

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
Факультет транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної кваліфікаційної роботи**

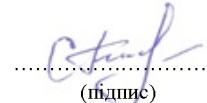
освітній ступінь	- магістр
спеціальність	- 275 Транспортні технології (за видами)
освітньо-професійна програма	- Транспортні технології на залізничному транспорті

на тему: **«УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
РУХОМ ПОЇЗДА»**

Виконав: здобувач вищої освіти групи ОПЗТ-22дм
Михальський Д.О.


.....
(підпис)

Керівник: доц. Ключев С.О.


.....
(підпис)

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


.....
(підпис)

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	3
1. АНАЛІЗ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ І КОНТРОЛЮ РУХУ ПОЇЗДІВ	6
1.1. Класифікація систем автоведення поїздів	6
1.2. Аналіз систем управління і контролю руху поїздів за кордоном	12
1.3. Застосування технології безконтактної радіочастотної ідентифікації на залізницях	16
2. ЗАСТОСУВАННЯ RFID-ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ І КОНТРОЛЮ РУХУ ПОЇЗДІВ	20
2.1 Обґрунтування можливості реалізації RFID-технологій	21
2.2 Призначення системи безконтактної прив'язки до шляху	26
3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РУХОМ ПОЇЗДІВ НА БАЗІ RFID-ТЕХНОЛОГІЇ	31
3.1 Розробка алгоритму взаємодії вагонного контролера зі суміжними пристроями	31
3.2 Розробка алгоритму роботи СБПШ на станції	34
3.3 Розробка структури та алгоритму функціонування системи управління рухом поїздів на базі RFID-технології	38
3.4 Розробка структури та алгоритму функціонування системи автоматичного контролю пробігу вагонів	43
3.5 Розробка структури та алгоритму функціонування системи автоматичного контролю переміщення вагонів в депо	47
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	52
4.1 Охорона праці	52
4.2 Методи і засоби гасіння пожеж на транспорті	60
4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях	62
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68

ВСТУП

В даний час в Україні і за кордоном розроблені і впроваджені різні автоматизовані системи управління рухом поїздів, зокрема депо, метрополітени (АСУРП) [1-4].

Розробка і створення нових систем управління рухом поїздів з високим ступенем автоматизації спрямовані на підвищення ефективності цих систем.

Використовувані в даний час на АТ “Укрзалізниця” системи управління і контролю мають ряд суттєвих недоліків, таких як громіздкість, складність бортових пристроїв, недостатня надійність роботи, високі капітальні витрати і експлуатаційні витрати. Крім того, частина устаткування, що експлуатується морально застаріла.

У зв'язку з цим актуальним питанням є пошук нового технологічного рішення для побудови цих систем з метою їх вдосконалення в напрямку зменшення габаритів, підвищення надійності функціонування систем, зменшення витрат з їх технічного обслуговування, а також за рахунок розширення функціональних можливостей.

Актуальність теми дослідження

У той же час спостерігається зростання інтересу до систем радіочастотної ідентифікації (RFID) у всіх сферах життя, в тому числі і на транспорті.

На залізницях України впроваджені: система автоматичної ідентифікації «ІХП» (САІД «ІХП») [13]; система автоматичної ідентифікації рухомого складу (САІ ПС) «Пальма» як засіб автоматичної ідентифікації залізничних транспортних засобів, яка також знайшла застосування при перетині рухомим складом державних кордонів країн СНД, Латвії, Литви та Естонії [14, 15]. Застосування RFID-технології запропоновано для вирішення завдань позиціонування поїзда і організації бездротового каналу передачі даних зі шляху на ПС [16]. За кордоном експлуатується система автоматичного зчитування інформації з рухомих локомотивів і вагонів, розроблена фірмою Siemens [17].

В ході розвитку систем автоматичної ідентифікації для українських залізниць, крім RFID-технології, розглядалися і інші технічні рішення: оптичне зчитування, використання поверхневих акустичних хвиль, штрихове кодування та ін. Однак радіочастотна ідентифікація (RFID-технологія) в порівнянні з іншими технічними рішеннями має ряд переваг, таких як надійність, безконтактне зчитування на відстані, незалежність від умов, висока швидкість і надійність зчитування/запису, автоматична обробка ідентифікаторів, радіочастотні мітки не уявляють ризику для здоров'я людини.

Але, незважаючи на це, RFID-технологія для вирішення завдань управління і контролю руху не знайшла застосування.

У кваліфікаційній роботі магістра запропоновано використання RFID-технології при вдосконаленні систем управління і контролю руху поїздів з метою підвищення ефективності цих систем.

Мета дослідження: підвищення ефективності функціонування систем управління і контролю руху поїздів на базі RFID-технології.

Мета дослідження полягає у вирішенні наступних **завдань**:

- аналіз існуючих систем управління і контролю руху поїздів, обґрунтування можливості застосування RFID-технології, здійснення вибору елементної бази для удосконалення розглянутих систем;
- розробка структури та алгоритма функціонування системи управління рухом поїздів на базі RFID-технології.

Об'єкт дослідження – системи управління і контролю руху поїздів.

Предмет дослідження – властивості елементів RFID-технології та алгоритмічні рішення по управлінню і контролю руху поїздів.

Методи дослідження – математичний, порівняльний, узагальнення, вивчення наукових, статистичних джерел, візуальний (графічний) метод (діаграми, схеми, таблиці тощо), термінологічний, теорія алгоритмів.

Наукова новизна полягає в підвищенні ефективності функціонування систем управління і контролю руху поїздів шляхом оцінки властивостей системи радіочастотної ідентифікації.

Практична значимість. Полягає в обґрунтуванні застосування RFID-технології в системах управління і контролю руху поїздів, що дозволить підвищити надійність при вирішенні завдань управління та контролю руху поїздів у метрополітені, зменшити капітальні витрати і експлуатаційні витрати, розширити функціональні можливості систем.

Кваліфікаційна робота магістра містить: вступ, чотири розділи, висновки і список використаних джерел. Загальний обсяг роботи 70 сторінок, з яких 65 основного тексту, робота містить 16 рисунків, 1 таблиця.

1. АНАЛІЗ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ І КОНТРОЛЮ РУХУ ПОЇЗДІВ

1.1. Класифікація систем автоведення поїздів

Одним з головних цільових орієнтирів розвитку автоматизованих систем управління і контролю руху поїздів є зниження аварійності, ризиків і загроз безпеці транспорту. Першорядне значення при цьому надається швидкому оновленню виробничого апарату шляхом широкого впровадження передової техніки, найбільш прогресивних технологічних процесів.

Підвищення рівня експлуатації пов'язано з розвитком систем управління рухом поїздів.

Системи управління рухом поїздів забезпечують оптимальне управління послідовністю основних і допоміжних процесів при організації перевезень. В системах управління рухом поїздів процеси ініціюються зовнішніми факторами, такими, як графік руху поїздів, реагування на виникнення потреби в перевезеннях, точність прицільного гальмування і т.д. Під прицільним гальмуванням розуміється як виконання швидкісних обмежень в фіксованих точках шляху під контролем системи забезпечення безпеки руху, так і зупинка поїзда на станції і в оборотних тупиках з необхідною точністю [18, 19].

На станціях актуальна задача використання автоматизованих систем на всіх рівнях управління станцією, що викликано високими вимогами до точності виконання графіка руху і точності зупинки в умовах значної інтенсивності руху.

Управління рухом поїздів здійснюється з використанням автоматизованої системи управління рухом поїздів (АСУРП), що відноситься до класу автоматизованих систем управління технологічним процесом (АСУТП) [1, 2]. Основним призначенням АСУРП є вдосконалення управління перевізним процесом при виконанні заданого обсягу перевезень з урахуванням безумовного забезпечення вимог безпеки та комфорту пасажирів [1, 2].

АСУРП складається з системи автоведення поїздів (САВП), системи інтервального регулювання рухом поїздів (СІРРП) і системи диспетчерського управління (СДУ) [1, 2]. СІРРП призначена для забезпечення високої пропускної і провізної здатності, безпеки руху поїздів, а також підвищення продуктивності праці. До цієї системи відносяться автоблокування і система автоматичного регулювання швидкості (АРШ) [1, 4]. САВП призначена для автоматизації процесу управління веденням поїзда, включаючи відправлення поїздів зі станцій, визначення часу ходу по перегонам, пуск і розгін поїзда, вибір режимів ведення поїзда на перегонах з метою виконання заданих часів ходу по перегонах, пригальмовування при виконанні обмежень швидкості, прицільне гальмування у платформ, надання інформації машиністу і диспетчеру про параметри руху поїздів [1-4].

Автоматизована система управління рухом поїздів в цілому повинна забезпечувати: автоматичне керування нормальним та допоміжним режимами руху і гальмування рухомого складу, відкриттям-закриттям дверей, видачою мовних повідомлень; безпека руху при будь-яких відмовах в системі і будь-якому поїзному і дорожньому обладнанні, а також при неправильних діях операторів і обслуговуючого персоналу; ритмічний рух поїздів у часі за рахунок централізованого управління; високу пропускну здатність ліній за рахунок оптимізації режимів ведення поїздів по перегонах, часу стоянки поїздів на станціях, підвищеної точності і інтенсивності гальмування, наявності інформації про поїзну обстановку на всій лінії; зведення функцій машиніста до контролю за апаратурою і зовнішніми умовами, з можливістю роботи поїзних пристроїв системи в повністю автономному режимі; оптимальна витрата електроенергії за рахунок автоматизації процесу ведення поїздів по перегонах, що виключає зайві пригальмовування і підключення тяги в піковий час; безперервний автоматичний контроль поїзної обстановки, технічного стану пристроїв і відображення інформації для операторів системи; обмін інформацією з іншими системами управління технологічними процесами; розширення і нарощування виконуваних системою функцій без зміни її

структури; обмін інформацією між поїздом (составом) і станцією поблизу платформи і під час стоянки; обмін інформацією по радіоканалу при русі; індикацію, зберігання, протоколювання подій і даних в зручній формі на автоматизованих робочих місцях [9-12].

За рівнем централізації САВП прийнято класифікувати як централізовані (ЦСАВП) і автономні (АСАВП). Централізовані системи є ієрархічними і виконуються, як правило, трирівневими: центральний пост управління(ЦПУ), станційні пристрої (СП), поїзні пристрою (ПП) [1, 2].

За алгоритмам управління ЦСАВП діляться на графікові, інтервальні і графіково-інтервальні. При використанні графікових алгоритмів зміна тривалості стоянки визначається відхиленням часу прибуття поїзда від планового; зміна часу ходу - відхиленням часу відправлення поїзда від планового. Тривалість стоянки і час ходу обмежені. Застосування інтервальних алгоритмів дозволяє змінювати тривалість стоянки поїзда при неузгодженості планового і фактичного часу прибуття поїзда на станцію; змінювати час ходу при неузгодженості планового і фактичного часу відправлення. Інтервальні алгоритми дозволяють по заданому інтервалу руху «будувати» плановий графік, який, однак, строго не прив'язаний до часу, що не узгоджується з традиційним управлінням рухом. При використанні графікових-інтервальних алгоритмів з'являється можливість більш гнучко управляти рухом поїздів [1, 2].

Класифікація систем автоведення поїздів представлена на рисунку 1.1.

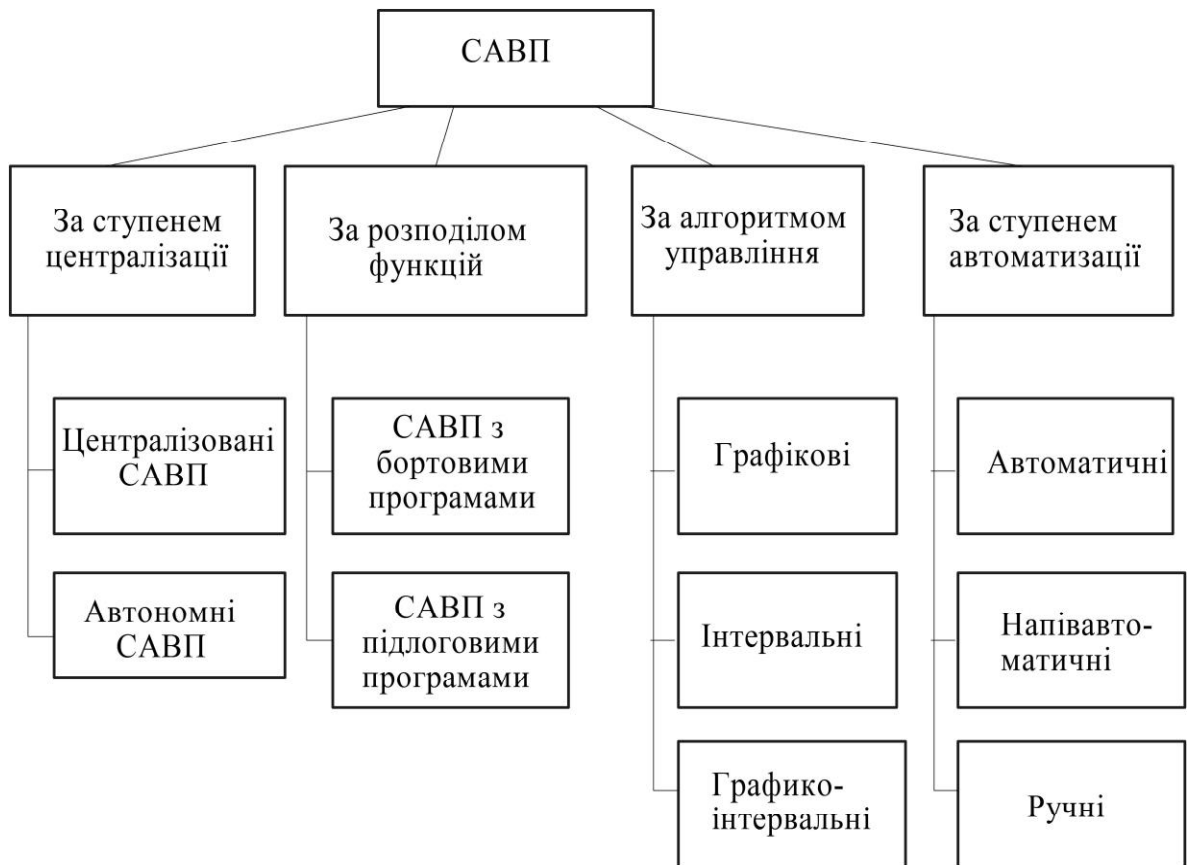


Рис. 1.1 Класифікація систем автоведення поїздів

Автономні САВП відповідно до заданої програми руху здійснюють управління тільки одним поїздом. При цьому взаємодія поїздів визначається системою інтервального регулювання, а компенсація збурень (наприклад, обурення, викликані рухом повітряних мас і зміною температури навколишнього середовища, вносять додаткові похибки в визначення питомого основного опору руху [19]) реалізується системою автоматичного управління кожного поїзда незалежно від розташування інших поїздів на лінії і визначається законами управління, наявністю ресурсів регулювання і обмеженнями, що накладаються системами безпеки [1, 2].

Централізована система володіє великими можливостями, тому що наявність інформації про стан усіх поїздів на лінії дозволяє більш гнучко компенсувати різні відхилення від графіка руху. Централізовані системи автоведення складаються з двох функціональних контурів управління: верхнього і нижнього. Верхній функціональний контур контролює поїзну ситуацію і здійснює розрахунок тривалості стоянок і часів ходу по перегонам

для всіх поїздів лінії метрополітену. Нижній контур управління забезпечує виконання розрахованих верхнім контуром тривалостей стоянок поїздів на станціях і часів ходу по перегонах. Принципам розробки алгоритмів нижнього рівня для умов метрополітену присвячені роботи вчених МПТА, ЛПЖТ, Гіпротрансигнальсв'язок, НДІ ТМ, виконані в співдружності з працівниками Московського, Санкт-Петербурзького і Харківського метрополітенів. У цих роботах було розглянуто безліч алгоритмів управління, проведена класифікація систем автоведення для нижнього функціонального рівня за різними ознаками [1-4].

Роботи по автоматизації управління рухом поїздів почалась в СРСР на початку 60-х років минулого століття. Перші випробування системи АУДП проводилися на Кільцевій лінії в Москві. Так, з 1962 рока випробувались системи автоматичного управління модифіковані САУ-М (з автоблокуванням), яким були притаманні такі особливості: вони мали низьку надійність, високу вартість, складність пристроїв. З 1968 року – програмна-моделююча система автоматичного управління рухом поїздів САУ ПМ, або система "автомашиніст", в якій була відсутня АРШ і мала місце низька точність прицільного гальмування.

В даний час фахівці НДІ ТМ працюють над подальшим вдосконаленням систем, які йдуть в напрямку реалізації концепції СВТС і управління рухом поїзда в режимі «без машиніста».

Удосконалення систем управління і контролю руху поїздів пов'язано також з рішенням і інших проблем.

По-перше, існує проблема прив'язки поїзда до шляху. При цьому вельми актуальна задача підвищення точності вимірювання швидкості і пройденого шляху з урахуванням зносу поверхні кочення колісних пар і прослизання коліс в кривих. До теперішнього часу недостатня точність вимірювання швидкості і пройденого шляху обмежувала розвиток систем управління.

По-друге, важливим завданням для забезпечення безпеки руху, а також підвищення пропускної здатності є визначення поточної координати поїзда.

Підвищення точності прив'язки до шляху при виявленні дефектів діагностичними комплексами забезпечить зниження часу на їх локалізацію і, відповідно, зниження витрат. Застосовувана контактна система пікетів для прив'язки до шляху діагностичних комплексів є ненадійною через можливість виходу з ладу механічних елементів, наприклад, при високих швидкостях руху складу або при наявності снігового покриву на шляхах при виїзді складу з депо.

По-третє, досить актуальною проблемою є проблема точного обліку пробігу вагонів. На залізничному транспорті це завдання вирішує реалізацію автоматичного зчитування інформації з рухомих локомотивів і вагонів. У Білорусії зараз впроваджується система автоматичної ідентифікації рухомого складу (САІ ПС) [14, 15]. Автоматизувати отримання достовірної інформації про те, де знаходиться склад в той чи інший момент часу (з виключенням процедур ручного збору даних) стало можливо за допомогою систем радіочастотної ідентифікації (RFID).

Основні принципи роботи САІ ПС наступні. Рухомий склад обладнується кодовими бортовими датчиками КБД-2М, що несуть інформацію про кожну рухому одиницю. Уздовж залізничної колії, в опорних точках на трасі (на вході і виході зі станції, депо) встановлюються пункти зчитування, при проходженні яких автоматично зчитується інформація з датчиків. Отримана інформація передається на концентратор лінійного рівня, що здійснює збір з усіх пунктів зчитування даного залізничного вузла. Після попередньої обробки дані надходять в концентратор дорожнього рівня. Концентратор дорожнього рівня формує кінцеве повідомлення, що містить ідентифікаційні дані рухомих одиниць (8-значний код рухомого засобу, код країни і власника), код станції і код пункту зчитування, напрямок проходження і час проходження, а також перелік рухливих одиниць у складі поїзда.

САІ ПС знайшли застосування при перетині рухомим складом державних кордонів країн СНД, Латвії, Литви та Естонії. Використовуючи засоби САІ ПС, можна автоматизувати фіксування моментів прибуття і відправлення поїздів на МСП і зчитування номерів вагонів, локомотивів і контейнерів. Це дозволяє

звільнити персонал станції від систематичного спостереження за рухомими об'єктами що проходять і візуального зчитування їх номерів, підвищує об'єктивність інформації, що надходить.

Розглянуті системи знайшли застосування на залізницях. Розробка системи для забезпечення високої точності контролю фактичного пробігу вагонів також є актуальним завданням. Наявність достовірної оперативної інформації про пробіг дозволить скоротити потребу в вагонах для перевезення, перейти на організацію їх ремонту за фактичним пробігом, істотно зменшити чисельність персоналу, що виконує операції, пов'язані з отриманням і обробкою інформації, перейти на безпаперову систему управління.

1.2 Аналіз систем управління і контролю руху поїздів за кордоном

За кордоном досить активно впроваджуються системи руху «без машиніста». Більшість проектів нових і реконструйованих ліній метро в світі реалізуються з використанням телекомунікаційних технологій, що дозволяють перейти на режим автоведення і при відносно невеликих витратах на реалізацію системи автоведення як в автономному режимі, так і в комплексному варіанті, забезпечується економія енергоресурсів.

Зарубіжні системи автоматичного контролю потягу (Automatic TrainControl - АТС), керуючі та контролюючі рух, складаються з двох систем: автоматичне керування поїздом (Automatic Train Operation - АТО) і автоматичне блокування (Automatic Train Protection - АТР). У метрополітенах Берліна, Лондона, Копенгагена, Парижа, Мадрида і ін. впроваджені різні системи автоматичного управління рухом поїздів АТО [12-14].

Фактично термін АТО використовують стосовно технічних засобів різного ступеня автоматизації. Базовий рівень АТУ має на увазі управління рухом поїзда між станціями із зупинкою на перегоні, якщо цього вимагає система сигналізації, під наглядом машиніста - напівавтоматичного ведення поїзда (Semi- Automatic Train Operation - STO). При роботі в режимі STO

забезпечується автоматичне керування тяговими двигунами і гальмами, завдяки чому досягається більш рівномірний хід поїзда з оптимізацією енергоспоживання і пропускної здатності.

Більш складні системи, побудовані на основі базового рівня функціональності АТО, можуть додатково управляти відкриванням і закриванням дверей, роблячи можливим ведення поїзда без машиніста в кабіні управління. Цей режим називається Driverless Train Operation - DTO. При роботі в цьому режимі пред'являються підвищені вимоги до системи сигналізації.

Наступним рівнем автоматизації є Unattended Train Operation - UTO. Режим UTO може використовуватися в широкому діапазоні технологічних операцій: від переміщення порожніх составів до автоматичного управління рухом поїздів в пасажирському сполученні при повній відсутності локомотивної бригади на борту. Цей режим вимагає наявності можливості дистанційного керування поїздом при виникненні будь-якої відмови або, як мінімум, доставки персоналу до складу в найкоротший час. У режимі UTO необхідні особливі заходи безпеки для виключення виникнення перешкод на шляху проходження або використання засобів виявлення перешкод [15 - 17].

Системи другого - четвертого рівнів виконані на базі сучасного апаратно-програмного забезпечення. Вони відрізняються алгоритмами використання бортової апаратури безпеки і автоведення при її несправності.

Істотний «плюс» систем четвертого рівня - розширення можливостей оперативного управління графіком руху, в тому числі при збоях, введенні-виведенні рухомого складу на лінію і з лінії. Фактично диспетчеру надається вільне управління, оскільки при організації руху не треба враховувати графік роботи машиністів.

При порівнянні «автоматичних» ліній європейських метрополітенів з «неавтоматичними» по таким умовним критеріям, як регулярність і надійність руху, експлуатаційна готовність і надійність обладнання, відзначено перевагу «автоматичних» ліній.

Повна автоматизація управління поїздами вперше була впроваджена на рубежі 1980-х і 1990-х років у Франції, в метрополітені міста Лілль. Метрополітен був обраний для реалізації цієї системи виходячи з того, що поїзд метро повністю ізольований від впливу погоди, від можливого бажання водія змінити напрямок руху, від ризику зіткнення із зустрічним або бажаним зробити обгін транспортним засобом і т.д. система автоматичного управління рухом поїздів Лілльського метро керує всім процесом руху - від пуску до повної зупинки. Метрополітен в Ліллі функціонує 20 год на добу з інтервалом руху поїздів 90 с в години пік і 4 хв під в непіковий час. Міжнародним Союзом Громадської Транспорту були проведені дослідження, які показали, що в порівнянні з іншими зарубіжними метрополітенами Лілльський має найбільш високий відсоток дотримання графіка руху при найменшому інтервалі між поїздами [26, 28].

Управління рухом здійснюється з диспетчерського пункту, Гдень спеціальному табло висвічується поїзне положення на ділянках. Крім того, є автоматизовані системи інформації пасажирів, що дозволяють вести постійний контроль за обстановкою на станціях. Останні обладнані переговорними пристроями для зв'язку пасажира з диспетчером.

Важливу роль в забезпеченні безпеки пасажирів грають платформні двері. Вони утворюють бар'єр між платформою і шляхом і відкриваються синхронно з дверима поїзда.

Опитування пасажирів, що користуються лілльським метрополітеном, показав, що відсутність машиністів і незначне число обслуговуючого персоналу не є психологічною перешкодою для користування метрополітеном [78, 79].

Метро в Нюрнберзі - перше метро в світі, яке в 2008 році було переведено в поточному режимі експлуатації з звичайного режима експлуатації на автоматичний, і на початковому етапі на окремій ділянці використовується загальна ділянка траси в режимі експлуатації поїздів без машиніста і з машиністом.

При реалізації проекту RUBIN (реалізація автоматизованої системи метро в Нюрнберзі) складність полягала в тому, щоб максимально зберегти наявні технічні системи та пов'язані з цим методи процесу експлуатації при переводі в автоматичний режим.

Головний компонент лінії U3 в Нюрнберзі - це система автоматичного контролю потягу АТС (Automatic Train Control), що управляє і контролює рух, розроблена концерном Siemens. Головна особливість: система працює за принципом "два з трьох". Це означає, що якщо один комп'ютер вийде з ладу, два інших будуть передавати надійні дані, дублюючи одне одного. Якщо з ладу вийде два комп'ютери, поїзд повинен бути зупинений.

Зв'язок між лінією і постом управління здійснюється по прокладеному вздовж рейок лінійному проводу. На центральному посту управління здійснюється постійний контроль роботи лінії, при необхідності в неї можна втрутитися. Система високочастотних приймачів і передавачів з тісними зв'язками, розташованих трохи нижче кромки платформи, попереджає про попадання на рейки сторонніх предметів і зупиняє поїзда, що під'їжджають, якщо на рейках виявляються небезпечні перешкоди. Чутливі інфрачервоні датчики в дверях запобігають рух поїзда навіть в тому випадку, якщо між дверима всього лише застрягло пальто. Особливу увагу приділено налаштування системи захисту платформ наземних станцій, щоб вона не зупиняла рух поїздів, якщо на рейки, наприклад, ненадовго сяде голуб. Кожні 4 мс робиться знімок платформи.

Аналогічні проекти впроваджуються в Гельсінкі, Парижі та Гонконзі.

Повністю автоматизовані системи управління рухом поїздів реалізовані на окремих лініях метрополітенів Ванкувера, Марселя, Ліона, Саппоро, Мехіко, Парижа і ін. [11-14].

1.3 Застосування технології безконтактної радіочастотної ідентифікації на залізницях

Для підтримки високих параметрів економічної ефективності в розвинених країнах постійно ведеться пошук нових технічних рішень, так як рівень розвитку економіки безпосередньо пов'язаний з технологічним розвитком. Для забезпечення лідируючих позицій на ринку транспортних послуг багато компаній прагнуть до створення умов безпечного і ефективного функціонування залізничного транспорту, до формування єдиного інформаційного простору, що в свою чергу вимагає впровадження і використання принципово нових технічних рішень. Ведуться роботи по створенню та вдосконаленню комплексів управління та забезпечення безпеки на локомотивах, включаючи розробку «інтелектуального потяга» з вбудованою системою автоведення і самодіагностики [9].

Використання бездротових технологій для передачі інформації на відстань дозволяє контролювати характеристики руху локомотива і технічний стан його основних систем в режимі реального часу.

Фірмою Siemens розроблено рішення для всіх підсистем єдиної європейської системи забезпечення безпеки руху поїздів European Train Control System - ETCS (сімейство TRAINGUARD (ТРЕЙНГВАРД)) [33]. Це як бортова і колійна підсистеми, так і канали зв'язку для обміну даними двох підсистем - Баліз (Eurobalise S21), шлейфи (Euroloop S21) і Euroradio (мережа GSM-R) з нормованими інтерфейсами і з застосуванням нормованих функцій.

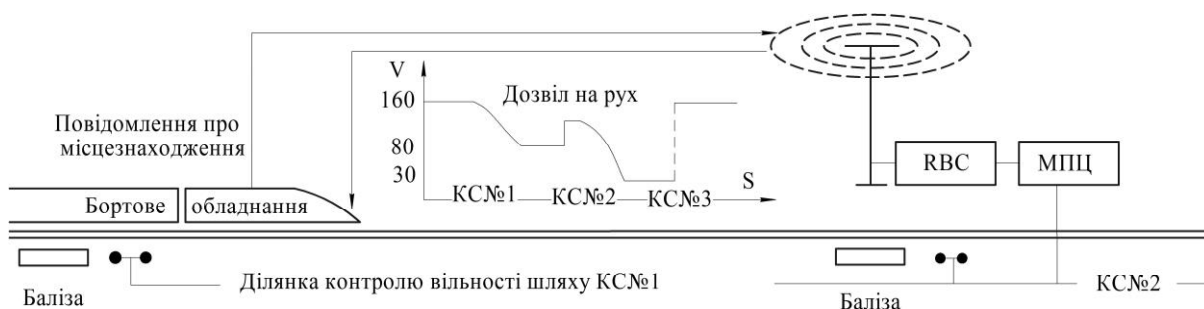
Устаткування рухомого складу складається з безпечного поїзного комп'ютера EVC; інтегрованого пристрою вимірювання шляху і швидкості (SDMU), що використовує імпульси датчика вимірювання шляху, інформацію від радара і оцінку сигналів від колійних міток (Евробалізи S21); інтегрованого модуля зв'язку з Баліз (BTM); антени для зв'язку з Баліз і шлейфами; дисплея ETCS (НМІ - Human Machine Interface, людино-машинного інтерфейсу); «Чорного ящика» - реєстратора даних, що мають юридичну силу (Juridical

Recorder); цифрового пристрою введення/виводу (наприклад, включення екстреного гальмування) і блоку зв'язку з існуючими на дорозі системами АЛС.

Подорожній електронний блок S21 LEU (Lineside Electronic Unit) монтується в сигнальному ящику або в окремому корпусі і через сигнальний кабель зчитує показання сигналу. Залежно від лічених показань вибирається з пам'яті відповідна телеграма і по кабелю посилається на підключену до блоку LEU євробалізу S21.

Євробалізи - структурна частина системи АЛС, які забезпечують продуктивний і стандартизований обмін даними між колійним полотном і поїздом, при цьому можлива інтеграція в будь-яку систему АЛС. Євробалізи забезпечують високонадійну передачу даних при швидкостях руху поїздів до 500 км/год; економічність завдяки застосуванню сучасних технологій; мінімальний обсяг завдяки малим габаритам і вазі пристроїв; безконтактне програмування; необслуговувані компоненти; відповідність європейським нормам. Євробалізи використовують в метро Валенсії, на залізницях Німеччини і Швейцарії. В Україні євробалізи поки не застосовуються через досить високу вартість.

Характерною особливістю системи TRAINGUARD є те, що вся інформація, необхідна для забезпечення безпеки руху поїзда на певній ділянці шляху передається по радіо через центральний пост радіоблокування (RBC, Radio Block Centre). Для цього використовується цифрова система залізничного радіозв'язку GSM-R (Global System for Mobile Communication - Railways). Євробалізи S21 служать в цьому випадку тільки в якості колійних міток блок-ділянок (рисунок 1.2).



Рівень 2 ETCS. Блок-схема

Рис. 1.2 Організація системи ETCS

Підлогові сигнали в цій системі не потрібні. Але, встановлені в певних місцях (наприклад, стрілки, горловини станцій), вони дають можливість інтеграції резервної системи. Інформація про вільність або зайнятості тих чи інших рейкових ділянок передається від RBC.

У RBC є «атлас залізниць» відповідної ділянки мережі, на якому RBC контролює безпеку руху поїздів. Залежно від встановлених маршрутів, зайнятості рейкових ділянок та місця розташування поїздів RBC видає або поновлює дозволу на рух (MA, Movement Authorities) окремим рухомих одиниць.

Бортовий комп'ютер EVC на основі переданого по системі GSM-R дозволу на рух обчислює і потім контролює виконання графіка безпечної швидкості, а також графік гальмування до наступної точки зупинки або зниження швидкості.

За рахунок застосування методу їзди «в межах електронної видимості» декількох блок-ділянок, що лежать попереду, поїзди рухаються з максимально допустимою на даній ділянці швидкістю. Через можливість рухатися поїздами один за одним незалежно від розстановки сигналів, міжпоїздні інтервали скорочуються. Пропускна здатність ділянки значно зростає.

Це особливо вигідно при будівництві нових ліній, де можливо відмовитися від більшої частини сигналів на перегонах і тим самим отримати значну економію кабелю і експлуатаційних витрат.

У 2003 році Німецькими залізницями була прийнята в дослідну експлуатацію система TRAINGUARD VC 200 Рівня 2 ETCS на ділянці Ютербог-Галле/Лейпциг. Вперше состав, який ведеться локомотивом, обладнаним бортовою апаратурою TRAINGUARD VC 200 розвинув на ділянці Ютербог-Биттерфельд швидкість 200 км/год. Ділянка двоколійна, електрифікована, має протяжність близько 154 км. За допомогою локальної обчислювальної мережі 2 поста радіоблокування з'єднані з двома мікропроцесорними централізаціями. Для здійснення радіозв'язку постів радіоблокування з поїздами через мережу GSM-R обидва RBC підключені до комутатора мобільного зв'язку MSC (Mobile Switching Centre) в Лейпцігу. На шляху встановлено близько 950 євробаліз.

Крім цього, системи сімейства TRAINGUARD працюють сьогодні на міській залізниці Берліна, на лініях Швейцарії, Австрія, Угорщина, Іспанії, Голландії. В даний час на залізниці в Стокгольмі впроваджена перша в світі регіональна система ETCS рівня 3. На відміну від ETCS рівнів 1 і 2, впроваджена система не передбачає наявності на лінії підлогових засобів контролю вільності колії. Рейкові кола використовуються тільки на переїздах і на шляхах маневрових районів на станціях. Ключовим компонентом регіональної системи ETCS є центр управління ТСС, який об'єднує в собі функції центру радіоблокування і системи централізації. При надходженні в ТСС від оператора центру або автоматизованої системи запиту на рух поїзда з однієї точки на лінії до іншої, підсистема централізації встановлює стрілки в потрібне положення і перевіряє вільність маршруту. Потім підсистема централізації резервує маршрут і відправляє в центр радіоблокування RBC повідомлення про можливість видачі поїзду дозволу на рух. RBC відправляє дозволу на рух в бортову систему поїзда по мережі радіозв'язку GSM-R. При русі поїзда бортова антена активує шляхові прийомовідповідачі, передають в бортову систему фіксовані повідомлення, на основі яких оновлюються показання поїзного пристрою вимірювання пройденого шляху [20-22].

2. ЗАСТОСУВАННЯ RFID-ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ І КОНТРОЛЮ РУХУ ПОЇЗДІВ

На підставі проведеного в першому розділі аналізу сучасних напрямків розвитку систем автоматичного управління і контролю руху поїздів в даній роботі запропоновано використання технології радіочастотної ідентифікації, за допомогою якої можливо вирішити завдання щодо підвищення надійності систем управління і контролю, зниження експлуатаційних витрат, розширення функціональних можливостей.

2.1 Обґрунтування можливості реалізації RFID-технологій

Радіочастотна ідентифікація (RFID) – метод автоматичної ідентифікації об'єктів, в якому за допомогою радіосигналів зчитуються або записуються дані, що зберігаються в так званих транспондерах, або RFID-мітках.

Блок-схема RFID-системи показана на рис. 2.1.

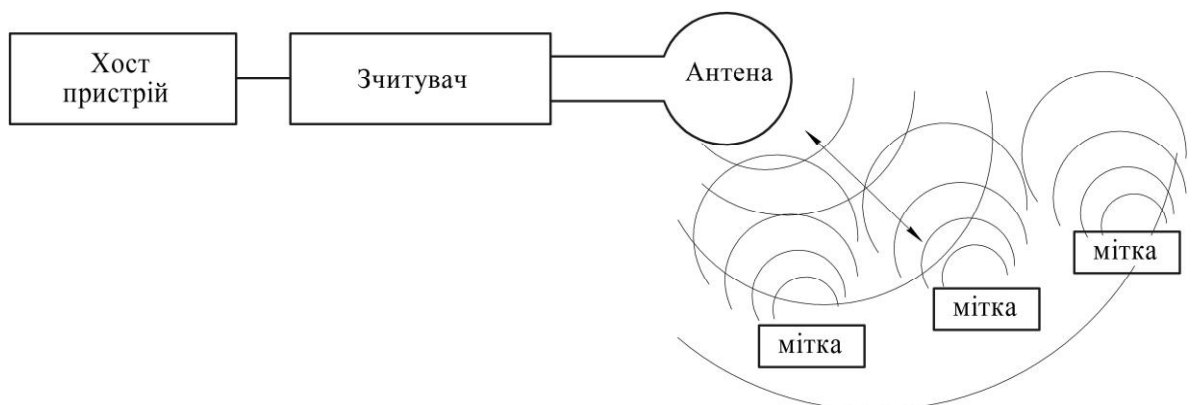


Рис. 2.1 Блок схема RFID-системи

Система RFID складається з мітки (транспондера), в якій зберігається записана в неї на енергонезалежному носії даних Інформація про об'єкт, що зчитує (рідера), яке здійснює сеанс обміну інформацією з міткою згідно RFID-протоколу, і хост-пристрою, яке керує роботою рідера, а також здійснює безпосередню обробку даних, отриманих шляхом зчитування їх рідером з

мітки. Зв'язок між міткою і зчитувальних пристроїв, а також передача інформації здійснюється за допомогою радіохвиль [33].

Перевагами технології RFID є наступні:

- висока фізична надійність засобів ідентифікації, підвищена надійність системи в цілому за рахунок відсутності механічного зносу і деталізації обробки інформації;

- безконтактне зчитування на відстані без вимоги механічного, контактного поєднання, в тому числі зчитування через неметалічні перепони.

Одна з умов надійного зчитування інформації з RFID-мітки це знаходження її в зоні дії зчитувача RFID;

- можливість розміщення ідентифікатора і зчитувача на металевих поверхнях і всередині неметалевих конструкцій;

- можливість таємного розміщення незнімного ідентифікатора, в тому числі, вбудовування його в об'єкт;

- висока незалежність від умов експлуатації (температура, пил, бруд, мастило, фарба, дим, вібрації, вода, світло, електричні шуми і т.п.);

- висока швидкість (частки секунди) і надійність зчитування/запису;

- фактично необмежений термін експлуатації;

- обробка ідентифікаторів проводиться автоматично під час виконання основного технологічного процесу без витрат додаткового часу;

- системна гнучкість, легкість інтеграції в будь-які системи;

- радіочастотні мітки не уявляють будь-якого ризику для здоров'я людини, тому що мають незначною потужністю випромінювання, а також основний час вони не активні.

Поряд з достоїнствами RFID-технології притаманні і деякі недоліки:

- неможливість розміщення під металевими і електропровідними поверхнями;

- схильність перешкод у вигляді електромагнітних полів, в зв'язку з чим необхідно аналізувати умови, в яких система RFID буде експлуатуватися [24].

Перераховані вище гідності RFID-технології дозволяють зробити висновок про доцільність використання з метою організації системи автоматичного управління рухом поїздів, що відповідає сучасним вимогам.

Вибір елементної бази при реалізації RFID-технології в системах автоматичного управління рухом поїздів в умовах метрополітену залежить від можливостей елементів і обмежень, пов'язаних з умовами їх застосування.

Частотні обмеження. Системи радіочастотної ідентифікації можна класифікувати по робочій частоті, на якій відбувається взаємодія. В ході еволюції RFID сформувалися три групи систем:

- о низькочастотні (LF) з робочою частотою 30-300 кГц;
- о високочастотні (HF) з робочою частотою 3-30 МГц;
- о ультрависокочастотні (UHF) с робочою частотою понад 300 МГц.

Для кожного з виділених частотних діапазонів діють свої стандарти зі своєю ступенем опрацювання. В даний час виділяються наступні діапазони частот, для яких існують міжнародні стандарти ISO: 125-135 кГц, 860-930 МГц, 13.56 МГц і 2.45 ГГц (діапазони 5.8 ГГц і 433.22 МГц в даний час практично не використовується). На кожному з виділених діапазонів працюють додатки і прикладні системи, схожі за функціями.

В даний час у світовій практиці для частотної ідентифікації об'єктів застосовуються частоти 125 кГц, 13,56 МГц, 865 МГц, 2,4 ГГц, 4-8 ГГц.

Частоти 125 кГц і 13,56 МГц застосовуються в основному для статичної ідентифікації на відстанях до 1 м (для нашого випадку незастосовні). Крім того, до нестачі цих частот відноситься поглинання електромагнітних хвиль металевими предметами.

Частотний діапазон 4-8 МГц обраний в Японії для швидкісної ідентифікації об'єктів і не має як апаратної, так і правової підтримки на території України.

Частота 2,4 ГГц застосовується в основному для швидкісної ідентифікації об'єктів на території США, поширена на швидкісних автострадах і на залізничному транспорті. В Україні для застосування даної частоти є апаратні

засоби, але відсутня правова підтримка, тобто відсутня можливість реєстрації приладів в інспекції. До переваг частоти 2,4 ГГц відносяться високі дальність і швидкість ідентифікації об'єктів, а також здатність радіохвиль на цій частоті відбиватися від поверхонь з металу.

Частота 865 МГц обрана в Європі для швидкісної ідентифікації об'єктів, і вона допущена до застосування на території України. До переваг частоти 865 МГц відносяться відносно високі дальність і швидкість ідентифікації об'єктів, а також здатність радіохвиль на цій частоті відбиватися від поверхонь з металу. В Україні є практичні реалізації систем ідентифікації, що працюють на швидкостях до 80 км/год і дальностях до 4-8 метрів.

Саме ці властивості засобів швидкісної ідентифікації об'єктів на частоті 865 МГц і зумовили вибір зазначеної частоти для застосування в апаратурі системи безконтактної прив'язки до шляху СБПШ при обміні даними між рідером і міткою.

Для організації радіомодемного зв'язку між бортовим та станційним обладнанням системи СБПШ обраний частотний діапазон в околиці 2,4 ГГц, який зручний тим, що він найменше схильний до електромагнітних перешкод від працюючого силового електричного обладнання, а також цей діапазон офіційно дозволено використовувати без отримання ліцензії на роботу. Використання інших частот утруднене необхідністю отримання спеціальних дозволів і можливістю зіткнутися з перешкодами, створюваними іншими невідомими пристроями.

Типи міток. Системи радіочастотної ідентифікації можна розділити на дві групи в залежності від використовуваного типу мітки - це активні і пасивні. В активних системах використовують транспондери з джерелом живлення.

Системи, побудовані за таким принципом, мають перевагу в тому, що в них можливо добитися хорошого співвідношення сигнал/шум і, як наслідок, великої дальності взаємодії між міткою і пристроєм, що зчитує. Але із застосуванням на борту транспондера живлячого елемента збільшується вартість транспондера і обмежується термін служби.

У пасивних системах застосовується мітка без напруги елемента і взаємодія між зчитувачем і транспондером засновано на принципі взаємної індукції. Антена мітки потрапляє в електромагнітне поле, створюване антеною зчитувача, і в ній за допомогою взаємної індукції наводиться струм, потім отримана енергія перевипромінюється міткою, і це випромінювання вловлюється зчитувачем [3, 5].

Абсолютно очевидні переваги і недоліки таких систем. Недоліком є мала дальність дії. Перевагою - низька вартість, мітки не вимагають обслуговування, термін їх дії практично не обмежений, мітки мають виняткову надійність (вони дуже прості). Ці системи застосовні для вирішення завдань в різних областях: транспорт, торгівля, контроль доступу.

Найбільш прості мітки, які отримали назву однобітних транспондерів, являють собою LC контур. Пристрій, що зчитує складається з передавача і приймача (рисунок 2.2).

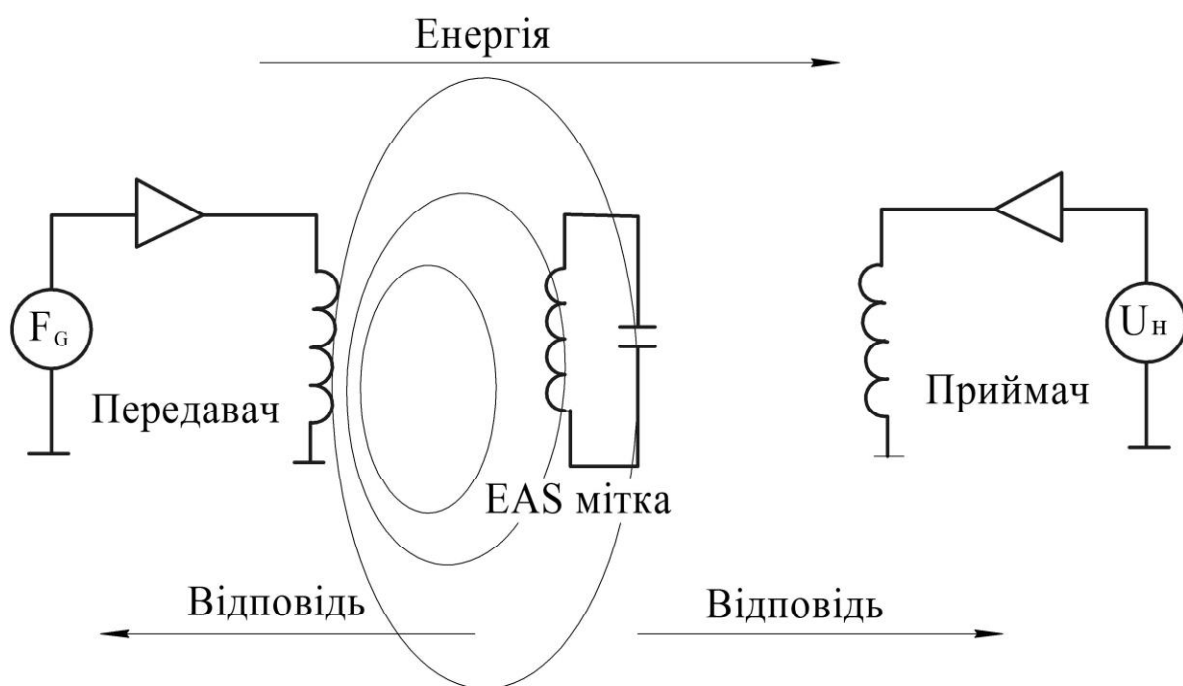


Рис. 2.2 Пристрій, що зчитує

Транспондер, потрапляючи в зону дії антени передавального пристрою зчитувача, отримує енергію від електричної складової електромагнітного поля,

випромінюваного антеною рідера, починає генерувати і випромінювати через антену електромагнітні коливання, які вловлюються приймальною антеною, і система отримує повідомлення про присутність об'єкта в поле зчитувача. Такі транспондери, як правило, застосовуються в системах, які встановлюються в магазинах і супермаркетах. Деактивація такої мітки здійснюється шляхом руйнування LC-контура.

Описана вище система не дозволяє розрізняти об'єкти, вона здатна тільки сповіщати про факт її потрапляння в зону дії зчитувача.

Для того щоб ідентифікувати об'єкт кожен окремо, застосовуються мультібітні транспондери - пасивні приймачі з елементом пам'яті.

У найпростішому варіанті це одноразово програмована пам'ять, в яку заноситься на заводі-виробнику унікальний серійний номер UID. Мітка, потрапляючи в поле зчитувача, отримує енергію; струм, наведений в антені транспондера, випрямляється і надходить на схему мітки, мітка починає випромінювати коливання, які модулюються даними з пам'яті, і відбувається передача інформації від мітки до зчитувача [18].

Інформація в пристрій пам'яті мітки може бути занесена різними способами. Спосіб запису інформації залежить від конструктивних особливостей мітки. Залежно від цього розрізняють наступні типи міток:

- o R / O (Read Only) - дані записуються тільки один раз при виробництві мітки. Такі мітки придатні тільки для ідентифікації. Ніяку нову інформацію в них записати не можна, і їх практично неможливо підробити;

- o WORM (Write Once Read Many) - інформація записується користувачем тільки один раз, її надалі можна багаторазово читати;

- o RW (Read and Write) - такі мітки містять ідентифікатор і блок пам'яті для читання і запису інформації. Дані в них можуть бути перезаписані багаторазово.

В останніх поколіннях транспондерів застосовуються кристали, що несуть на своєму борту не тільки незалежну пам'ять, а ще й мікропроцесор, що

дає можливість транспондеру самому виробляти необхідні обчислення і виконання алгоритмів (JAVA CARD).

Для вирішення завдань управління рухом поїздів доцільно використовувати мітки типу RW.

2.2 Призначення системи безконтактної прив'язки до шляху

В роботі розроблена система безконтактної прив'язки до шляху (СБПШ) головних вагонів поїздів з використанням RFID-технології. СБПШ є складовою частиною системи автоматизованого управління рухом поїздів. Впровадження нової технології направлено на підвищення ефективності функціонування системи управління.

Система безконтактної прив'язки до шляху (СБПШ) призначена для вирішення наступних завдань:

1. Забезпечення передачі безконтактним способом міститься в заданих точках перегонів, станцій і тупиків постійної інформації, необхідної для здійснення всіх видів керуючих дій при автоведенні поїздів по лініях і тупикам, при автоматизованих заїздах в депо, при включенні інформаційних фонограм для пасажирів, при включенні і виключенні режиму реєстрації подій на рухомому складі, а також для точної прив'язки до координат шляху діагностичних рухливих одиниць.

2. Підтримка безконтактним способом (по радіопроводним каналам) зв'язку коштів СБПШ головних вагонів поїздів зі станційними пристроями СБПШ в зонах зупинки перших вагонів.

3. Підтримка зв'язку (по провідним каналам) станційних пристроїв СБПШ з ЦП КАС ДУ.

4. Обробка інформації вагонними і станційними пристроями СБПШ таким чином, щоб задовольнити функціональні потреби суміжних технічних засобів: поїзних пристроїв автоведення (ППАВ), пристроїв поїзного оповіщення пасажирів бортових пристроїв реєстрації (УПО БПР), системи

передачі інформації бортових пристроїв реєстрації (СПІ БПР), комплексної автоматизованої системи диспетчерського управління (КАС ДУ).

СБПШ є багатофункціональною і до неї ставляться такі вимоги:

- система СБПШ повинна забезпечувати програмне автоведення поїздів, формування керуючих команд за допомогою підлогових RFID-елементів поїздних пристроїв автоведення (ППАВ) (замінюючи технологію ведення за допомогою пристроїв з підлоговими програмами), а також пристроїв поїздного оповіщення пасажирів УПО і бортовим пристроїв реєстрації подій БПР, забезпечуючи їх автоматичну роботу;

- повинна допускати корекцію графіків руху поїздів (зміна часу стоянки поїздів, вибір раціонального режиму включення двигунів (Х2 або Х3), завдання часів першого і другого підключень двигунів) з використанням на станціях радіомодемного зв'язку бортової частини СБПШ з центральним пунктом комплексної автоматизованої системи диспетчерського управління рухом поїздів (ЦП КАС ДУ);

- здійснювати точну прив'язку до точок шляху рухомих одиниць;

- забезпечувати подачу команд до поїздних засобів оповіщення пасажирів (голосові повідомлення про станції зупинки і наступні станції, попередження про закриванні дверей, про станції обороту і ін.);

- здійснювати інформаційну підтримку машиністів поїздів;

- вирішувати перспективні завдання створення єдиного комплексу автоматизованої системи адаптивного управління рухом поїздів.

Відповідно до вимог, що ставляться, структура СБПШ має:

1. Підлогові пристрої (пасивні радіопозначки), які містять запрограмовану інформацію.

2. Радіомодемні засоби зв'язку вагонної апаратури СБПШ зі станційною апаратурою СБПШ. Станційна частина цих засобів зв'язку знаходиться постійно в стані готовності до прийомопередаючих операцій, вагонна частина - активується при входженні головного вагона поїзда на станцію і деактивується при виході поїзда зі станції. На кожній станції

станційна апаратура СБПШ має дротовий (кабельний) зв'язок зі станційними радіомодемами, що встановлюються в зоні зупинки перших вагонів поїздів обох напрямків руху і забезпечує обробку і зберігання інформації і інформаційну взаємодію як з головними вагонами потягів обох напрямків руху, так і з ЦП КАС ДУ .

3. Вагонна апаратура СБПШ, яка забезпечує обробку та зберігання інформації і інформаційну взаємодію як з підлоговими пасивними пристроями, так і з пристроями ППАВ, УПО БПР і станційними пристроями СБПШ. Інформаційна взаємодія СБПШ з ППАВ, з УПО БПР, з ЦП КАС ДУ регламентується окремими протоколами обміну. Передбачено наявність вбудованого в СБПШ реєстратора подій, який дозволяє контролювати працездатність системи в процесі її функціонування. Кожен інформаційний обмін СБПШ із суміжними пристроями фіксується в пам'яті реєстратора за принципом конвеєра, тобто старі події замінюються більш свіжими.

4. Для зв'язку вагонного обладнання з мітками обрані сумісні з ними приймально-передавальні пристрої - рідери. Для обробки, зберігання інформації та інформаційної взаємодії зі суміжними пристроями обрані контролери, в яких закладена 30%-на надмірність на перспективу для можливості функціонального розширення. При розробці системи СБПШ враховані такі фактори:

- Значний діапазон коливань напруги живлення джерела вагонного живлення.
- Значний діапазон коливань температури навколишнього середовища.
- Несумісність підплатформених поверхонь і поверхонь тунелів в окремих розрахункових точках шляху до умов закріплення носіїв постійної інформації (RFID - засобів).

Виходячи з вище викладеного розроблена структурно-функціональна схема побудови СБПШ.

Варіант узагальненої структурно-функціональної схеми СБПШ і зв'язків з ППАВ, з УПО БПР, з ЦП КАС ДУ представлений на рис. 2.3.

СБПШ включає в себе дві частини: вагонну (головні вагони) і станційні (розташовані на прилеглих до станцій перегонах RFID-елементи віднесені до цих станцій), при цьому зв'язок вагонних пристроїв зі станційними забезпечується за допомогою радіоканалів (тобто безконтактним методом).

Для виконання завдання безконтактної прив'язки до шляху головних вагонів уздовж шляху руху поїздів на станціях і перегонах в певних фіксованих точках встановлені пасивні радіопозначки з об'ємом пам'яті 512 біт, в яку занесена необхідна для автоведення поїздів інформація (про включення і виключення тягових двигунів, про режими гальмування, про відкриття дверей з потрібною боку і часу їх відкритого стану та ін.) [29].

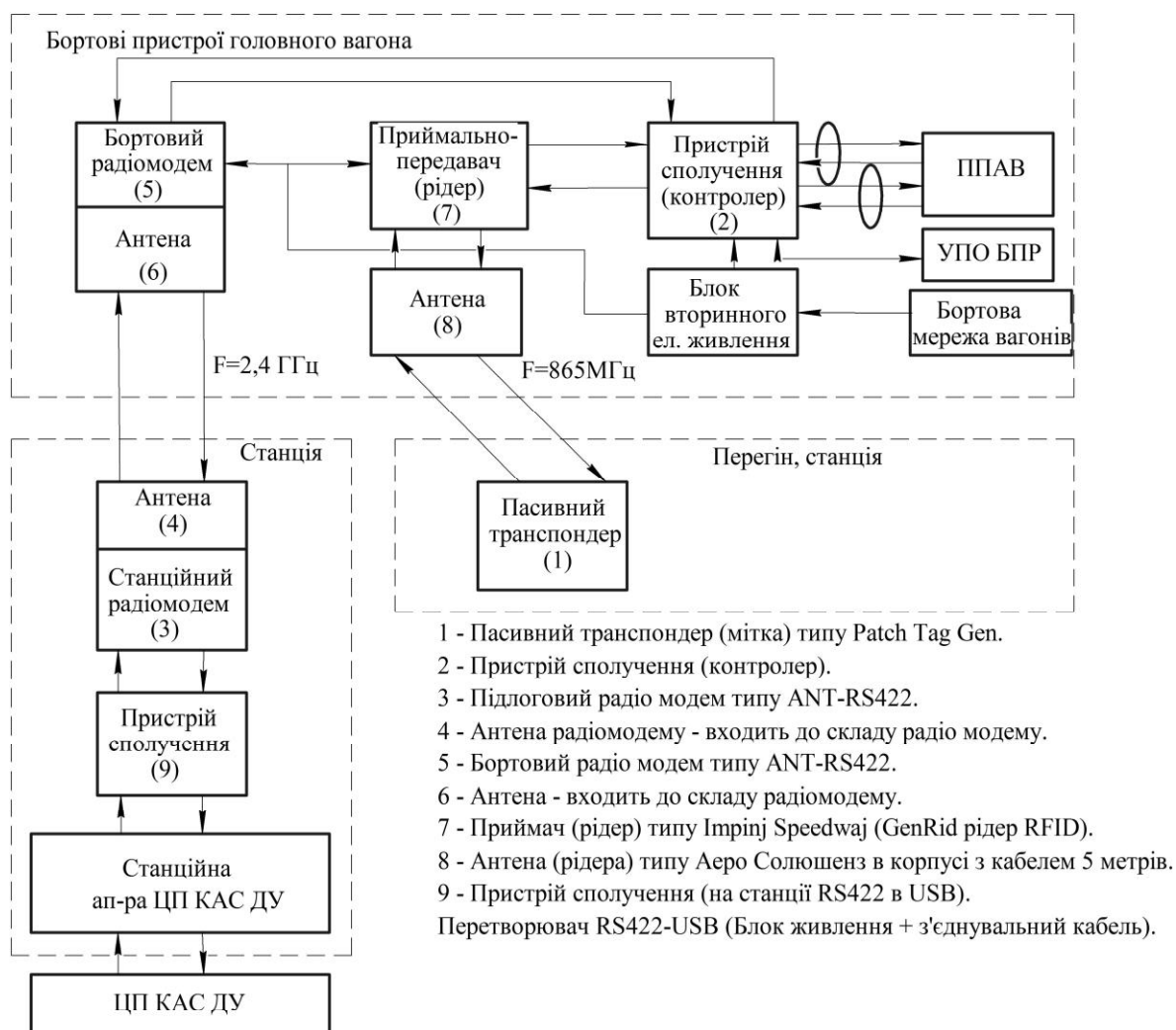


Рис. 2.3 Структурно-функціональна схема СБПШ

Для отримання інформації з радіоміток на борту головних вагонів поїздів є приймачі (рідери), що реалізують RFID - протокол.

Рідер знаходиться в циклічному режимі пошуку радіопозначки і за фактом її знаходження передає закодоване в ній повідомлення контролеру. При знаходженні рідера в зоні радіовидимості мітки цикл сеансу зв'язку складається з часу запиту, часу відповіді радіопозначки на цей запит і часу обробки контролером прийнятої від радіопозначки інформації. Для управління рідером, а також для обробки інформації, отриманої з радіопозначки, контролер формує передбачені алгоритмом команди і який реалізує інтерфейс зв'язку з бортовим обладнанням автоведення.

Жорстко запрограмована в мітках інформація забезпечує режим автоведення поїздів за усередненим графіком. Однак можливі ненавмисні відхилення від усередненого графіка, обумовлені затримками закриття дверей вагонів при висадці та посадці пасажирів і безліччю інших причин. Для корекції характеристик руху поїздів в цих випадках контролер має зв'язок з Центром автоматизованої системи управління рухом поїздів за допомогою радіомодемів.

Мітки, контролер, рідер з антеною, бортовий і станційний радіомодеми з антенами, елементи живлення, що утворюють систему безконтактної прив'язки до шляху виділені.

3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РУХОМ ПОЇЗДІВ НА БАЗІ RFID-ТЕХНОЛОГІЇ

3.1 Розробка алгоритму взаємодії вагонного контролера зі суміжними пристроями

Після того як на підставі вимог до СБПШ була складена структурно-функціональна схема системи і визначені місця установки транспондерів записується в них інформація, розроблений алгоритм роботи вагонного контролера при реєстрації радіоміток. Алгоритм взаємодії вагонного контролера із суміжними пристроями представлений на рисунку 3.1.

При підключенні живлення до пристроїв СБПШ і ППАВ остання автоматично запитує готовність вагонних пристроїв СБПШ. При відсутності відповіді від СБПШ пристрої ППАВ повинні формувати помилку СБПШ і запалювати на пульті машиніста лампу ЛКІ.

При русі поїзда на лінії пристрою ППАВ виконуються команди, жорстко запрограмовані в мітках (M), встановлених в заданих точках колії на перегонах і станціях і колійного розвитку тупиків. Швидкість передачі даних від рідера до мітки 100 Кбіт/с. Швидкість передачі даних від мітки до рідера до 640 Кбіт/с.

При виявленні рідером радіопозначки на панелі вагонного контролера відображається факт виявлення світлодіодним індикатором. При цьому незалежно від того, виявлена одна і та ж мітка або знайдена нова, індикація завжди буде відображати факт знаходження RFID-мітки в зоні антени рідера. При кожному виявленні радіопозначки вагонний контролер перевіряє, чи є знайдена радіопозначка міткою СБПШ.

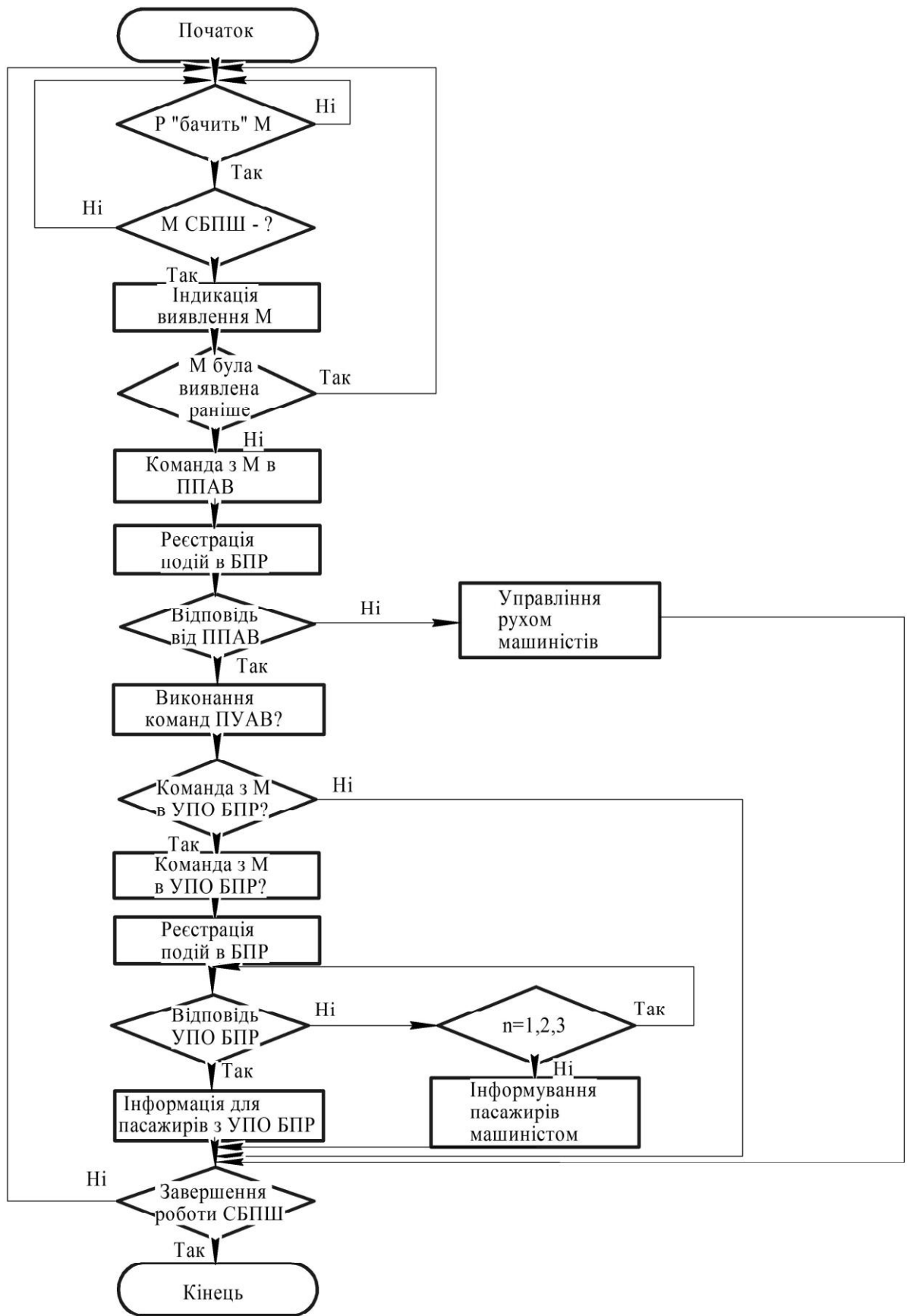


Рис. 3.1 Алгоритм взаємодії вагонного контролера зі суміжними пристроями

Перевірка проводиться за внутрішнім специфічним ідентифікатором, що робить її неповторною і не дає стороннім радіоміткам впливати на роботу СБПШ. Якщо виявлена мітка СБПШ, то вагонний контролер перевіряє, чи була вона раніше знайдена. Останнє пов'язано з тим, що в процесі виявлення міток відбувається циклічно повторюється опитування простору навколо радіоантени інформаційними послідовностями, тому одна і та ж мітка буде виявлятися багаторазово. Якщо мітка виявлена вперше, то перевіряється запрограмована в ній команда, і в залежності від типу команди вона транслюється в ППАВ і УПО БПР або тільки в ППАВ. Практично завжди з усіх міток дані відправляються в ППАВ, в УПО БПР завжди відправляються дані з СТ2, за винятком випадку, коли в мітці запрограмований ідентифікатор відкладеної команди. Це певний часовий параметр, що дозволяє відкласти виконання команди (відправити на ППАВ з затримкою). Даний параметр використовується для команд «ХІД» і «ОД». Для УПО БПР практично завжди відправляються тільки команди «СТ2». При відправленні керуючої команди до УПО БПР або ППАВ вагонний контролер перевіряє, чи надійшов у відповідь підтвердження про отримання цієї команди. і в залежності від типу команди вона транслюється в ППАВ і УПО БПР або тільки в ППАВ. Практично завжди з усіх міток дані відправляються в ППАВ, в УПО БПР завжди відправляються дані з СТ2, за винятком випадку, коли в мітці запрограмований ідентифікатор відкладеної команди. Це певний часовий параметр, що дозволяє відкласти виконання команди (відправити на ППАВ з затримкою). Даний параметр використовується для команд «ХІД» і «ОД». Для УПО БПР практично завжди відправляються тільки команди «СТ2». При відправленні керуючої команди до УПО БПР або ППАВ вагонний контролер перевіряє, чи надійшов у відповідь підтвердження про отримання цієї команди. і в залежності від типу команди вона транслюється в ППАВ і УПО БПР або тільки в ППАВ. Практично завжди з усіх міток дані відправляються в ППАВ, в УПО БПР завжди відправляються дані з СТ2, за винятком випадку, коли в мітці запрограмований ідентифікатор відкладеної команди. Це певний часовий параметр, що дозволяє відкласти

виконання команди (відправити на ППАВ з затримкою). Даний параметр використовується для команд «ХІД» і «ОД». Для УПО БПР практично завжди відправляються тільки команди «СТ2». При відправленні керуючої команди до УПО БПР або ППАВ вагонний контролер перевіряє, чи надійшов у відповідь підтвердження про отримання цієї команди. коли в мітці запрограмований ідентифікатор відкладеної команди. Це певний часовий параметр, що дозволяє відкласти виконання команди (відправити на ППАВ з затримкою). Даний параметр використовується для команд «ХІД» і «ОД». Для УПО БПР практично завжди відправляються тільки команди «СТ2». При відправленні керуючої команди до УПО БПР або ППАВ вагонний контролер перевіряє, чи надійшов у відповідь підтвердження про отримання цієї команди. коли в мітці запрограмований ідентифікатор відкладеної команди. Це певний часовий параметр, що дозволяє відкласти виконання команди (відправити на ППАВ з затримкою). Даний параметр використовується для команд «ХІД» і «ОД». Для УПО БПР практично завжди відправляються тільки команди «СТ2». При відправленні керуючої команди до УПО БПР або ППАВ вагонний контролер перевіряє, чи надійшов у відповідь підтвердження про отримання цієї команди. Наявність або відсутність відбувся інформаційного обміну між СБПШ і суміжними пристроями відображається за допомогою кольорової індикації на панелі вагонного контролера. Однак якщо відповідь надійшла, повторно повідомлення з командою, отриманої від мітки, посилатися не буде.

3.2 Розробка алгоритму роботи СБПШ на станції

Алгоритм роботи СБПШ на станції представлений на рисунку 3.2.

При прибутті поїзда на станцію і виявленні мітки СТ1 вагонний контролер (ВК) СБПШ передає на ППАВ команду «СТ1» і готує спеціальної командою радіомодем для початку роботи. При виявленні мітки СТ2 вагонний контролер передає на ППАВ команду «СТ2» і передає на УПО БПР команду з назвою (кодом) станції, а також за допомогою радіомодема встановлює зв'язок

зі станцією. У переданих на ППАВ командах «СТ1» і «СТ2» можуть міститися поправочні дані для виконання прицільного гальмування.

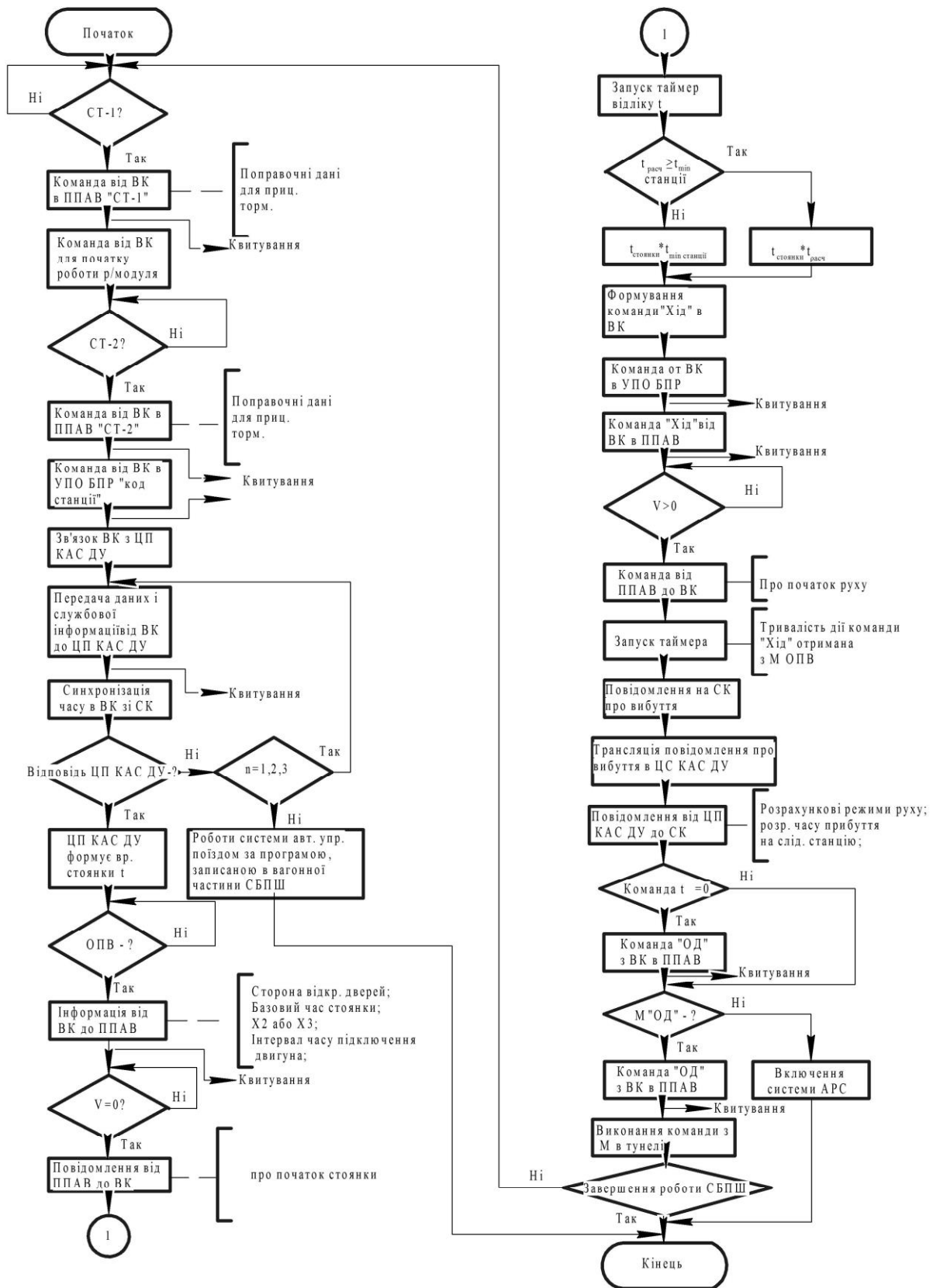


Рис. 3.2 Алгоритм роботи СБПШ на станції

Взаємодія систем СБПШ і ЦП КАС ДУ в межах станцій здійснюється за допомогою двох обмінів інформаційними повідомленнями:

- За фактом прибуття поїзда на станцію.
- За фактом відправлення поїзда зі станції.

Ініціатором інформаційних обмінів в обох випадках повинна бути система СБПШ. Час відповіді ЦП не повинно перевищувати 2-х секунд з моменту запиту СБПШ. Відсутність відповіді протягом 2-х секунд є ознакою відмови системи зв'язку між СБПШ і ЦП. В цьому випадку автоведення поїздом повинно здійснюватися за програмою, встановленої в Радіомітки, які розміщені на всіх станціях, перегонах і тупиках лінії.

При встановленні радіозв'язку між станційним модемом і модемом складу на відстані близько 15-20 м від зупинки головного вагона СБПШ повинен здійснювати 1-й запит до ЦП.

У відповідь на цей запит ЦП повинен послати значення єдиного часу, код платформи обороту, графіковий номер маршруту та поїзди і розрахунковий час відправлення зі станції.

При встановленні зв'язку зі станцією по радіоканалу вагонний контролер передає свої дані на ЦП КАС ДУ за допомогою станційного контролера (СК) СБПШ, синхронізує час в вагонному контролері зі станційним контролером, передає службову інформацію (номер маршруту, складу та ін.) І очікує повідомлення від ЦП КАС ДУ, яке транслюється через станційний контролер. За фактом встановлення зв'язку зі складом станційний контролер перемикає ланцюга управління програмованого пристрою індикації на свої керуючі ланцюги і очікує початку стоянки складу.

ЦП КАС ДУ при отриманні інформації про прибуття поїзда на станцію формує повідомлення про розрахунок часу відправлення зі станції. Це час приймається за основу для розрахунку часу стоянки поїзда.

При виявленні мітки ОПВ вагонний контролер передає на ППАВ керуючу інформацію, отриману від цієї мітки (сторона відкриття дверей, базове час стоянки, вид підключення двигунів при відправленні поїзда зі станції (X2 або

X3) і інтервал часу підключення двигунів), і починає чекати повідомлення від ППАВ про початок стоянки.

Як тільки вагонний контролер отримує повідомлення про початок стоянки, запускається таймер відліку часу стоянки, при цьому таймер вагонного контролера працює синхронно з таймером станційного контролера (по радіоканалу), керуючим УПО. Якщо час отруєння, отримане від ЦП КАС ДУ, виявиться менше часу, встановленого для даної станції (задається в настройках в станційному контролері), то склад буде стояти це встановлене для даної станції час (СБПШ не сформує команду на відправлення поїзда раніше).

Двері вагонів можуть закритися з деякою затримкою через втручання пасажирів. Поїзд може відправитися (за програмами X2 або X3, отриманим від ОПВ) теж з затримкою через втручання машиніста. У разі затримок поїзда по відношенню до планового графіку руху розрахунковий час відправлення зі станції повинно вибиратися виходячи з мінімального інтервалу часу стоянки для платформ всіх станцій.

За три секунди до видачі команди «ХІД» для ППАВ вагонний контролер формує команду в УПО БПР для включення голосового оповіщення пасажирів «Обережно двері зачиняються». Після закінчення цього часу вагонний контролер передає на ППАВ команду «ХІД». При цьому команда «ХІД» видається за 10 секунд до закінчення часу стоянки. Потім вагонний контролер чекає від ППАВ повідомлення про факт початку руху поїзда. При надходженні від ППАВ повідомлення про початок руху запускається таймер тривалості дії команди «ХІД» при вибутті зі станції, отриманої з мітки ОПВ.

У момент виходу поїзда із зони радіовидимості мітки ОПВ (приблизно через 1,5 м від точки початку руху поїзда - див. Малюнок 4.1.5) від бортової частини СБПШ через радіомодемний канал формується другий запит в сторону ЦПА про рекомендовані часи першого T1 і другого T2 включень двигунів поїзда і виборі режимів X2 або X3.

Отримавши розрахункові значення цих інтервалів часу першого T1 і другого T2 включень двигунів поїзда і вибрані (розрахункові) режими X2 або

X3, СБПШ спочатку включає таймер зі зворотнім відліком розрахункового часу T1 і одночасно формує команду для ППАВ про включення двигунів. Після відліку таймером розрахункового часу T1 бортова частина СБПШ формує команду для ППАВ про вимикання двигунів. Команда від мітки з функцією ОД працює вхолосту, якщо двигуни фактично відключилися.

Коли СБПШ зафіксує наступну за міткою ОД мітку X2 або X3, включаються тягові двигуни відповідно до отриманого від ЦП рекомендованим режимом. При цьому одночасно СБПШ включає таймер зі зворотнім відліком розрахункового часу T2. Після закінчення відліку часу T2 бортова частина СБПШ формує команду для ППАВ про вимикання двигунів.

У тому випадку, коли СБПШ не отримує інформації від ЦП КАС ДУ, управління часом стоянки і часом включеного стану двигунів поїзда здійснюється за даними, записаним в мітці ОПВ при відправленні поїзда зі станції і в мітці X2 (X3) при проходженні поїзда по перегону.

Алгоритм інформаційного обміну СБПШ зі станційними пристроями ЦП КАС ДУ повинен обов'язково використовувати протоколи з квітування (підтвердженням факту отримання інформаційного повідомлення).

3.3 Розробка структури та алгоритму функціонування системи управління рухом поїздів на базі RFID-технології

Складовою частиною системи управління рухом поїзда метрополітену на базі RFID-технології є розроблена в дисертаційній роботі СБПШ.

Структурна схема системи управління рухом електрорухомого складу в метрополітені на базі RFID-технології представлена на рисунку 3.3.

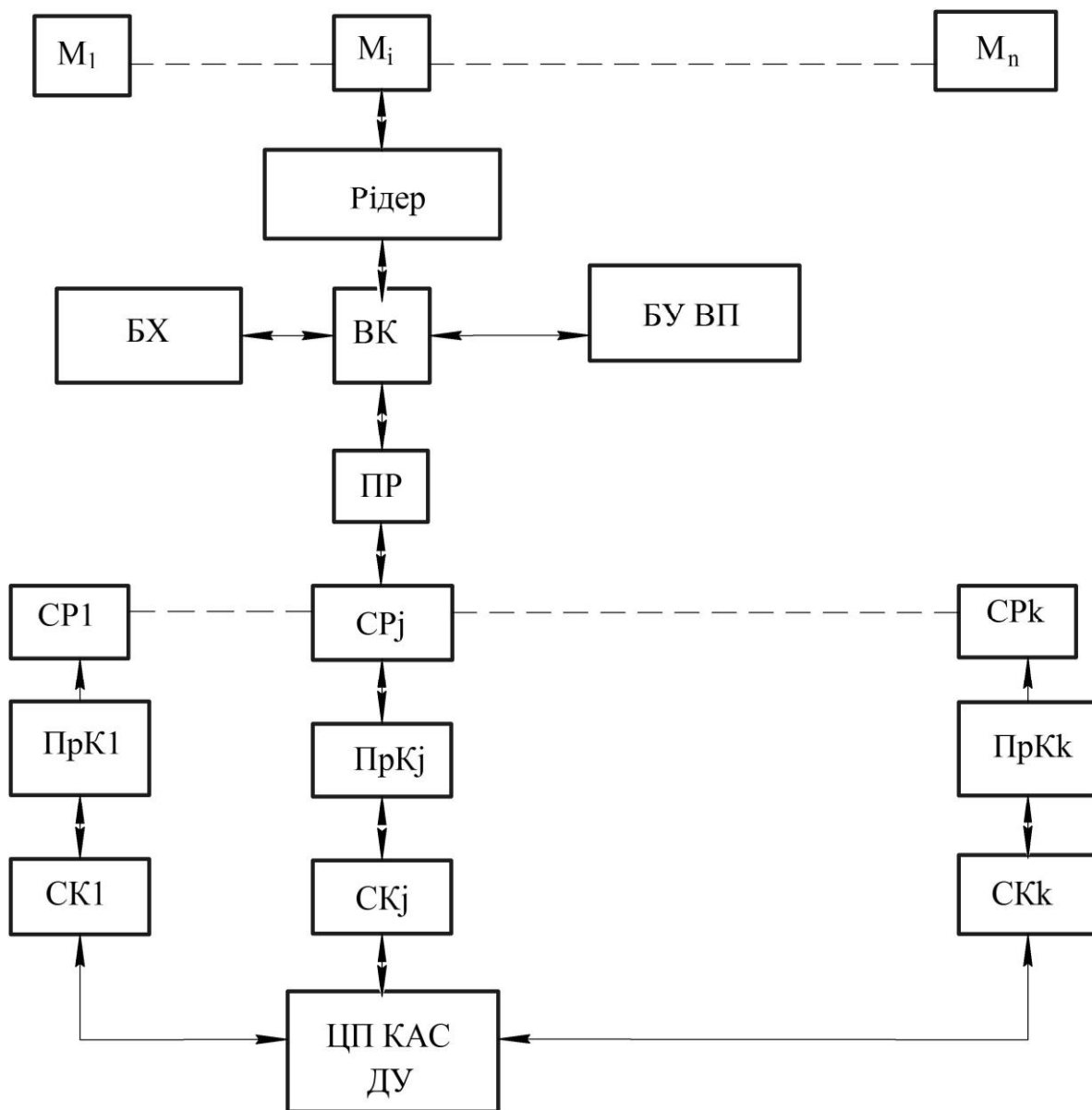


Рис. 3.3 Структурна схема системи управління рухом електрорухомого складу на базі RFID-технології

Станційні радіомодеми (СР) встановлюються в створі зі знаком «Зупинка першого вагона». Радіомітки і станційні радіомодеми закріплюються в розрахункових точках шляху на стінах тунелів і під платформами методом клейової технології.

Робота системи здійснюється наступним чином. При прибутті на станцію обороту з депо під керуванням машиніста в заданий час згідно розкладу в момент входження головного вагона поїзда в зону взаємної радіовидимості поїзного і станційного радіомодемів (ПР і СР), вагонний контролер (ВК)

надсилає запит диспетчерського центру (ЦП КАС ДУ) через провідний канал (ПРК) і станційний контролер (СК) на нитку графіка. У відповідь на цей запит диспетчерський центр передає в зворотному напрямку інформацію про нитці графіка руху даного поїзда з зазначенням розрахункового часу відправлення зі всіх станцій шляху його проходження, одночасно здійснюється синхронізація годин диспетчерського центру з годинником у вагонному контролері. Отримана про нитці графіка інформація запам'ятовується в блоці зберігання (БЗ).

Далі поїзд зупиняється машиністом в зоні радіопозначки ЗПВ (кабіна машиніста головного вагона повинна перебувати в створі зі знаком «Зупинка першого вагона») для посадки пасажирів. При входженні в зону радіовидимості мітки ОПВ приймач приймає записану в цій мітці інформацію про стороні відкриття дверей, часу відкритого їх стану для посадки пасажирів, режимі включення електродвигунів (Х2 або Х3) і часу їх включеного стану для розгону при відправленні поїзда з даної станції.

При повній зупинці поїзда (момент, коли швидкість стане рівною нулю, визначає блок управління виконавчими пристроями БУ ВП) вагонний контролер обчислює час відкритого стану дверей, порівнюючи отриману від радіопозначки ЗПВ інформацію з часом відправлення поїзда, заданим ниткою графіка. В результаті порівняння можливо кілька результатів.

Так, якщо закінчення інтервалу часу, отриманого від радіопозначки ЗПВ, збігається з часом відправлення поїзда, заданим ниткою графіка, то двері відкриваються на час, отриманий від радіопозначки ЗПВ. При цьому час відкритого стану дверей включає в себе процес їх відкриття і закриття (приблизно 2-3 с). Якщо закінчення інтервалу часу, отриманого від радіопозначки ЗПВ, відстає від часу відправлення поїзда, заданого ниткою графіка, то вагонний контролер збільшує час відкритого стану дверей на інтервал, рівний часу відставання. Якщо ж закінчення інтервалу часу, отриманого від радіопозначки ЗПВ, випереджає час відправлення поїзда, заданого ниткою графіка, то вагонний контролер зменшує час відкритого стану

дверей на інтервал, рівний часу випередження, але тільки до певної межі, що забезпечують вхід - вихід пасажирів.

Після закінчення розрахункового часу вагонний контролер видає блоку управління виконавчому пристрою команду на закриття дверей вагонів поїзда. Перевіривши, що всі двері фактично закрилися, блок управління (БУ ВП) виробляє сигнал вагонному контролеру. При отриманні цього сигналу вагонний контролер порівнює момент часу надходження сигналу з часом відправлення поїзда по нитці графіка (можлива затримка закриття дверей пасажирами). На підставі результатів порівняння вагонний контролер приймає рішення про режим включення двигунів (X2 або X3) і часу їх включеного стану для розгону поїзда і передає цю інформацію в БО ВП. Після закінчення розрахункового часу двигуни поїзда відключаються. Якщо з якихось причин сигнал на відключення двигунів не надійшов, що знаходиться в розрахунковій точці шляху радіопозначка ВД дасть додатковий сигнал на відключення, підвищуючи надійність операції «відключення двигунів».

Залежно від плану і профілю колії на перегоні можуть бути встановлені радіометки ТП (пригальмовування), що містять інформацію про ступінь і тривалість гальмування, радіомітки X2 або X3, що забезпечують повторне включення електродвигунів і час їх підключення, і радіопозначки ВД, що встановлюються на розрахунковому відстані від X2 або X3 для надійного відключення електродвигунів. При в'їзді поїзда на станцію встановлюється радіометка СТ1, що містить програму першого ступеня прицільного гальмування, а при наближенні поїзда до зони ЗПВ (приблизно за 13 м до ЗПВ) встановлюється радіопозначка СТ2, що містить програму другої ступені прицільного гальмування, яка забезпечує зупинку поїзда строго в заданій точці в створі зі знаком «Зупинка першого вагона». Зміст інформації радіоміток ВД, ТП, X2, X3, СТ1, СТ2 приймається на вагоні з допомогою приймача, декодується вагонним контролером і передається блоку управління на виконання, забезпечуючи автоматичне керування рухом поїзда від однієї станції до іншої. При цьому в разі потреби вагонний контролер має можливість

коригувати час включеного стану електродвигунів при повторних їх включеннях на перегоні з метою більш ефективного входження поїзда в нитку графіка.

Подальший рух поїзда від однієї станції до іншої здійснюється за викладеним вище алгоритмом.

По прибуттю на протилежну станцію обороту після виходу пасажирів поїзд повинен зайти в глухий кут. Рух в глухий кут здійснюється автоматично аналогічно руху від однієї станції до іншої (початок руху зі станції повністю збігається з початком руху з будь-якої станції), потім по радіомітці ВД, що відноситься до глухого кута, електродвигуни відключаються, далі прицільне гальмування аж до зупинки в заданій точці виконується по тупиковим радіоміткам СТ1 і СТ2. У глухому куті головний вагон стає хвостовим, а хвостовий - головним. Машиніст переходить в вагон, що став головним, і активує систему управління рухом. При цьому приймач головного вагона, перебуваючи в зоні радіовидимості меткі Х2 або Х3 (в залежності від протяжності шляхів тупика), отримує інформацію про необхідний режим тяги. Як тільки маневровий світлофор, що стоїть на виході їх тупика, відкриється на дозволяюче показання, машиніст дає згоду на рух натисканням кнопки, блок управління, маючи на вході від вагонного контролера прийнятий режим тяги, включає електродвигуни, і поїзд розганяється для виходу з глухого кута. Відключення електродвигунів виконується по команді радіопозначки ВД, встановленої на виході з глухого кута. Вихід поїзда на станцію і зупинка в заданому місці здійснюється по станційним радіоміткам СТ1 і СТ2, що забезпечує прицільне гальмування поїзда. Ще до повної зупинки поїзда в момент входження головного вагона поїзда в зону взаємної радіовидимості поїзної і станційної радіомодемів вагонний контролер знову посилає запит диспетчерського центру через провідний канал і станційний контролер наново нитку графіка. У відповідь на цей запит диспетчерський центр передає в зворотному напрямку інформацію про нитку графіка руху даного поїзда з зазначенням розрахункового часу відправлення зі всіх станцій шляху його слідування, одночасно знову здійснюється синхронізація часів диспетчерського

центру з годинником у вагонному контролері. Отримана про нитці графіка інформація також запам'ятовується в блоці зберігання. Далі цикл повторюється.

Якщо з якої-небудь причини завантаження нитки графіка на станції обороту не відбулася, автоматичне керування поїздом здійснюється за даними, написаним в радіомітці (час відкритого стану дверей, режим тяги Х2 або Х3, час включеного стану двигунів). При цьому відправлення поїзда зі станції обороту машиніст може коригувати за наявним у нього розкладом. Система дозволяє диспетчеру змінити нитку графіка в разі потреби не тільки на станціях обороту, а й на будь-якій з проміжних станцій, використовуючи описану вище радіомодемний зв'язок [32].

3.4 Розробка структури та алгоритму функціонування системи автоматичного контролю пробігу вагонів

На залізниці вельми актуальна задача точного обліку пробігу вагонів.

Для забезпечення високої точності контролю фактичного відстані пробігу вагонів пропонується використовувати спеціально розроблений оригінальний метод автоматичного калібрування заходи пройденого шляху [21].

Наявність достовірної оперативної інформації про пробіг при реалізації системи автоматичного контролю пробігу вагонів із застосуванням RFID-технології дозволяє поліпшити просування вагонопотоків, скоротити потребу в вагонах для перевезення, перейти на організацію їх ремонту за фактичним пробігу, істотно зменшити чисельність персоналу, що виконує операції, пов'язані з отриманням і обробкою інформації. Крім того, з'являється можливість відмовитися від нинішніх перевізних документів і перейти на безпаперову систему управління.

Структурна схема системи автоматичного контролю пробігу вагонів представлена на рисунку 3.4, на якій доповнення для автоматичного точного обліку відстані і часу пробігу вагонів виділені заливкою.

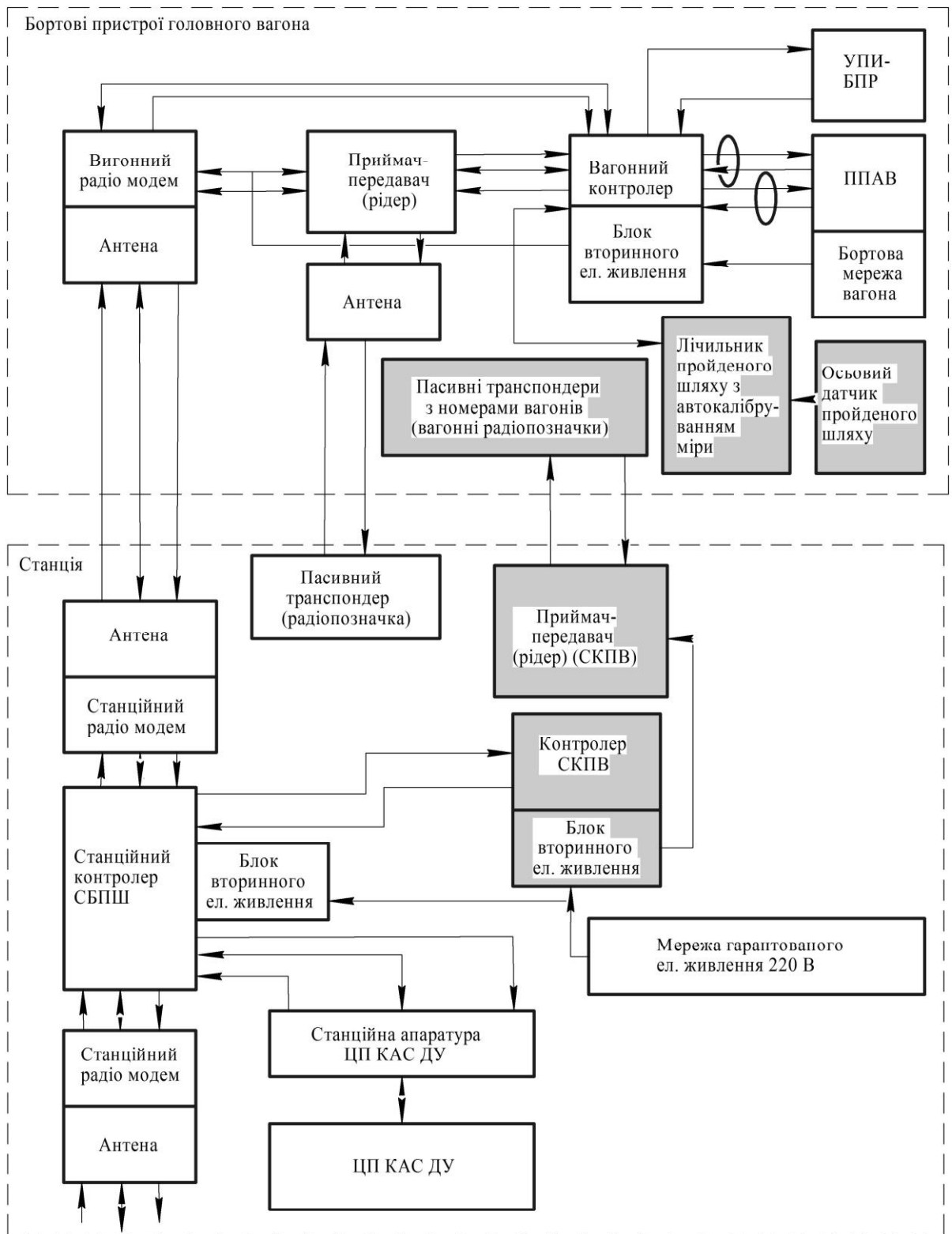


Рис. 3.4 Структурна схема системи автоматичного контролю пробігу вагонів

Основні функції пропонованої системи автоматичного контролю пробігу вагонів (СКПВ):

1. Забезпечення обліку фактичного відстані і часу пробігу вагонів, обладнаних засобами СКПВ.
2. Забезпечення оперативного подання користувачам результатів фактичної відстані і часу пробігу вагонів.
3. Забезпечення автоматичного уявлення попереджень користувачам залишкового ресурсу відстані і часу пробігу вагонів по заданим нормативам.

Алгоритм роботи системи автоматичного контролю пробігу вагонів представлений на рисунку 3.5 [23].

Поїзд з вагонами, оснащеними радіомітками, в пам'ять яких занесені номери цих вагонів, виходить з депо і на першій прилеглої до депо станції реєструє номери вагонів (а також при необхідності тип, конструктивні особливості, місце приписки і ін.) За допомогою станційних і вагонних пристроїв СБПШ на головному вагоні. З пікету, де встановлена мітка ОПВ, починається відлік як відстані, так і часу втечі всіх вагонів поїзда.

Далі протягом періоду часу до повернення поїзда в депо, система СКПВ накопичує дані про пробіг.

При необхідності поточні дані про пробіг можуть передаватися з поїзда в ЦП КАС ДУ зі станцій, обладнаних пристроями СБПШ, за умови доопрацювання протоколу інформаційного обміну.

При завершенні графікової роботи складу на лінії перед поверненням поїзда в депо на прилеглої до депо станції інформація про відправлення поїзда в депо надходить на головний вагон від ЦП КАС ДУ, і при отриманні цієї інформації головний вагон передає відомості про накопичений пробіг (часу і відстані) на станційний контролер СКВП в прив'язці до номерів вагонів, які були зареєстровані на цій станції при виході поїзда на лінію. При цьому після реєстрації станційним контролером інформації про пробіг в прив'язці до номерів вагонів вона передається в депо на АРМ ДДЕ, а на головному вагоні відбувається обнуління пробігу для нової реєстрації пробігу в наступній зміні.

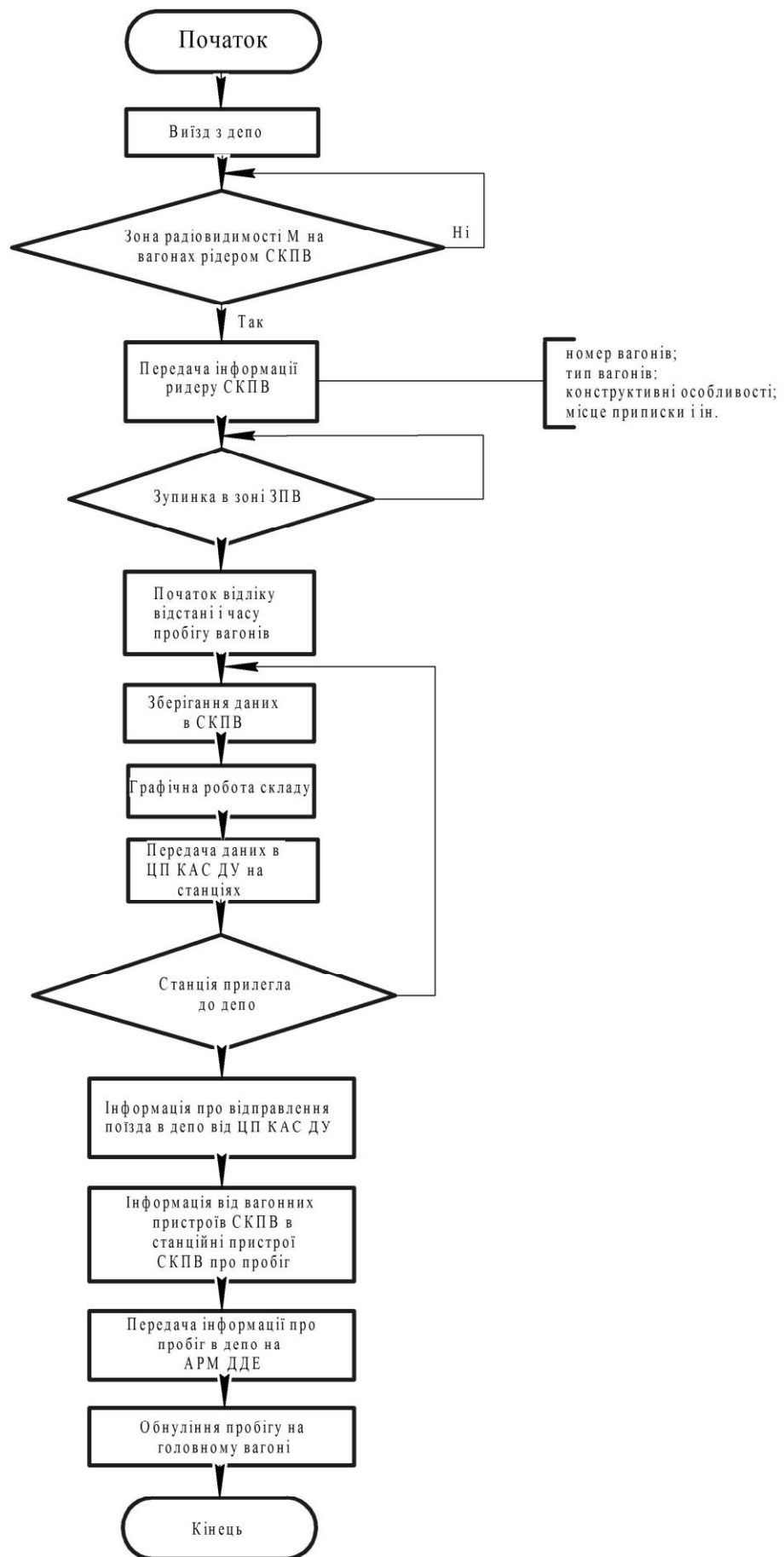


Рис. 3.5 Алгоритм роботи системи автоматичного контролю пробігу вагонів

Основні переваги запропонованого варіанту системи автоматичного контролю пробігу вагонів:

1. Система автоматичного контролю пробігу вагонів (СКПВ) є доповненням до існуючої системи СБПШ і виступає по відношенню до неї як підсистема.
2. Оскільки СКПВ інтегрується в існуючу систему СБПШ, вона використовує ресурси останньої, і тому максимально економічна.
3. Розвиток СБПШ в напрямку розширення функції контролю пробігу вагонів дозволяє уникнути появи різнотипних несумісних систем, що створюють труднощі для обслуговування і ремонту.
4. Дана пропозиція орієнтована на вітчизняного виробника, що використовує нові технології і однорідну елементну базу.
5. Елементна база і нові технології адаптовані до залізниці.

3.5 Розробка структури та алгоритму функціонування системи автоматичного контролю переміщення вагонів в депо

Для забезпечення автоматичного контролю переміщення вагонів пропонується над воротами з внутрішньої сторони депо встановити обладнання системи автоматичного контролю переміщення вагонів (САКПВ). До складу САКПВ входять: антена рідера, рідер, контролер рідера для кожного деповського шляху (можливе застосування одного контролера і одного рідера з двома антенами таким чином, щоб контролювати 2 шляхи).

Для установки обладнання САКПВ в якості одного з варіантів можна побудувати майданчик з настилом і огорожами для можливості зручного доступу до апаратури САКПВ обслуговуючого персоналу за допомогою постійних сходів. Інший, більш дешевий, варіант - закріпити обладнання в зоні воріт під стелею з доступом до нього за допомогою сучасних алюмінієвих секційних сходів.

Рухомий склад необхідно обладнати (вагони та інші рейкові рухомі одиниці) двома мітками, аналогічними використовуваним в СБПШ і розташовуються на рівні даху пасажирських вагонів для можливості визначення напрямку руху: з станції, на станцію (RFID - Станція) і орієнтації вагона (актуально для головних вагонів поїздів) (рисунок 3.6). Головні пасажирські вагони, оснащені СБПШ, дообладнані підсистемою контролю пробігу ПКП.

Пристрої САКПВ слід доповнити прийомними радіомодемне пристроями для передачі інформації з ПКП головного вагона про пробіг прибуття з лінії составу. САКПВ (надалі - «RFID - Станція») необхідно пов'язати з сервером АРМ ДДЕ.

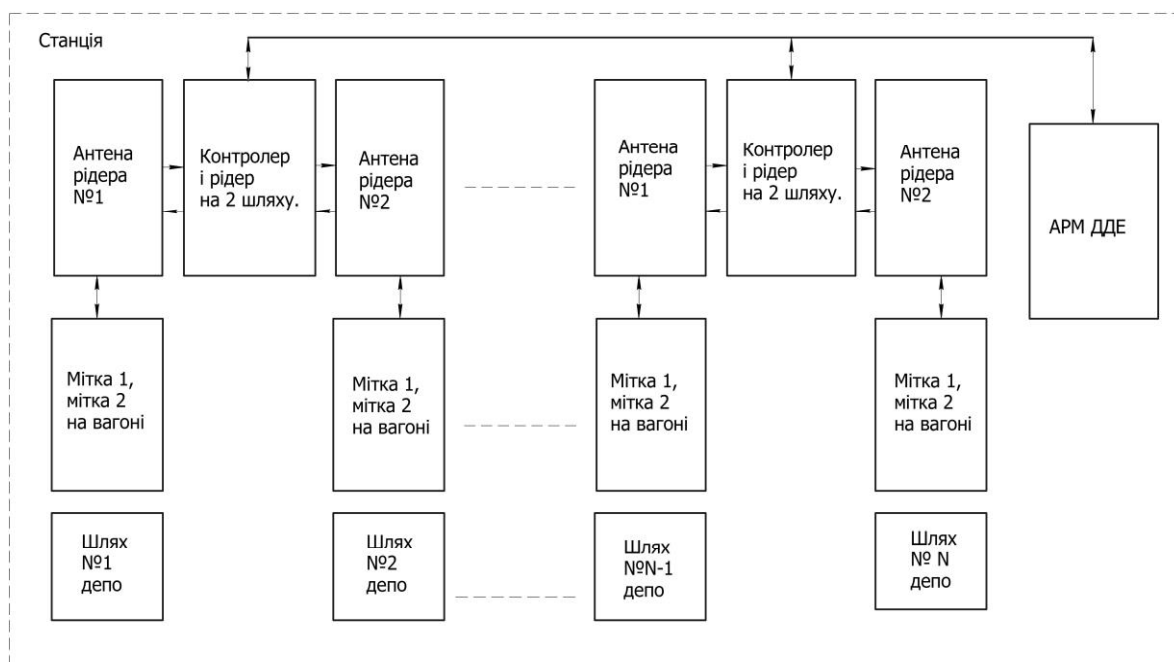


Рис. 3.6 Структурна схема підсистеми автоматичного контролю переміщення вагонів

Алгоритм роботи системи автоматичного контролю переміщення вагонів представлений на рисунку 3.7.

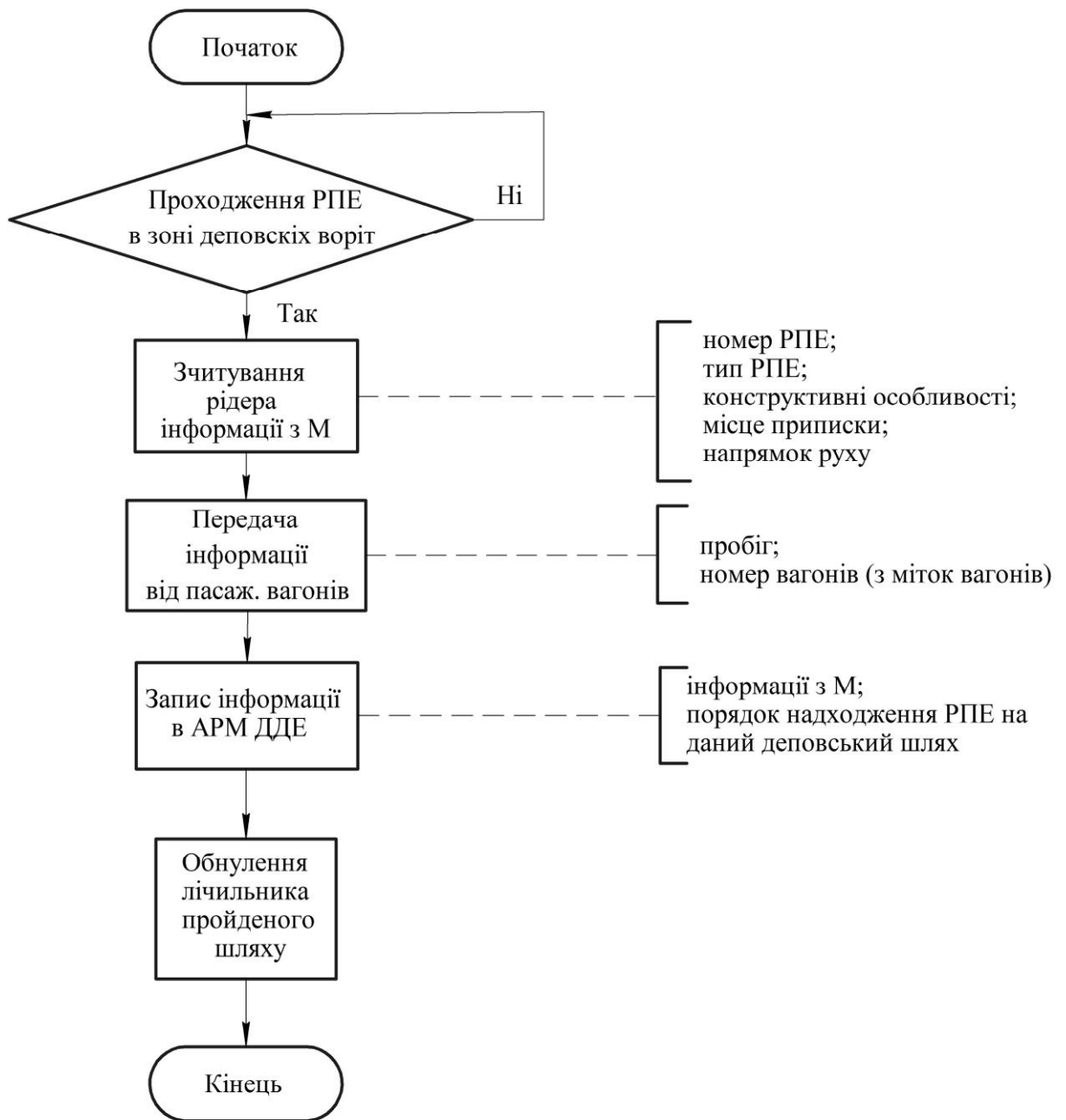


Рис. 3.7 Алгоритм роботи системи автоматичного контролю переміщення вагонів

Алгоритм роботи системи САКПВ наступний.

При переміщенні рейкової рухомої одиниці (РПЕ) в сторону депо при проходженні її під антеною рідера в зоні деповських воріт відбувається зчитування рідером інформації з міток, розташованих у верхній частині вагона, і визначається напрямок руху по черговості фіксації міток. При цьому в АРМ заноситься вся інформація про РПЕ, записана в мітці (номер; тип; конструктивні особливості, наприклад, орієнтація кабіни в головному вагоні;

місце приписки і ін.), і порядок надходження РПЕ на даний деповський шлях, дозволяючи заповнювати електронну дошку потрібної для оператора інформацією.

Якщо заходить в депо пасажирський поїзд, з головного вагона проводиться передача інформації про пробіг, після чого проводиться обнуління на вагоні лічильника пройденого шляху. Початком нового відліку пробігу буде вхід головного вагона в зону мітки ЗПВ на прилеглий до депо станції з автоматичним додаванням фіксованого відстані від місця стоянки поїзда в депо до мітки ОПВ. Номери вагонів, які були в складі поїзда, зчитуються з міток цих вагонів.

Під час маневрових переміщень РПЕ з виходом на колійний розвиток перед депо завдяки визначенню напрямку руху здійснюється реєстрація як вибули з конкретного деповського шляху РПЕ, так і прибулих на будь-який конкретний шлях цих РПЕ. Визначення орієнтації РПЕ задається послідовністю реєстрації двох міток, розташованих на РПЕ [27].

Переваги розроблених систем контролю руху поїздів депо на базі RFID-технології при вирішенні задачі прив'язки вагона-колієвимірювача до шляху полягають у наступному:

1. Інформація, що міститься в мітці координата дозволяє автоматично позиціонувати стан ВП на лінії, звідки б він не починав рух. Так, якщо рух починається по команді оператора (наприклад, натисканням фізичної або віртуальної кнопки), колісний датчик пройденого шляху (КДПШ) рахує число імпульсів до найближчої мітки, і обчислювальний комплекс ОК, отримавши координату, автоматично по числу імпульсів і величині міри визначає координату шляху, на якій була введена команда оператором.

2. Інформація, що міститься в мітці інформація про номер лінії, номер шляху на лінії, про найменування станції дозволяє автоматизувати прив'язку до цих об'єктів, полегшуючи роботу оператора, і при цьому знижує ймовірність помилок, які неминуче виникають при ручному введенні цих даних.

3. При переході ВП з однієї лінії на іншу ідентифікація "нової" лінії завдяки міток може здійснюватися автоматично, полегшуючи роботу оператора, і при цьому знижує ймовірність помилки, які неминуче виникають при ручному введенні даних "нової" лінії.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Основним напрямом державної політики в галузі охорони праці є забезпечення пріоритету збереження життя і здоров'я працівників. Ніякі виробничі показники не повинні ставитися вище, ніж забезпечення безпеки людини. Людина, потрапляючи в зону роботи залізничного транспорту, піддається підвищеної небезпеки механічного травматизму, електротравматизму, шкідливого впливу шуму, вібрацій, електромагнітних полів, негативних мікрокліматичних факторів, забрудненого атмосферного повітря та ін. Безпека працівника в умовах будь-якого сучасного виробництва забезпечується правової, соціально-економічної, організаційно-технічної, санітарно-гігієнічної, лікувально-профілактичної захистом.

Зараз у нашій країні проводиться розробка національних нормативних документів, спрямованих на охорону праці користувачів ПК. Найбільш повним нормативним документом щодо забезпечення охорони праці користувачів ПК є «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин» ДСанПІН 3.3.2.007-98.

У Правилах викладені гігієнічні й ергономічні вимоги до організації робочих приміщень та робочих місць, параметрів робочого середовища. Правилами забороняється затверджувати нормативну і технічну документацію на нові ВДТ, постачання їх у виробництво, продаж і використання у виробничих умовах, а також закупівля їх і ввезення в Україну без:

- гігієнічної оцінки їх безпеки для здоров'я людини;
- узгодження нормативної і технічної документації на ці види продукції з органами Держсанепідемслужби і Держкомохоронпраці України.

Відповідальність за виконання цих Правил покладається на посадових осіб, фізичних осіб, які займаються підприємницькою діяльністю і здійснюють

розробку, виробництво, закупівлю, реалізацію й застосування ЕОМ та ПЕОМ в адміністративних і промислових приміщеннях.

Державний санітарний нагляд за дотриманням цих Правил покладається на органи і установи санітарно-епідеміологічного профілю Міністерства охорони здоров'я України, відповідні установи, організації, частини й підрозділи Міністерства оборони України, Міністерства внутрішніх справ України, Державного комітету у справах охорони державного кордону України, Національної гвардії України, Служби безпеки України (ст. 31 Закону України "Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення").

Об'ємно-планувальні рішення будівель та приміщень для роботи з ВДТ мають відповідати вимогам ДСанПІН 3.3.2.007-98.

Розміщення робочих місць з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ у підвальних приміщеннях, на цокольних поверхах заборонено.

Площа на одне робоче місце становить не менше ніж 6,0 м², а об'єм - не менше ніж 20,0 м³.

Приміщення для роботи з ВДТ повинні мати природне та штучне освітлення. Природне освітлення має здійснюватись через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природньої освітленості (КПО) не нижче, ніж 1,5%.

Виробничі приміщення повинні обладнуватись шафами для зберігання документів, магнітних дисків, полицями, стелажми, тумбами тощо, з урахуванням вимог до площі приміщень.

У приміщеннях з ВДТ слід щоденно робити вологе прибирання. Приміщення з ВДТ мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги. При приміщеннях з ВДТ мають бути обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження.

У виробничих приміщеннях на робочих місцях з ВДТ мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря (ГОСТ 12.1.005-88, СН 4088-86)

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі приміщень з ВДТ мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам N 2152-80.

Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями, обладнаними ВДТ має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення. У виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях, у разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення).

Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500 лк. Якщо це неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати бликів на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300 лк.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних ВДТ, мають відповідати вимогам СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-83, ГР 2411-81.

Значення напруженості електростатичного поля на робочих місцях з ВДТ мають не перевищувати гранично допустимих за ГОСТ 12.1.045-84, СН 1757-77. Значення напруженості електромагнітних полів на робочих місцях з ВДТ мають відповідати нормативним значенням (ГДР N 3206-85, ГДР N 4131-86, СН N 5802-91, ГОСТ 12.1.006-84) (табл. 4).

Інтенсивність потоків інфрачервоного випромінювання має не перевищувати допустимих значень, відповідно до СН 4088-86, ГОСТ 12.1.005-88.

Інтенсивність потоків ультрафіолетового випромінювання не повинна перевищувати допустимих значень, відповідно до СН 4557-88.

При розміщенні робочих столів з ВДТ слід дотримуватись таких відстаней: між бічними поверхнями ВДТ - 1,2 м; від тильної поверхні одного ВДТ до екрана іншого - 2,5 м.

Заходи, щодо поліпшення умов праці

Для зменшення небезпечних і шкідливих факторів на робочому місці слід дотримуватися наступних вимог:

1. Площа на одне робоче місце становить не менше ніж 6,0 м², а об'єм - не менше ніж 20,0 м³.

2. Коефіцієнт природньої освітленості (КПО) не нижче, ніж 1,5%.

3. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500 лк.

4. Іонізуючі випромінювання на відстані 0,05 м від екрана до корпусу відеотерміналу при будь-яких положеннях регулювальних пристроїв не повинні перевищувати $7,74 \times 10^{-12}$ А/кг, що відповідає еквівалентній дозі 0,1 мбер/год.

5. При розміщенні робочих столів з ВДТ слід дотримуватись відстаней: між бічними поверхами ВДТ - 1,2 м; від тильної поверхні одного ВДТ до екрана іншого - 2,5 м.

6. Екран ВДТ має розташовуватися на відстані 600...700 мм від очей користувача.

7. Розташування екрана ВДТ має забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом $+30^\circ$ до нормальної лінії погляду працюючого.

8. Клавіатуру слід розташовувати на поверхні столу на відстані 100...300 мм від краю, звернутого до працюючого.

Дослідження та проектування робочих місць операторів диспетчерського пункту по антропометричним характеристикам

Одними з ергономічних показників є антропометричні і біологічні показники, що характеризують відповідність знарядь праці розмірами, формою і масі тіла людини, напрямку рухів, величиною зусиль і т.п.

Проектування та розрахунки розмірів робочих місць операторів робляться в такій послідовності:

а) вимірюються основні антропометричні параметри даного оператора і оцінюється ступінь гармонійності його розвитку в порівнянні зі стандартними даними;

б) розраховуються основні елементи робочого місця оператора відповідно до вимог ергономічних стандартів.

Для розрахунку розмірів робочого місця оператора вимірюються 9 основних параметрів. Для вимірювань беремо 3х чоловік. Вимірювані параметри в положенні «стоячи» та «сидячи» показані на рис. 4.1.

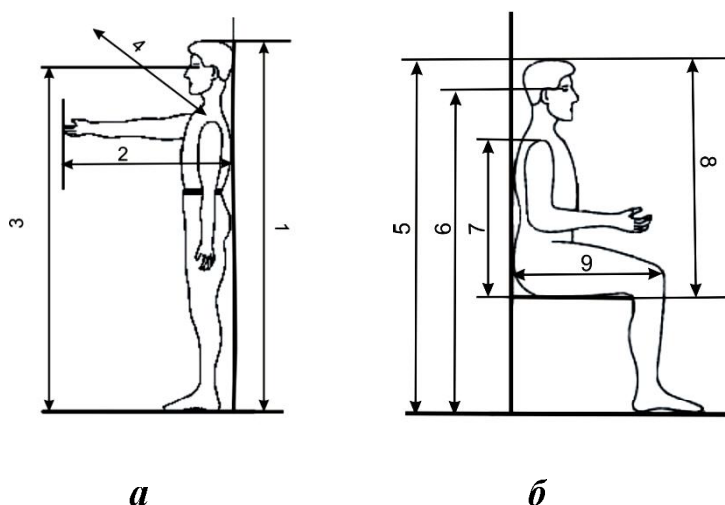


Рис. 4.1 Вимірювання в положенні *а* – «стоячи», *б* – «сидячи»

Оцінка фактичних вимірів окремого оператора виконується по їх відношенню до стандарту за методом «сигмальних» відхилень:

$$S_i = \frac{\bar{x}_i - x_{cm}}{|\sigma|}, \quad (4.1)$$

де \bar{x}_i – величина і-го параметра досліджуваного оператора;

x_{cm} – середні величини вимірюваних параметрів (задані в табл. 4.1);

σ – середньоквадратичне відхилення даної стандартної величини параметра (табл. 4.1).

Шкала оцінок:

1) $S_i = \{+1 \dots -1\}$ – параметр відповідає стандарту;

2) $S_i = \{+1... +2\}$ и $\{+2... +3\}$ – параметр перевищує стандарт «сильно» и «очень сильно»;

3) $S_i = \{-1... -2\}$ и $\{-2... -3\}$ – параметр менше стандарту «значно» і «дуже значно».

Таблиця 4.1

Дослідження вимірювань особистих величин антропометричних параметрів операторів

№	Параметри (см)	Величини		Відхилення $\pm S$	Величини		Відхилення $\pm S$	Величини		Відхилення $\pm S$
		Фактичні	Стандартні		Фактичні	Стандартні		Фактичні	Стандартні	
		1			2			3		
1	Зріст стоячи	160,5	156,7 \pm 5,7	+0,67	165	156,7 \pm 5,7	+1,45	175	167,8 \pm 5,8	+1,24
2	Розмах руки	148	155,4 \pm 8,4	-0,88	165	155,4 \pm 8,4	+1,14	172	169 \pm 8,8	+0,34
3	Довжина руки	73	59,3 \pm 3,1	+4,42	73	59,3 \pm 3,1	+4,41	79	64,2 \pm 3,3	+4,48
4	Зріст сидячи	83,5	84,1 \pm 3	-0,2	89	84,1 \pm 3	+1,63	92	88,7 \pm 3,1	+1,06
5	Висота очей над плоскістю сидіння	74	72,5 \pm 2,8	+0,54	72	72,5 \pm 2,8	-0,17	80	76,9 \pm 3	+1,03
6	Сила правої кисти	14	33 \pm 6,3	-3,01	20	33 \pm 6,3	-2,78	36	49 \pm 3,1	-4,2
7	Сила лівої кисти	10	37 \pm 6,1	-4,43	10	37 \pm 6,1	-3,65	31	46 \pm 3,2	-4,6
8	Довжина гомілки	44	46,7 \pm 2,4	-1,12	44	46,7 \pm 2,4	-1,125	52	50,6 \pm 2,4	+0,58
9	Вага тіла	56	57 \pm 5,5	-0,18	53	57 \pm 5,5	-0,72	80	68 \pm 4,5	+2,67

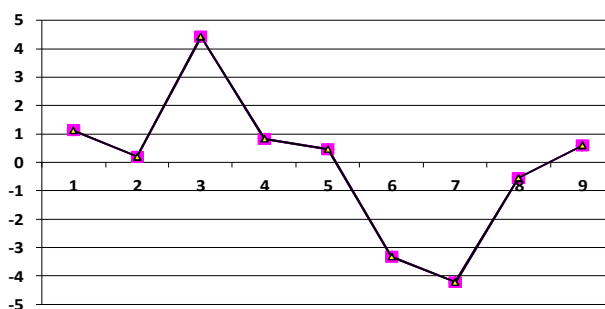


Рис. 4.2 Середній профіль фізичної гармонії розрахований по показникам 3 операторів

Висновки з оцінки антропометричних параметрів операторів

Результати оцінки наводяться за 3 рівнями:

1. Розвинуто «дуже гармонійно», якщо немає відхилення по параметрам.
2. Розвинуто «гармонійно» - відхилення по одному параметру.
3. Розвинуто «негармонійно» - відхилення двох і більше параметрів.

В результаті розрахунків робимо висновок, що за антропометричними параметрами дані оператори розвинені негармонійно

При проектуванні робочих місць враховуються особливості професії, вид діяльності, положення працюючого (робоча поза) і т.д.

1. Визначається висота очей над рівнем сидіння h_r , в позі сидячи (рис. 1.4, табл. 1.2; параметр «б»). Для цього визначається довжина гомілки $h_{п}$, в позі сидячи, нога перпендикулярна підлозі, завмер проводиться від п'яти до підколінної чашечки.

$$AK = AD + DK = h_r + h_{п} \quad (4.2)$$

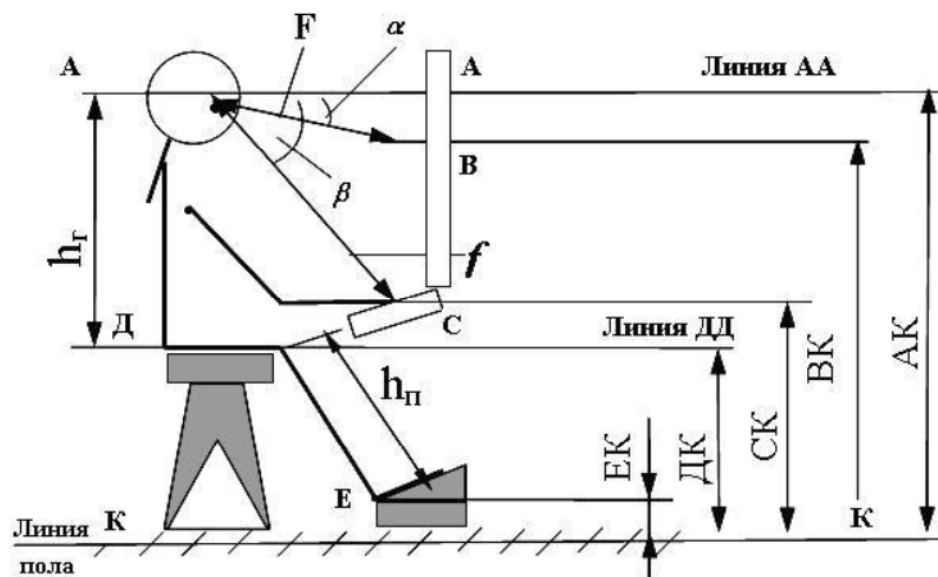


Рис. 4.3 Основні параметри робочого місця оператора

AK и BK – параметри оператора; BK – висота екрана над підлогою; СК, ДК, ЕК – висота пульта управління над підлогою, площини сидіння і підставки для ніг

2. Визначається висота центру пульта управління над рівнем підлоги:

$$BK = AK - AB, \quad (4.3)$$

де AB – розташування центру пульта щодо лінії очей, приймається за стандартом: $AB = F \cdot \sin \alpha = 60 \cdot \sin 18^\circ = 18,5 \text{ см}$.

3. Визначається висота розташування пульта управління над рівнем підлоги:

$$CK = AK - AC, \quad (4.4)$$

де AC – розташування клавіатури щодо лінії очей, приймається за стандартом: $AC = f \cdot \sin \beta = 70 \cdot \sin 38^\circ = 43,4 \text{ см}$.

4. Визначається висота підставки для ніг EK :

$$EK = DK - h_{\text{п.}} \quad (4.5)$$

Основне завдання ергономічних розрахунків параметрів робочого місця зводиться до встановлення такого розташування екрану, пульта управління, площини сидіння і підставки для ніг, щоб забезпечити:

- 1) дистанцію ясного бачення ($F = 60 \text{ см}$);
- 2) дистанцію периферичного огляду ($f = 70 \text{ см}$);
- 3) кут огляду робочого об'єкта ($\alpha = 18^\circ$);
- 4) кут периферійного огляду ($\beta = 38^\circ$).

Висновки по робочому місцю оператора

Розрахункові параметри робочого місця:

1. Висота очей під рівнем сидіння $AK_1 = 118$; $AK_2 = 116$; $AK_3 = 132$;
2. Висота пульта управління $BK_1 = 99,5$; $BK_2 = 97,5$; $BK_3 = 113,5$;
3. Висота пульта $CK_1 = 74,6$; $CK_2 = 72,6$; $CK_3 = 88,6$;
4. Висота площині сидіння $DK_1 = 44$; $DK_2 = 44$; $DK_3 = 52$;
5. Висота підставки для ніг $EK_1 = 0$; $EK_2 = 0$; $EK_3 = 0$;

4.2. Методи і засоби гасіння пожеж на транспорті

Припинення горіння (гасіння пожежі) може здійснюватися кількома способами.

Метод охолодження заснований на видаленні тепла з поверхні горючої речовини, коли температура в зоні горіння нижче температури займання.

Метод ізоляції надходження кисню повітря в зону горіння за допомогою ізоляції вогнегасящими речовинами (хімічної піною, порошком, піском та ін.)

Метод розбавлення кількості кисню повітря менше 14% за обсягом, за рахунок введення в повітря інертних газів або парів.

Метод хімічного гальмування за рахунок введення в зону горіння голоїдно-похідних речовин (фреону, бромистого метилу або етилу тощо), які в зоні полум'я розпадаються і з'єднуються з горючими речовинами, в результаті припиняється виділення тепла і горіння припиняється. В якості засобів гасіння пожеж застосовують воду, хімічну піну, інертні гази, пісок і землю, а також щільні пожежостійкі тканини.

Вода найбільш поширене вогнегасних засобів, що має малу в'язкість, легко потрапляє в щілини і пори, тим самим дозволяє швидко охолоджувати і гасити вогнище горіння, а виділяються пари перешкоджають доступу кисню. За допомогою потужної струменя можна збити полум'я на підході близько до вогнища горіння на висоті і на відстані до 80 м. Не можна застосувати воду для гасіння електроустановок знаходяться під напругою.

Засоби хімічного пожежогасіння у вигляді вуглекислоти, запобігають доступ кисню до палаючих речовин, знижують температуру горіння і гасять полум'я. Хімічне піна утворюється в результаті взаємодії лужного і кислотного розчину з водою в пінопроводі, де утворюється розрідження і змішування кислотної і лужної частини, а в результаті хімічної реакції утворюється піна, яку направляють на осередок горіння.

Інертні гази (азот, аргон тощо), а також димові гази, забезпечують зниження концентрації кисню в закритих приміщеннях за рахунок витіснення

повітря і збільшення вмісту цих газів до 35% від загального обсягу, тим самим горіння припиняється.

Сухі хімічні речовини у вигляді порошку з двовуглекислої соди, використовуються для гасіння починається горіння твердих та рідких горючих речовин, які не можна гасити водою (магній, калій, титан та ін) При горінні сода розкладається, виділяються вуглекислий газ, який ізолює зону горіння від кисню, повітря.

Гасіння піском, землею або спеціальним покривалом з брезенту, азбесту та ін застосовується для гасіння невеликих вогнищ горіння шляхом ізоляції зони горіння від кисню повітря.

На транспорті застосовується різні засоби пожежогасіння вигляді первинних засобів пожежогасіння, автоматичних вогнегасних установок, автонасосів, автоцистерн і пожежних поїздів.

До первинних засобів пожежогасіння відносяться ручні та пересувні вогнегасники, відра, лопати, мішки з піском і ін Вони застосовуються для гасіння невеликих загорянь в початковій стадії пожежі до прибуття пожежної команди. Кожен транспортний засіб, а також підрозділи, споруди на станції, в депо, цеху, на рухомому складі і т.д. повинні бути оснащені протипожежними засобами пожежогасіння відповідно до норм, встановлених на транспорті.

Вогнегасники в залежності від використовуваного вогнегасного засоби поділяються на: хімічні пінні (ОХП), вуглекислотні (ОУ), повітряно-пінні (ОВП), порошкові (ОП) та ін

Висновок

У розділі «охорона праці» проведено аналіз антропометричних показників, необхідних для проектування і розрахунків розмірів робочих місць операторів диспетчерського пункту. В результаті розрахунків отримали наступні результати:

1. Висота очей під рівнем сидіння $AK_1 = 118$; $AK_2 = 116$; $AK_3 = 132$;
2. Висота пульта управління $BK_1 = 99,5$; $BK_2 = 97,5$; $BK_3 = 113,5$;

3. Висота пульта СК₁ =74,6 ; СК₂ =72,6; СК₃ =88,6;
4. Висота площині сидіння ДК₁ =44 ; ДК₂ =44 ; ДК₃ =52 ;
5. Висота підставки для ніг ЕК₁ =0 ; ЕК₂ =0 ; ЕК₃ =0 ;

Таким чином антропометричні параметри різні. Для нормального робочого процесу необхідно універсальне робоче місце. Однією з пропозицій про удосконалення робочого місця є установка регульованого сидіння, відсуваються екран.

Для безпеки працівників у разі виникнення пожежі необхідно встановити пожежну сигналізацію, організувати ознайомлення працівників з правилами пожежної безпеки, у спеціально відведених місцях встановлення вогнегасників.

4.3. Безпека у надзвичайних ситуаціях

Безпека у надзвичайних ситуаціях – це стан захищеності населення, об'єктів економіки та довкілля від небезпеки у надзвичайних ситуаціях.

Надзвичайна ситуація техногенного та природного характеру – порушення нормальних умов життя і діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом або іншою небезпечною подією, в тому числі епідемією, епізоотією, епіфітотією, пожежею, яке призвело (може призвести) до неможливості проживання населення на території чи об'єкті, ведення там господарської діяльності, загибелі людей та/або значних матеріальних втрат.

Захист населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій – це система організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів, які здійснюються центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підпорядкованими їм силами і засобами, підприємствами, установами та організаціями незалежно від форми власності, добровільними рятувальними формуваннями, що забезпечують виконання цих заходів з метою запобігання та

ліквідації надзвичайних ситуацій, які загрожують життю та здоров'ю людей, завдають матеріальних збитків у мирний час і в особливий період.

Прийняті за останні роки Верховною Радою України закони: «Правові засади цивільного захисту» (3.12.2009), «Про Цивільну оборону України» (1999 р.), «Про захист людини від впливу іонізуючих випромінювань» (1998 р.), «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру» (2000 р.) чітко визначили призначення і завдання Цивільної оборони України, відповідальність виконавчої влади всіх рівнів щодо захисту життя і здоров'я людини від наслідків надзвичайних ситуацій, державну важливість цієї проблеми.

Організація безпеки і захисту населення України, об'єктів економіки і національного надбання держави повинна розглядатися як невід'ємна частина державного будівництва, як найважливіша функція центральних органів виконавчої влади, місцевих державних адміністрацій і виконавчих органів влади.

Рівень національної безпеки не може бути достатнім, якщо у загальнодержавному масштабі не буде вирішене завдання захисту населення, об'єктів економіки і національного надбання від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру.

Тема. Визначення стійкості промислового обладнання у надзвичайних ситуаціях до дії ударної хвилі при вибуху газоповітряної суміші.

Вихідні дані:

Ємність з вуглеводневим газом $Q=5$ т;

Козловий кран віддалений від можливої точки вибуху на відстань $r=220$ м;

Площа козлового крану $S=100$ м²;

Маса козлового крану $m=100000$ кг;

Коефіцієнт аеродинамічного опору $C_x=1,2$;

Коефіцієнт тертя $f=0,05$ (значення коефіцієнтів за табл.1.4.);

Плече сили ваги $a=10$ м;

Плече сили, що зміщує $h=20$ м;

Визначити :

1. Можливість зсуву, перекидання козлового крану при дії ударної хвилі вибуху газоповітряної суміші.

Розрахунки

1. Визначаємо радіус зони детонаційної хвилі за формулою:

$$r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q} = 17,5 \cdot \sqrt[3]{5} = 29,93 \text{ (м)}$$

2. Визначаємо радіус зони дії продуктивності вибуху за формулою:

$$r_{II} = 1,7 \cdot r_1 = 1,7 \cdot 29,93 = 50,86 \text{ (м)}$$

3. Визначаємо положення козлового крану в зонах вогнища вибуху шляхом порівняння відстані від ємності з газом з радіусами зон (рис.12.2.1.). Оскільки $r > r_1$ і $r > r_{II}$, робимо висновок ,що козловий кран знаходиться в зоні дії повітряної ударної хвилі r_{III} (III зона).

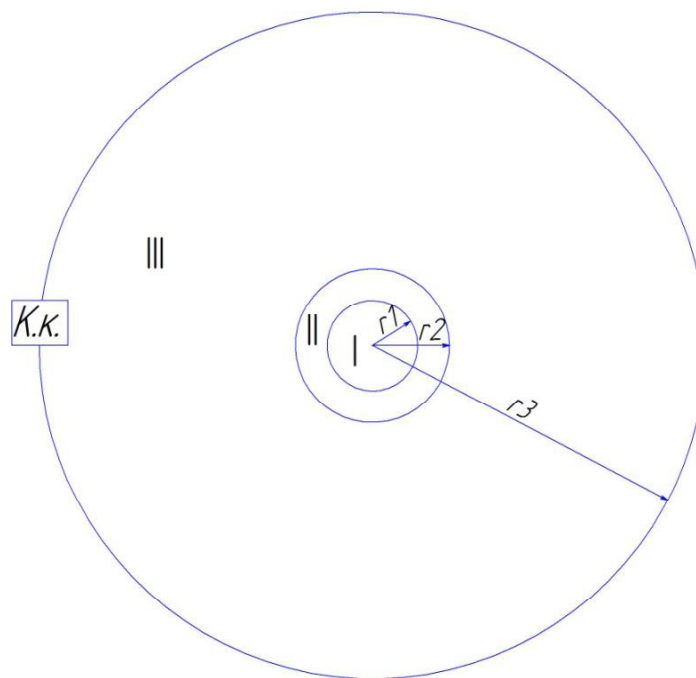


Рис.4.4 Розташування козлового крану у вогнищі вибуху газоповітряної суміші:

I-зона детонаційної хвилі з радіусом r_1 ;

II- зона дії продуктів вибуху з радіусом r_{II} ;

III- зона повітряної ударної хвилі з радіусом r_{III} .

4. Визначаємо відносну величину Ψ за формулою:

$$\Psi = 0,24 \cdot \frac{r_{III}}{r_I} = 0,24 \cdot \frac{220}{29,93} = 1,76 \quad (4.6)$$

5. Визначаємо надлишковий тиск повітряної ударної хвилі для III зони при $\Psi=1,76$ за формулою:

$$\Delta P_{III} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29,8 \cdot \Psi^3} - 1)} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29,8 \cdot 1,76^3} - 1)} = 19,81 \text{ (кПа)}. \quad (4.7)$$

6. Визначаємо тиск швидкісного напору за формулою:

$$\Delta P_{СК} = \frac{2,5 \cdot \Delta P_{III}^2}{\Delta P_{III} + 700} = \frac{2,5 \cdot 19,81^2}{19,81 + 700} = 1,36 \text{ (кПа)}. \quad (4.8)$$

7. Визначаємо силу, що зміщує козловий кран за формулою:

$$P_{см} = C_x \cdot S_{max} \cdot \Delta P_{СК} = 1,2 \cdot 100 \cdot 1,36 = 163,2 \text{ (кН)}, \quad (4.9)$$

де $P_{см}$ – сила, що зміщує, кН;

C_x – коефіцієнт аеродинамічного опору, в наведеному прикладі козловий кран має форму піраміда усічена, отже для піраміда усічена $C_x=1,2$;

S_{max} – максимальна площа козлового крану, м².

8. Визначаємо силу тертя за формулою (для незакріпленого козлового крану):

$$F_{тр} = m \cdot g \cdot f = 100000 \cdot 9,8 \cdot 0,05 = 49 \text{ (кН)}, \quad (4.10)$$

де $F_{тр}$ – сила тертя, кН;

m – маса козловий кран, за вихідними даними $m=100000$ (кг);

f – коефіцієнт тертя, прийmemo що козловий кран металевий і встановлена на металеву основу рейку, тоді для тертя кочення сталевого колеса по рейці коефіцієнт знаходиться в діапазоні 0,05.

g – прискорення вільного падіння, $g=9,8$ (м/с²).

9. Визначаємо можливість зсуву козлового крану, для чого повинна виконуватись умова:

$$P_{cm} > F_{тр}$$

$$P_{cm}=163,2 \text{ (кН)} > F_{тр}=49 \text{ (кН)}, \text{ тобто умова виконується.}$$

10. Робимо висновок про стійкість козлового крану до зсуву. Козловий кран при очікуваному надлишковому тиску $\Delta P_{III}=19,81$ (кПа) – зміщується.

11. Визначаємо максимальну величину швидкісного напору, при якому зсув ще не відбудеться за формулою:

$$\Delta P_{CK_{max}} = \frac{m \cdot g \cdot f}{S_{max} \cdot C_x} = \frac{100000 \cdot 9,8 \cdot 0,05}{100 \cdot 1,2} = 0,41 \text{ (кПа)} \quad (4.11)$$

12. Визначаємо максимальний надлишковий тиск, при якому зсув ще не відбудеться за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta P_{III_{max}} &= 16,73 \cdot \sqrt{\Delta P_{CK_{max}}} = 16,73 \cdot \sqrt{0,41} = 16,73 \cdot 0,64 = \\ &= 10,71 \text{ (кПа)}. \end{aligned} \quad (4.12)$$

13. Результати оцінки стійкості козлового крану до зсуву ударною хвилею зводимо в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Результати оцінки стійкості козлового крану до зсуву

Елемент об'єкту	Характеристика елемента	Сила, що зміщує, P_{cm} (кН)	Сила тертя, $F_{тр}$ (кН)	$\Delta P_{III_{max}}$ (кПа)
Козловий кран	$m=100000$ (кг) $S_{max}=100$ (м ²) $C_x=1,2$ $f=0,05$	163,2	4,9	10,71

ВИСНОВКИ

1. Зроблено аналітичний огляд систем автоматичного управління і контролю руху поїздів, на підставі якого зроблено висновок о доцільності вдосконалення цих систем на базі RFID-технології та виконано обґрунтований вибір елементної бази для умов депо.

2. На базі RFID-технології розроблена система безконтактної прив'язки до шляху СБПШ, яка є частиною системи управління рухом поїздів.

3. Розроблено структуру і алгоритм роботи системи управління рухом поїздів депо на базі RFID-технології, дозволила підвищити ефективність цієї системи за рахунок зниження витрат, підвищення надійності системи, розширення функціональних можливостей.

4. Розроблено структури і алгоритми роботи систем контролю руху поїздів депо з використанням елементної бази RFID-технології, що дозволила підвищити ефективність цих систем за рахунок зниження витрат, підвищення надійності і якості контролю, створені перспективи розвитку системи інтервального регулювання поїздів, можливість відмови від рейкових кіл.

5. Впровадження розроблених рекомендацій дозволить в депо ввести в постійну експлуатацію систему автоведення поїздів, засновану на використанні RFID-технології, які основані на зазначеному в кваліфікаційній роботі магістра алгоритмі.

6. З урахуванням позитивних результатів дослідної експлуатації системи автоведення запропоновано оснащення всіх депо RFID-мітками, які передбачається використовувати не тільки для вирішення завдань автоведення, але і для прив'язки до шляху діагностичних вагонів, а в перспективі - для реалізації координатного методу інтервального регулювання руху поїздів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. M.Dominguez, A.P.Cucala, A. Fernandez, R.R. Pecharroman, J. Blanguer WCCR Lille, 9th World Congress on Railway Research, May 22-26, 2001 // Energy efficiency on train control: design of metro ATO driving and impact of energy accumulation devices. С. 1-12.
2. Rail.Insider. Новітні системи відстеження вагонів та вантажів на залізниці. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.railinsider.com.ua/novitni-systemy-vidstezhennya-vagoniv-ta-vantazhiv-na-zaliznytsi>.
3. Мямлін, С. В. Визначення параметрів експлуатаційної надійності вантажних вагонів у системі технічного обслуговування та ремонту [Текст] / С. В. Мямлін, Л. А. Мурадян, Д. М. Барановський // Залізничний транспорт України. – 2015. – № 4. – С. 12-17.
4. Ключев С.О. Аналіз методів ідентифікації залізничного рухомого складу / С.О. Ключев // Вісник СХУ ім. В. Даля. – Северодонецьк: СХУ ім. В. Даля. – 2017. – Вип. № 3 (233). – С.85–89.
5. Esposito, V. Maintenance and repair of rolling stock [Text] / V. Esposito, S. Nocchia // Welding Institute. – 2008. – Vol.22. No.9. – P. 627-634.
6. Kliuiev S., Medvediev Ie., Khalipova N. (2020) Study of railway traffic safety based on the railway track condition monitoring system. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 985, 012012. doi:10.1088/1757-899X/985/1/012012.
7. Iwnicki S.D. The Manchester Benchmarks for Rail Vehicle Simulation. Department of Mechanical Engineering, Manchester Metropolitan University, England, Supplement to Vehicle System Dynamics. Vol. 31. ISSN 0042-3114. Swets & Zeitlinger 1999.
8. Boronenko Y.P., Tretyakov A.V., Lescitchy V.S., Orlova A.M. Modeling the Dynamics of Russian Railroad Vehicles with MEDYNA.

9. Safety of Railroad Passenger Vehicle Dynamics. Final Summary Report. U.S. Department of Transportation, Federal Railroad Administration. 2002. С. 53.
10. Про затвердження Концепції створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів в Україні: Постанова Кабінету Міністрів України від 3 серпня 1997 р. № 821 // www.rada.kiev.ua
11. Програма створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів в Україні: Постанова Кабінету Міністрів України від 20 березня 1998 р. № 346 // Урядовий кур'єр. – 1998. – 9 квіт.
12. Про Комплексну програму утвердження України як транзитної держави у 2002 – 2010 роках: Закон України від 7 лютого 2002 р. № 3022-III // Офіційний вісник України. – 2002. – № 10. – Ст. 442.
13. Україна: поступ у ХХІ сторіччя. Стратегія економічної та соціальної політики на 2000 – 2004 роки: Послання Президента України до Верховної Ради України. 2000 рік // Голос України. – 2000. – 2 лют.
14. Закон України «Про транзит вантажів» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1172-14#text>
15. Залізничний транспорт України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Залізничний_транспорт_України
16. CENELEC EN 50129: Railway Application - Safety-related Electronic Systems for Signaling. 2000. Применения на железнодорожном транспорте Электронные системы железнодорожного управления и защиты, связанные с безопасностью.
17. DBAG: Information about critical requirements for locomotives in European approval-procedures. 2009.-17 S.
18. Аналіз стану безпеки руху на залізницях України у 2021 році. – 122 с.
19. Кірпа Г.М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему: моногр. / Г.М. Кірпа. – Д.: ДНУЗТ, 2003. – 267 с.

20. Кірпа Г.М. Залізничі світу у ХХІ столітті: моногр. / За заг. ред. Г.М. Кірпи. – Д.: ДНУЗТ, 2004. – 224 с.
21. Правила технічної експлуатації залізниць України. - К: Транспорт України, 1995.
22. Визначення основних понять галузі міжнародного транзиту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://visnyk.academy.gov.ua/wpcontent/uploads/2013/11/2010-2-15.pdf>
23. Комчатних О. В. Транзитний потенціал України: сучасний стан та перспективи розвитку / О. В. Комчатних, Н. О. Редько // Економіка та управління на транспорті. – 2016. – Вип. 3. – С. 148–153.
24. Правове регулювання транспортних коридорів в Європейському Союзі та в Україні / За заг. ред. к.е.н. В. Г. Дідика – К., державний департамент з адаптації законодавства, 2007. – 244 с.
25. Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>
26. Залізничний інформаційний портал [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://info.uz.ua/articles/koridori-transportnikh-mozhlivostey>
27. Офіційний сайт філії «ЦТЛ» Укрзалізниці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uz-cargo.com/common.html>