костроминов А. М. Применение RFID-тех нологий в системе автоведения поездов метрополитена / А. М. Костроминов, М. Ю. Королев, В. В. Гаврилов, Т. В. Крючкова // Изв. ПГУПС. – 2009. – Вып. 3 (20). – С. 91–97.
8. Баранов Л. А., Балакина Е. П., Воробьева Л. Н. Алгоритмы централизованного управления для поездов метрополитена //Мир транспорта. – № 2. – 2007. – С. 104–113.
9. Pascoe, R.D.; Eichorn, T. N. What is communication-based train control? Vehicular Technolog y Magazine, IEEE (Volume:4, Issue: 4), 2009. pp. 16–21. DOI: 10.1109/MVT.2009.934665.
10. Cheptsov, M.N., Tsykhmistro, S.I., Boinik, A.B., Bakhal, I. G. Project NEARè – Network of European/Asian Rail Research Capacities (Signalling Systems). Збірник наукових праць ДонІЗТ, 2013, № 36, pp. 106–119.
11. Маргарен С. Радиосети перспективных автоматизированных систем управления поездами // Беспроводные технологии. – 2014. – № 1. – С. 23–35.
12. Баранов Л. А. Потенциальная оценка интервала попутного следования поездов и управления движением //Вестник МИИТ. – 2007. – № 17. – С. 3–14.
13. Fausett I. Fundamentals of Neural Networks. Architectures, Algorithms, and Application. – New Jersey: Prentice Hall International, Inc., 1994. – 461 p.
14. Дмитриенко В.Д., Корсунов Н.И. Основы теории нейронных сетей. Учебное пособие. – Белгород: БИИММАП, 2001. – 159 с.
15. Моделирование и оптимизация систем управления и контроля локомотивов / Носков В.И., Дмитриенко В.Д., Заполовский Н.И., Леонов С.Ю. – Харьков: ХФИ "Транспорт Украины", 2003. – 248 с.
16. Устройство и ремонт электропоездов метрополитена. Механическое и электрическое оборудование / Семеновский Э.А., Богданов А.А., Гусев В.С., Могильвер Ю.Я. – М.: "Транспорт", 1991. – 335 с.
17. Neue Teilstrecke der vollautomatischen Metro in Paris in Betrieb [Теxt] // Signal+Draht. – 2004. – Vol. 96, № 3. – P. 42.
18. SIEMENS-Un VAL olimpique [Теxt] // La viedu rail. – 2005. – № 3007. – P. 31.
19. Mattis, W.E. Modelling and minimum energy control of traction motor system [Теxt] / W.E. Mattis // International Journal of Energy systems. – 1989. – Vol. 9, № 2. – P. 78-82.
20. Khmelnitsky, E. On an optimal control problem of train operation [Теxt] / E. Khmelnitsky // IEEE Transactions on Automatic Control. – 2000. – Vol. 45, № 7. – P. 1257-1266.
21. Chang, C.S. Differential evolution based tuning of fuzzy automatic train operation for mass rapid transit system [Теxt] / C.S. Chang, D.Y. Xu // IEE Proceedings Electric Power Applications. – 2000. – Vol. 147, № 3. – P.
22. Mei, T.X. Log and GA solutions for active steering of railway vehicles [Теxt] / T.X. Mei, R.M. Goodall // IEE Proceedings Control Theory and Applications. – 2000. – Vol. 147, № 1. – P. 111-117.
23. Hill, R.J. Electric railway traction. Part 4. Signalling and interlocking [Теxt] / R.J. Hill // Power Engineering Journal. – 1995. – Vol. 9, № 4. – P. 201-206.
24. Abed, S.K. (2010). European Rail Traffic Management System – An Overview. In: 1st International Conference on Energy, Power and Control, 173-180.

# Barney, D., Haley, D. and Nikandros G. (2001). Calculating train braking distance. In: Proceedings of the 6th Australian Workshop on Safety Critical Systems and Software, 3, 23-29.

# Bobál, V., Böhm, J., Fessl, J. and Macháček, J. (2005). Digital Self-tuning controller: algorithms, implementation and applications. Advanced Textbooks in Control and Signal Processing, Springer-Verlag: London Limited.

# Booth, P.D. (2010). Intermittent and continuous automatic train protection. In: Notes of IET Professional Development Course on Railway Signalling and Control Systems, 86-102.

# Cristianini, N. and Shawe-Taylor, J. (2000). An Introduction to Support Vector Machines and other Kernel based Learning Methods. Cambridge University Press.

# IEEE. (2009). IEEE Guide for the Calculation of Braking Distance for Rail Transit Vehicles. IEEE Vehicular Technology Society.

# ERTMS. (2013). URL:http://www.ertms.net/ertms/ertmsbenefits.aspx. (Reached on: 02.04.2013).

# ERA. (2012). Introduction to ETCS Braking Curves, European Railway Agency Technical Document, (1.2).

# Iplikci, S (2009). Controlling the Experimental Three–Tank System via Support Vector Machines. Lecture Notes in Computer Science, 5495, 391-400.

# Iplikci, S. (2010). A comparative study on a novel modelbased PID tuning and control mechanism for nonlinear systems. International Journal of Robust and Nonlinear Control, 20-13, 1483-1501.

# Ke, B.R., Lin, C.L. and Lai, C.W. (2011). Optimization of train-speed trajectory and control of mass rapid transit systems. Control Engineering Practice, 19, 675-687.

# Li, K.P., Gao, Z.Y. and Mao, B.H. (2007). Energy-optimal control model for train movements. Chinese Physics, 162, 359-364.

# Pushparatham, L. and Taylor, T. (2009). URL: http://www.uic.org/IMG/pdf/gsm-r\_guide.pdf. (Reached on: 02.04.2013).

# Smola, A.J. and Scholkopf, B. (2004). A tutorial on support vector regression. Statistics and Computing, 14, 199-222.

# Takao, K., Yamamoto, T. and Hinamoto, T. (2006). A design of PID controllers with a switching structure by a support vector machine. In: International Joint Conference on Neural Network.

# Wanfeng, S., Shengdun, Z. and Yajing, S. (2008). Adaptive PID Controller Based on Online LSSVM Identification. In: IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, 1-3.

# Wei, S., Cai, B.G., Wang, J.J. and Wang, J. (2010). Research and analysis of ETCS controlling curves model. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Advances Computer Theory and Engineering, 178-181.

# Zhao, J., Li, P. and Wang, X.S. (2009a). Intelligent PID Controller Design with Adaptive Criterion Adjustment via Least Squares Support Vector Machine. In: 21st Chinese Control and Decision Conference, 7-12.

# Zhu, Y.F. and Mao, Z.Y. (2004). Online Optimal Modeling of LS-SVM based on Time Window. In: IEEE International Conference on Industrial Technology, 1-3, 1325-1330.

# Zimmermann, A. and Hommel, G. (2003). A train control system case study in model-based real time system design. In: Proceedings of the 17th International Symposium on Parallel and Distributed Processing, 118b.

# Властивості нейронних мереж (2015-2018 lektsii.org) <https://lektsii.org/2-89838.html>