

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

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр

галузі знань 27 – «Транспорт»
спеціальності 273 Залізничний транспорт/ Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті

на тему: «Підвищення достовірності ідентифікації рухомого складу на сортувальних станціях залізничного транспорту»

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІБЗТ-22зм
Совенко Е.В.



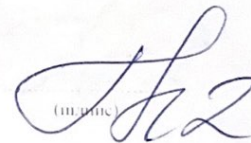
(п.п.мс)

Керівник: доц. Сорока С.І.



(п.п.мс)

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



(п.п.мс)

Київ – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ	5
1.1. Параметри ідентифікації рухомих одиниць	5
1.2. Визначення номерів вагонів.....	5
1.3. Визначення статичних характеристик рухомих одиниць	16
2. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ І ОСНОСТІ РУХОМИХ ОДИНИЦЬ	22
2.1. Аналіз типів вагонів і локомотивів залізничного рухомого складу колії 1520 мм	22
2.2. Ідентифікації рухомих одиниць з використанням однієї контрольної точки	26
2.3. Ідентифікації рухомих одиниць з використанням двох контрольних точок.....	40
2.4. Імітаційне моделювання процесу визначення помилки ідентифікації рухомих одиниць	48
3. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОКРЕМИХ РУХОМИХ ОДИНИЦЬ І ПОЇЗДА В ЦІЛОМУ	52
3.1. Аналіз можливих і допустимих похибок положення міжосьових відстаней рухомих одиниць	52
3.2. Визначення типу рухомих одиниць по міжосьовій відстані	55
3.3. Імовірнісний підхід ідентифікації поїзда з використанням ТГНЛ	59
3.4. Імітаційна модель ідентифікації поїзда з використанням ТГНЛ.....	67
ВИСНОВКИ	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	73

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Проблема ідентифікації рухомого складу на залізницях, як поїздів в цілому, так і вагонів окремо, найбільш актуальна сьогодні в нашій країні і за кордоном. Підвищення точності визначення різних параметрів, що характеризують рухомий склад, призведе до безпосереднього поліпшення якості управління вагонопотоками. А це в свою чергу відобразиться на зменшенні собівартості вантажоперевезень, збільшенні раціональності використання вагонів, звільненні людських ресурсів, підвищенні безпеки руху на залізницях і т.д. Хоча на сьогоднішній день існує безліч різних пропозицій вирішення тієї або іншої задачі ідентифікації - не можна сказати, що це питання є закритим.

На сортувальних станціях, які представляють собою складні техніко-інформаційні структури, відстеження рухомих одиниць ведеться постійно, в будь-який момент часу необхідно точно знати про їхнє місцезнаходження.

Різні інформаційно-керуючі системи на сортувальних станціях, виконуючи технологічні операції на сортувальних станціях, також гостро потребують інформації про об'єкти управління. При цьому підвищення достовірності інформації, автоматичний збір і обробка сигналів підвищують пропускну здатність станції за рахунок виграшу в часі при виконанні певних технологічних операцій, що піддаються автоматизації.

Мета і завдання дослідження. Мета - підвищення надійності, ефективності та якості інформаційно-керуючих систем на сортувальній станції на основі удосконалення методів ідентифікації рухомих одиниць.

Для досягнення поставленої мети необхідне вирішення наступних завдань: -аналіз існуючих методів визначення номерів рухомих одиниць, статичних та динамічних характеристик руху рухомих одиниць; -дослідження, аналіз і видача рекомендацій підвищення точності існуючих і запропонованих методів визначення типу рухомих одиниць, по засобу визначення міжосьових відстаней; розробка, вдосконалення методів ідентифікації поїздів.

Об'єкт - Процеси технологічної обробки рухомих одиниць на сортувальних станціях і прилеглих до них залізничних коліях.

Предмет – Моделі і методи ідентифікації рухомих одиниць залізничного транспорту на сортувальних станціях

Методи виконання роботи. Імітаційне моделювання, математичне моделювання, теорія ймовірності і математична статистика; метод планування експерименту.

Наукова новизна отриманих результатів.

- попередньо провівши дослідження факторів, що впливають на похибку визначення міжосьових відстаней рухомих одиниць, була виведена функціональна залежність похибки визначення міжосьових відстаней від помилки фіксації колеса датчиком, відстані між датчиками; - удосконалена математична модель процесу і процедура визначення кількості і осності рухомих одиниць на контрольній ділянці, яка розширює можливості використання методу ідентифікації, враховуючи похибки датчика і рух рухомих одиниць з прискоренням.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати дозволяють: - контролювати правильність розчеплення відцепів на сортувальних гірках в системах автоматизації сортувального процесу; - автоматизувати введення інформації про поїзди, що надходять на сортувальну станцію; - обчислювати граничну похибку визначення міжосьових відстаней на заданій контрольній ділянці, а також, виходячи з допустимих значень похибки, сформулювати необхідні параметри контрольної ділянки.

Публікації. Відповідно до теми дипломної роботи опубліковані наукові публікації у фахових виданнях України, результати роботи представлені на науковій студентській конференції.

Структура і об'єм роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел з 124 найменувань на 10 сторінках. Загальний об'єм кваліфікаційної роботи магістра складає 87 стор. Робота включає 20 рисунків та 6 таблиць по тексту.

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ

1.1. Параметри ідентифікації рухомих одиниць

Ідентифікація рухомих одиниць може містити в собі визначення різних характеристик, таких як кількість осей, кількість вагонів, їх осності, тип, номенклатурні номери вагонів, динамічні характеристики руху і т.д. Під рухомий одиницею тут і далі будемо мати на увазі вагон, локомотив, або відчеплення, в залежності від розглянутого завдання. Ступінь ідентифікації залежить від деякого набору даних, необхідних на даному технологічному ділянці або для даної системи автоматизації. Так, в парках прибуття і відправлення необхідна інформація про номенклатурних номерах вагонів, на сортувальній гірці - про кількість і осності вагонів в відчепі і т.д.

На сьогоднішній день види ідентифікації можна розбити на три основні групи (рис.1.1):

- визначення номенклатурних номерів рухомих одиниць;
- визначення статичних характеристик рухомих одиниць;
- визначення динамічних характеристик рухомих одиниць.

Для кожної з цих груп характерні конкретні завдання і способи ідентифікації рухомих одиниць.

1.2 Визначення номерів вагонів

Визначення номерів рухомих одиниць, найчастіше номерів вагонів, в даний час прогресивно використовуються на залізницях. Ці системи більш інформативні з точки зору отримання інформації про рухомі одиницях. За вказаним номером можна буде визначити як деякі статичні характеристики, так і здійснити автоматичне ведення номенклатурно-облікової інформації про пересування транспортних засобів на залізниці, що практично повністю

вирішує ряд завдань в області автоматизації управління вагонопотоками. Однак, незважаючи на очевидні переваги і безліч технічних пропозицій, проблема зчитування в повному обсязі (розробка, виробництво, впровадження та експлуатація подібних систем) так і не була вирішена в нашій країні.

Технологічні причини пов'язані з рівнем розвитку мереж передачі даних і можливістю взаємодії з пристроями зчитування [1]. В основному такі системи впроваджуються в економічно розвинених країнах світу.



Рис. 1.1 - Огляд методів ідентифікації рухомих одиниць

Економічні причини зводяться до того, що навіть при дуже низькій вартості підлогового і бортового обладнання початкові вкладення, настільки великі, що ні державні, ні приватні інвестори не бажають ризикувати.

Технічно такі системи, а саме способи знімання інформації з рухомої одиниці, реалізовані з використанням різних методів (див. Рис. 1.1):

- хвильової, мікрохвильової метод (радіохвилі, хвилі надвисоких частот);
- метод нанесення магнітних міток (магнітне поле наноситься на металеві частини рухомих одиниць, наприклад на колеса);
- оптичний метод (тілі, фотокамери, з подальшим розпізнаванням образів відеозображення);
- індуктивний метод (використовується індуктивний зв'язок між зчитувальних пристроїв і датчиком);
- акустичний метод (знімання інформації з датчика здійснюється за допомогою ультразвуку);
- радіоактивний метод (використовуються датчики з радіоактивним випромінюванням).

Системи автоматичного зчитування інформації з рухомих одиниць можуть бути використані в системах управління рухом поїздів і визначення місцезнаходження рухомого складу. Ці системи передбачають установку на кожній рухомій одиниці, відповідного методу передачі інформації, маркера і спеціального обладнання уздовж залізничної колії, що зчитує з маркера інформацію в процесі руху рухомої одиниці і передає його в систему зберігання і обробки даних. Таким чином, можливе отримання інформації про місцезнаходження будь-рухомої одиниці по всій залізничній мережі країни з точністю до місця розташування останнього пункту зчитування.

До будь-яких систем автоматичного зчитування інформації пред'являють три головні вимоги [2]:

- низький рівень невиявлених помилок (не більше 10⁻⁶). На передачу

сигналів між маркером і зчитувальних пристроїв не повинні впливати такі умови зовнішнього середовища, як дощ, сніг, забруднення або електромагнітні перешкоди. Система повинна бути нечутлива до механічних збурень і працювати при температурі зовнішнього середовища від -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$;

- висока швидкість зчитування інформації для багаторазового зчитування з маркера при максимально допустимих швидкостях руху, в тому числі з урахуванням зміни напрямку руху. Потім ці дані перевіряються і порівнюються для підтвердження точності зчитування маркера;

- сумісність з усіма існуючими пристроями і мінімальне поточне обслуговування.

При цьому системи автоматичної ідентифікації рухомих одиниць дозволяють вирішувати такі технічні, технологічні та економічні завдання [1]:

- автоматизація зняття інформації з борту рухомого складу або транспортного засобу в обумовленому місці і з конкретного об'єкта;

- забезпечення необхідної достовірності одержуваних даних без додаткових витрат на верифікацію і контроль;

- формування та передача отриманих даних в необхідній формі по каналах зв'язку для подальшого використання в автоматизованих інформаційних системах;

- забезпечення надійності функціонування в будь-яких кліматичних умовах без додаткових витрат на адаптацію;

- забезпечення контролю та обліку переміщення транспортних засобів і рухомого складу між зумовленими районами, ділянками транспортного підприємства, різними видами транспорту, під'їзними шляхами вантажовласника і магістральним транспортом;

- стеження за транспортними об'єктами та розміщеними на них вантажами на виділених ділянках, направлених в реальному масштабі часу;

- організація обліку переходу транспортних об'єктів на прикордонних пунктах залізничних станцій, морських і річкових портах в міжнародному

сполученні;

- автоматизація пошуку транспортного об'єкта на території терміналу, складу, причалу;

- зниження витрат, пов'язаних зі зніманням інформації з борту транспортного засобу і рухомого складу (праця оператора, обладнання пункту зчитування, усунення помилок);

- виключення витрат в автоматизованих інформаційних системах на організацію контролю, верифікацію, виправлення помилок при отриманні даних про об'єкти транспорту безпосередньо від оператора;

- зниження витрат, пов'язаних з втратою вантажу, роз'єднанням вантажу від документа, втратою транспортного засобу, розкраданням вантажу і т.д.

Впровадження подібних систем на залізничному транспорті почалося в кінці 60-х років ХХ століття. Перші з них мали ряд істотних недоліків, які перешкоджали їх ефективному використанню в автоматизації технологічних процесів на дорогах. Однак останні досягнення в області науки і техніки дозволяють створювати нові, більш досконалі і перешкодозахищеність системи ідентифікації рухомого складу.

Оптичні пристрої.

Оптичні системи визначення номера рухомої одиниці були розроблені одними з перших в своєму роді. Ці системи можна розділити на дві категорії:

- системи, побудовані на основі комплексу телевізійних камер [2-10];
- системи, що використовують спеціальні датчики, що встановлюються на рухомі одиниці і пристрої зчитування інформації з цих датчиків [2, 6, 8-11].

У системах, використовують телекамери, інформація записується на магнітні стрічки або диски під час руху поїзда з досить великою швидкістю. Потім на відеомагнітофоні відбувається відтворення запису зі зниженою швидкістю (аж до зупинки). Це дозволяє оператору розглянути номер рухомої

одиниці і занести його в пам'ять ЕОМ або на інший носій інформації. Номер може бути виведений і на екран дисплея.

Спочатку застосування таких систем було обмежено через необхідність використання підлогових освітлювальних установок і змазування зображення при русі зі швидкостями більше 24 км / год. Досягнення техніки дозволили спростити ці проблеми і створити кілька промислових систем. Завдяки останнім розробкам в області комп'ютерної техніки і програмного забезпечення з'явилася можливість автоматично розпізнавати номер рухомої одиниці, використовуючи програмні продукти розпізнавання образів, тобто можливість створення повністю автоматизованої системи, яка потребує втручання людини. Труднощі експлуатації такої системи викликані необхідністю частої профілактики телекамер, чищення об'єктивів, малої достовірністю даних через забруднення номерів рухомого складу, складністю фокусування, освітлення, погодними умовами (сніг, туман, дощ і т.д.) і ін.

Подібні системи були впроваджені в різних країнах світу: система фірми «Video Masters Inc» (США), телевізійно-цифровий комплекс зчитування номерів вагонів (ст. Ярославль-Головний, Росія) та ін.

Найбільшого поширення за кордоном отримало зчитування інформації з використанням оптичного відображення. У таких системах можливо як одноразове, так і багаторазове зчитування номерів, що дозволяє автоматично виправити помилково прийняті сигнали і підвищити достовірність лічених даних. У цих системах застосовується спеціальний датчик, прикріплений до бічної поверхні рухомої одиниці, що представляє сукупність чорно-білих або кольорових смуг. Комбінація цих смуг забезпечує кодування номера рухомої одиниці. При підході поїзда до пункту зчитування відбувається опромінення датчика ультрафіолетовим випромінюванням. Відбиті промені від кодових смуг датчика надходять в спеціальний приймач, де відбувається посилення і дешифрування сигналу. Більшість подібних систем використовують кольорові смуги,

До подібних систем можна віднести оптичну систему «Kartrak» фірми

«Sylvania» (США) [6]. Також одна з таких систем була розроблена в Дніпропетровську в науково-дослідній лабораторії електроніки ДПТУ, під керівництвом завідувача лабораторії Чанцева К.А. Розроблена система (умовне позначення АІСТ) не поступалася, а за деякими параметрами навіть перевершувала закордонні аналоги.

Дана система не знайшла практичного застосування і подальша її розробка була припинена.

Основним недоліком цієї технології був сам маркер: забруднення пилом від взвірюючогося баласту і истираючихся гальмівних колодок, вицвітання під впливом погодних умов, механічні пошкодження. Перераховані недоліки маркерів змусили відмовитися від подальших розробок подібних систем.

Індуктивні системи.

У такій системі для зв'язку між рухомою одиницею і підлоговими пристроями використовується індуктивний зв'язок [2, 6, 9]. Дві котушки індуктивності (одна на рухомій одиниці, інша на підлозі установці) утворюють трансформатор з повітряним сердечником, через який передається інформація. У деяких випадках сигнал з рухомої одиниці наводиться безпосередньо в рейкового кола. Системи зі змінною частотою і багаточастотні системи виявлення забезпечують точну ідентифікацію обмеженого числа рухомих одиниць. Можливості ідентифікації розширюються при використанні бортового обладнання для модулювання несучої частоти, яка потім розшифровується підлоговим пристроєм.

Взагалі системи цього типу працюють на несучих частотах нижче 200 кГц, що обмежує швидкість передачі інформації і, отже, максимально допустиму швидкість рухомого складу. Через низьку ефективність індуктивного зв'язку бортові і підлогові котушки мають відносно великі розміри, а відстань між ними є критичним параметром системи. Крім того, на рухомих одиницях потрібна установка підсилювачів потужності.

Прикладом таких систем є ID (США), Railocator (США) і ін.

Мікрохвильові системи.

Системи ідентифікації, що використовують мікрохвильові технології передачі даних, сьогодні набули найбільшого поширення в нашій країні і за кордоном [1, 2, 6, 12-31]. Принцип дії даних систем заснований на застосуванні сигналів надвисоких частот, приблизно 0,8 - 4,2 ГГц, в залежності від фірми-виробника і системи. Датчики встановлюються або на бічних поверхнях вагона, в цьому випадку необхідно два датчика на один вагон, або під днищем вагона - один датчик на вагон. Залежно від цього і зчитує обладнання розташовується або на деякій відстані від залізничної колії (в межах 2-10 м), або між рейками. Принцип дії цих систем залежить від типу використовуваного датчика, які поділяються на три види:

- активний;
- напівактивний;
- пасивний.

Активні відрізняються наявністю у датчика власного елемента живлення. У датчиках активного типу використовується літієва батарея, розташованій в єдиному корпусі безпосередньо з самим датчиком. Це дозволяє збільшувати дальність передачі відбитого датчиком сигналу в середньому в 2-2,5 рази. Термін служби батареї в середньому близько 10-15 років.

Датчики полуактивного типу не мають власного елемента живлення. Енергію, необхідну для передачі сигналу-відповіді, отримують від вважати пристрої, використовуючи при цьому отримується високочастотний сигнал.

Пасивний датчик складається зі спеціальних виливків з розташованими резонаторами. Резонатори настроюються один раз і на протязі всього часу використання зберігають постійну інформацію. Кожна зі збережених цифр або букв може кодуватися одним або декількома резонаторами.

Найбільш відомі системи, в яких використовується мікрохвильової метод ідентифікації рухомих одиниць, такі: Sicarid (компанія «Siemens», ФРН), Identifier (США), REIS (Канада), Incom (компанія «Amtech», США), Dynicom (компанії «Amtech »і« Alkatel », країни Європи), АСІ (Японія),« Пальма »(Росія),« Лотос »(Росія),« САІРС »(Україна) і д.р.

Подібні системи пройшли успішні випробування на різних полігонах світу і в різних кліматичних умовах

Системи з використанням магнітних міток.

У таких інформація за допомогою електромагнітів записується на обід колеса у вигляді магнітних міток [6, 36, 37]. У пунктах впізнання мітки реєструються за допомогою магнітоелектричних зчитують головок, розміщених в спеціальній шині. Цей пристрій зчитування розташоване на довжині не менше довжини окружності колеса. Такий тип пристрою містить датчик виявлення складу, блоки обробки інформації та відтворення, що складаються з перетворювача і з'єднаних з ним датчиків. Число і розташування їх уздовж рейки відповідають числу і розташуванню міток на колесі. При підході поїзда до місця зчитування інформації датчик виявлення складу включає сигнал. При наїзді колеса на ділянку зчитування він фіксує мітку, яка максимально наближена до даний момент до поверхні рейки. Перетворювач виробляє сигнал, який надходить на входи дешифратора і блоку обробки інформації. Після закінчення зчитування інформації пристрій автоматично відключається.

Більшість подібних систем було розроблено в нашій країні, а саме в ХІІТе (м.Харків), і Росії. Ці системи пройшли успішні випробування на полігонах і виділених ділянках залізниць, але масштабного поширення поки не отримали.

Акустичні системи.

У пристроях з акустичним відображенням використовують ультразвук [5]. Датчик на рухомій одиниці може не мати власного джерела живлення, але тоді його розміри будуть значними. На його роботу помітно впливають сторонні шуми. Практичного поширення ці пристрої не набули.

Радіоактивні системи.

Для автоматичного зчитування інформації з рухомих одиниць можливе застосування проникаючих випромінювань радіоактивних ізотопів [38]. В цьому випадку кодові датчики рухомих одиниць найбільш задовольняють вимогам залізниць, а саме, застосування ізотопного випромінювання має

перевагу в проникненні сигналу через бруд, воду, сніг, лід і т.д. на глибину і розміри, необхідні для пристроїв автоматичних систем ідентифікації. Ізотопне випромінювання містить в собі три види променів: альфа, бета і гамма. Альфа-частинки, з огляду на низьку проникності не розглядаються. У даних методах використовуються тільки бета і гамма-промені, які проникають через великий шар сторонніх речовин без істотного загасання.

Подібні розробки систем ідентифікації з використанням випромінювання ізотопів не знайшли практичного застосування.

Системи супутникової навігації

На сьогоднішній день в світі існує кілька навігаційних систем, що використовують штучні супутники Землі [32-34]. Глобальний сервіс позиціонування практично в будь-якому місці нашої планети здійснюють лише дві: російська ГЛОНАСС і американська GPS, тоді як локально працюють або готуються до розгортання наступні системи: європейська Galileo, IRNSS (індійська супутникова регіональна система навігації), китайська Compass, японська QZNSS (квазізенітна супутникова система).

Американська GPS дозволяє в будь-якому місці Землі, виключаючи приполярні області, майже при будь-якій погоді, а також в космічному просторі поблизу планети визначити місце розташування і швидкість об'єктів. Система розроблена, реалізована і експлуатується Міністерством оборони США.

Основний принцип використання системи - визначення місця розташування шляхом вимірювання відстаней до об'єкта від точок з відомими координатами - супутників. Відстань обчислюється за часом затримки поширення сигналу від посилки його супутником до прийому антеною GPS-приймача. Тобто, для визначення тривимірних координат GPS-приймача потрібно знати відстань до трьох супутників і час GPS системи. Таким чином, для визначення координат і висоти приймача використовуються сигнали як мінімум з чотирьох супутників.

ГЛОНАСС - російська глобальна навігаційна система, розроблена на замовлення Міністерства оборони СРСР, призначена для визначення місця

розташування (географічних координат і висоти), а також параметрів руху (швидкості і напрямку руху і т. Д.) Для наземних, водних і повітряних об'єктів. Глобальна оперативна навігація дає можливість рухомого об'єкту, оснащеного навігаційною апаратурою, в будь-якому місці приземного простору в будь-який момент часу визначити параметри свого руху.

В даний час розвитком проекту ГЛОНАСС займається Федеральне космічне агентство (Роскосмос) і ВАТ «Російські космічні системи».

Основна відмінність від системи GPS в тому, що супутники ГЛОНАСС в своєму орбітальному русі не мають резонансу (синхронності) з обертанням Землі, що забезпечує їм більшу стабільність. Таким чином, космічний апарат ГЛОНАСС не вимагає додаткових коригувань протягом всього терміну активного існування. Однак термін служби супутників ГЛОНАСС помітно коротше.

Протягом найближчих років Європейський Союз (EU) і Європейське космічне агентство (ESA) планують ввести в експлуатацію нову європейську глобальну супутникову навігаційну систему Galileo («Галілео»). На відміну від американської GPS і російської ГЛОНАСС, система Галілео не контролюється національними військовими відомствами, проте, в 2008 році парламент ЄС прийняв резолюцію «Значення космосу для безпеки Європи», згідно з якою допускається використання супутникових сигналів для військових операцій, що проводяться в рамках європейської політики безпеки. Розробку системи здійснює Європейське космічне агентство.

Таблиця 1.1

Порівняльні характеристики супутникових систем навігації

характеристика	Найменування системи		
	GPS	ГЛОНАСС	Galileo
кількість супутників	27	24	30
Кількість орбітальних площин	6	3	3

Поділ супутників по орбітальним площинам	нерівномірний	рівномірний	рівномірний
Нахил орбітальних площин, °	53-56	64,8	54
Висота орбіти, км	20183	19100	23224
Номінальна точність, м	1,8	2,8	1
використовувана частота	L1 = 1575,42 МГц L2 = 1227,6 МГц	L1 = 1602,5625-1615,5 МГц L2 = 1246,4375-1256,5 МГц	E1 = 1575,42 МГц E5 = 1191,795 МГц E5A = 1176,46 МГц E5B = 1207,14 МГц E6 = 12787,75 МГц

1.3 Визначення статичних характеристик рухомих одиниць

Спільно з системами автоматичного визначення номера вагона на залізничному транспорті досить широко використовуються системи визначення статистичних характеристик рухомого складу і контролю його переміщення. Ці системи почали розроблятися і впроваджуватися з моменту введення на залізницях перших автоматизованих систем обліку та управління рухом рухомого складу. В основному їх завдання полягало в зборі інформації на деякому замкнутому просторі, наприклад на сортувальних станціях. На сьогоднішній день саме ці системи є головними джерелами отримання інформації і управління рухомими одиницями на залізницях нашої країни і ближнього зарубіжжя.

До завдань таких систем відноситься визначення наступних статичних характеристик рухомого складу, що пройшов контрольний ділянку: кількості осей, кількості і осності рухомих одиниць, тип рухомих одиниць (мається на увазі платформа, критий вагон і ін.) І т.д. При цьому, кожна з систем представлена у вигляді реалізованого методу ідентифікації рухомих одиниць, що складається з алгоритмів збору, обробки та аналізу даних, а також

конструктивних особливостей вимірювальної ділянки і використовуваних засобів залізничної автоматики.

Виконавши аналіз існуючих методів ідентифікації статичних характеристик рухомих одиниць [39-96], вони були згруповані за такими ознаками:

- по використанню коштів залізничної автоматики;
- по важливість справ ідентифікації;
- за впливом динаміки руху рухомих одиниць на точність і правильність ідентифікації.

Ідентифікація рухомих одиниць проводиться на спеціальних ділянках залізничного полотна - контрольних ділянках, оснащених засобами залізничної автоматики. Залежно від використовуваного комплекту засобів залізничної автоматики, яким обладнаний контрольний ділянку, системи визначення статичних характеристик рухомих одиниць можна розділити на дві категорії:

- використовують тільки точкові шляхові датчики (ТПД);
- використовують разом з ТПД інші засоби залізничної автоматики.

ТПД розставляються на рейках залізничного полотна (з одного або двох сторін, в залежності від пропонованого методу) контрольного ділянки. При русі по контрольному ділянці рухомих одиниць відбувається спрацьовування датчиків в момент проходження колеса візка в зоні його чутливості. За знятим показаннями датчиків здійснюється ідентифікація рухомих одиниць. Можливе об'єднання декількох датчиків в єдине ціле, так звану контрольну точку фіксації проходження колеса. Так два спарених датчика можуть контролювати не тільки момент наїзду колеса, але і напрямок його руху. Існує безліч видів ТПД, що розрізняються по фізиці процесу фіксації колеса, технічним характеристикам, засобів зв'язку і т.д. Однак, з точки зору проектувальника систем ідентифікації, найбільш важливими, в залежності від проектованої системи,

- точність фіксації колеса рухомої одиниці;
- показник сталості довжини зони дії колеса;

- показники помилкового спрацьовування і пропуску колеса рухомої одиниці;
- правильність роботи датчика при високих і низьких швидкостях руху рухомих одиниць, особливо при низьких швидкостях руху, якщо розглядати процес ідентифікації стосовно до сортувальних станцій;
- вплив на роботу датчиків кліматичних, погодних і температурних умов.

До додаткових пристроїв ідентифікації можуть ставитися й інші засоби залізничної автоматики. Найчастіше це або швидкостеміри, що визначають швидкість руху рухомих одиниць на контрольній ділянці, або фотоелементи, що визначають присутність рухомих одиниць на контрольній ділянці і зазори між ними, а також рейкові кола.

При виборі використання методу ідентифікації необхідно чітко визначитися з поставленими завданнями, які в свою чергу можуть поділятися:

- підрахунок загальної кількості осей;
- визначення кількості та осності рухомих одиниць;
- визначення кількості та осності рухомих одиниць з поділом на вагони і локомотиви;
- визначення міжосьових відстаней з метою визначення, наприклад, діліобазних рухомих одиниць;
- визначення міжосьових відстаней рухомих одиниць з метою визначення їх типу.

Кожній з розглянутих задач відповідають певні методи ідентифікації, мають свої області застосування і деякі обмеження. Найчастіше ці обмеження обумовлені неможливістю ідентифікувати весь парк рухливих одиниць або через невідповідність міжосьових відстаней деяких з них для конкретного методу ідентифікації, або через розміщення контрольної ділянки в зоні несприятливих характеристик руху рухомих одиниць.

За впливом динаміки руху рухомих одиниць на точність і правильність роботи системи ідентифікації поділяються таким чином:

- системи, в яких динаміка руху рухомих одиниць робить істотний вплив на правильність ідентифікації;
- системи, в яких динаміка руху рухомих одиниць не є критичною для результатів ідентифікації.

В даному випадку динаміка руху характеризується значеннями швидкості і прискорення руху рухомих одиниць на вимірювальній ділянці. Особливо це істотно для вимірювальних ділянок, розташованих на сортувальній гірці, де значення прискорення не є постійною величиною. Тому ряд методів, розрахованих на постійну швидкість руху (прискорення дорівнює нулю) або постійність прискорення, неприпустимі для застосування на сортувальній гірці або в іншому місці з подібними характеристиками руху.

В цілому, більшість з розглянутих методів ідентифікації пов'язані з визначенням кількості і осності рухомих одиниць, що входять до складу отцепа або поїзда. При цьому правильність роботи цих методів обмежується або показниками динаміки руху рухомих одиниць, або набором ідентифікованих рухомих одиниць.

Відомі методи визначення кількості та осності рухомих одиниць з використанням одного датчика на контрольній ділянці [65]. Загалом, ідея методу, описаного в [65], полягає у визначенні моменту часу, коли датчик знаходиться між внутрішніми осями рухомої одиниці. Для цього вимірюються інтервали часу між наїздом на датчик коліс рухомої одиниці, при цьому приймається, що інтервали часу пропорційні відстані між колесами рухомої одиниці та обернено пропорційні швидкості руху. Далі визначається відношення інтервалу наїзду першого і другого колеса рухомої одиниці до інтервалу часу між наїздом другого і третього колеса. Для всіх найбільш поширених типів вагонів внутрішньому міжосьовому відстані відповідає відношення, величина якого не перевищує значення 0,68, в той час, як для всіх інших міжосьових відстаней відношення дорівнює або більше 0,8. При

знаходженні датчика між внутрішніми осями рухомий одиницею фіксується її осності. Наступні наїзди коліс рухомої одиниці зменшують значення лічильника осності, поки він не обнулиться, що свідчить про повне проходження рухомої одиниці. В даному методі викликає сумнів правильність вибору коефіцієнтів 0,68 і 0,8. Так, при русі 8-осного вагона з відстанями між осями візків рівними 1850 мм, 1350 мм, 1850 мм відношення між відстанями 2-3 і 3-4 колесами одно округлено 0,73, що менше 0,8. Коефіцієнт 0,68 критичний тільки для однієї з моделей піввагонів з відстанню між внутрішніми осями рівним 2730 мм. Слід зазначити, що вибір коефіцієнтів не враховує похибки датчика фіксації колеса рухомої одиниці, а також можливого прискорення руху, які також вплинуть на зміни значення коефіцієнтів. Подібні методи найбільш застосовні на ділянках руху з постійною швидкістю.

Для підрахунку кількості та осності рухомих одиниць в разі неоднорідності руху (непостійна швидкість, зупинка, реверсивні руху) застосовуються методи з використанням двох і більше датчиків, розташованих на контрольній ділянці. При двох датчиках їх розташування на контрольній ділянці виконується на відстані, що не перевищує мінімальну відстань між колесами рухомих одиниць (менш 1350мм). Подібне розташування дозволяє відстежувати реверсивні руху рухомих одиниць при підрахунку кількості осей. Підрахунок кількості вагонів і їх осності визначається показаннями лічильників, коли вимірювальний ділянка знаходиться між внутрішніми осями рухомої одиниці. При цьому контрольний ділянка повинна б^т завдовжки не більше мінімальної відстані між внутрішніми осями рухомої одиниці. Для цього можливе використання рейкового кола або третього датчика, який би контрольний ділянку. Обмеженням використання даних методів є конструктивні особливості деяких вагонів. Як поділу вагонів можливе використання фотодатчиків. Однак в ряді випадків, наприклад для 8-вісних цистерн, можливі помилкові спрацьовування фотодатчика, що обмежує його застосування для подібних методів ідентифікації.

Розроблено метод визначення кількості і осності рухомих одиниць з використанням двох контрольних точок. Кожна контрольна точка складається з двох датчиків з перекриваються зонами дії. Подібне розташування датчиків дозволяє відстежувати реверсивні руху рухомих одиниць кожної з контрольних точок. Контрольні точки розташовуються на ділянці довжиною не більше мінімальної відстані між внутрішніми осями рухомої одиниці. Даний метод найбільш стабільний до різних типів рухомих одиниць, а також параметрами їх руху.

Методи, які використовують три і більше датчика для визначення кількості і осності рухомих одиниць, засновані на фіксації одночасного спрацьовування декількох датчиків. Датчики встановлюються на контрольній ділянці на відстанях, рівних відстаней між осями ряду рухомих одиниць. Дані методи ідентифікації сильно обмежені обраним парком рухомих одиниць.

2. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ І ОСНОСТІ РУХОМИХ ОДИНИЦЬ

2.1 Аналіз типів вагонів і локомотивів залізничного рухомого складу колії 1520 мм

У більшості завдань автоматичної ідентифікації статичних характеристик рухомих одиниць залізничного транспорту найбільш важливим параметром є міжосьові відстані. Тільки на основі загального аналізу рухомих одиниць, а саме їх міжосьових відстаней, можливі розробки методів ідентифікації, які в свою чергу визначають кількість, характеристики і розташування обладнання на обраному контрольній ділянці.

При розробці методів ідентифікації рухомого складу необхідно детально вивчити ряд характеристик рухомих одиниць. Для цього було проведено аналіз діючого парку рухомих одиниць, а також розробляються моделі, на залізницях нашої країни і країн СНД. Аналіз проводився для вагонів усіх видів, описаних в [119], локомотивів, що використовуються на сортувальних станціях [120], а також транспортерів.

Всі рухомі одиниці були розділені за типами:

- критий вагон;
- платформа;
- цистерна;
- напіввагон;
- вагон бункерного типу;
- вагон-самоскид;
- транспортер.

Кожен з цих типів рухомих одиниць поділено по осності:

- 4-вісний;
- 6-вісний;

- 8-вісний;
- 12-вісний (транспортер);
- 20-вісний (транспортер).

Локомотиви (тепловози) поділялися тільки по осях:

- 6-вісний;
- 8-вісний.

Як параметри ідентифікації статичних характеристик рухомих одиниць були обрані наступні (на рис. 2.1 графічно відображено всі міжосьові відстані, що підлягають аналізу):

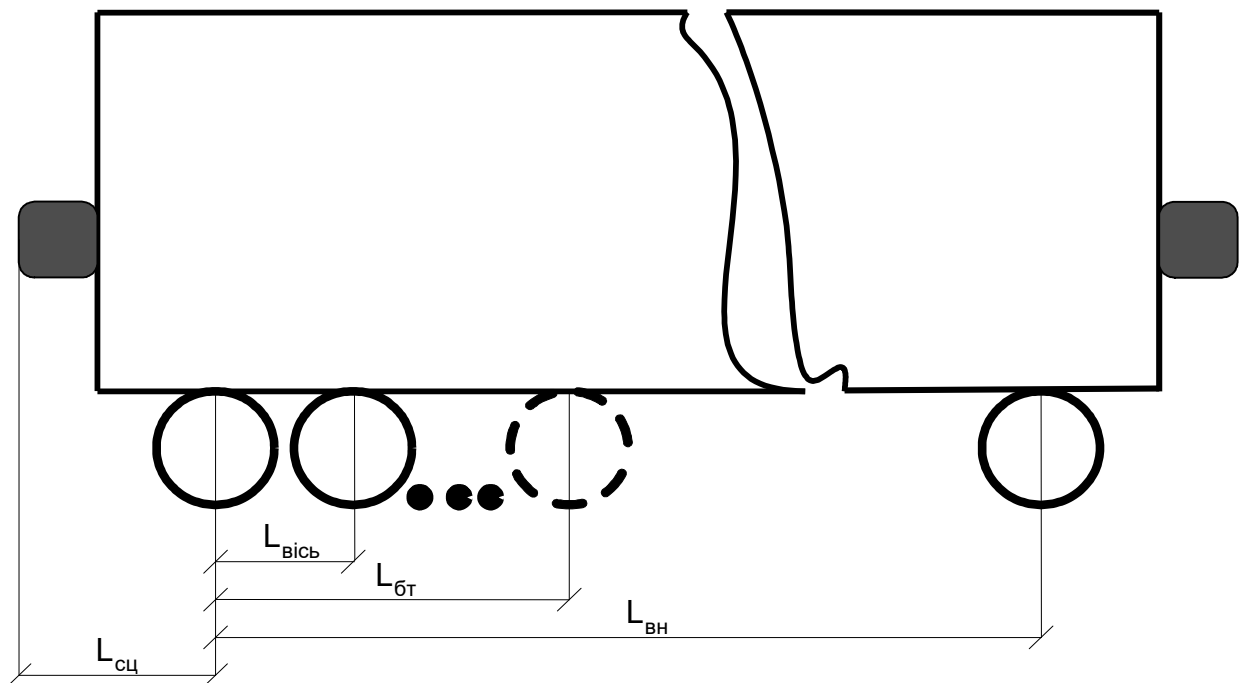


Рис. 2.1 - Міжосьові відстані рухомих одиниць

- осності рухомої одиниці (n);
- відстань між головкою автозчеплення і крайньою віссю рухомої одиниці ($L_{\text{СЦ}}$);
- відстань між внутрішніми осями рухомої одиниці ($L_{\text{ВН}}$);
- відстань між осями візків рухомої одиниці ($L_{\text{Вісь}}$);
- база візка ($L_{\text{БТ}}$);

- база рухомої одиниці ($L_{BV} = L_{вн} + 2 \cdot L_{bt}$).

Транспортери поділялися по осності на 12-вісні і 20-вісні з наступними значеннями міжосьових відстаней: $L_{cy} = 1260$ мм, $L_{вн} = 12645$ мм, $L_{ось} = 1525$ мм і $L_{сц} = 1080$ мм, $L_{вн} = 14560$ мм, $L_{ось} = 1360, 1210$ мм (Відстань між осями в візку 1360 мм, Між візками 1210 мм) Відповідно. Як поїзних локомотивів були розглянуті ВЛ11, ВЛ8, ВЛ60.

Загальні показники міжосьових відстаней наступні:

- відстань між головкою автозчеплення і крайньої віссю рухомої одиниці $L_{сц}$: мінімальні значення 915, 810, 1140 мм і максимальні значення 2705, 2310, 2310 мм відповідно для 4-х, 6-ти і 8-ми вісних рухомих одиниць;
- відстань між внутрішніми осями рухомої одиниці $L_{вн}$: мінімальні значення 4020, 4400, 2730 мм і максимальні значення 17150, 7440, 11620 мм відповідно для 4-х, 6-ти і 8-вісних рухомих одиниць;
- відстань між осями візків рухомої одиниці $L_{ось}$: 1850 мм для 4-вісних вагонів; 1500, 1700 1750, 1850 і 2100 мм для 6-вісних рухомих одиниць; 1850-1350-1850 мм і 2100 мм для 8-вісних рухомих одиниць.

Аналіз міжосьових відстаней рухомих одиниць показав, що найбільш важливим параметром для їх ідентифікації (визначення типу) є відстань між внутрішніми осями. Значення відстаней між внутрішніми осями менш повторювані і мають найбільший розкид для різних типів рухомих одиниць. Тому саме яку можна використовувати в якості головного параметра, що характеризує рухливу одиницю. Другим за значимістю параметром ідентифікації рухомої одиниці є відстань між головкою автозчеплення і крайньої віссю. Цей параметр можна використовувати в якості допоміжного, при цьому в деяких випадках він є єдино можливим для визначення типу рухомої одиниці (в разі, коли відстані між внутрішніми осями однакові для різних типів рухомих одиниць, які мають однакову осності).

Варто відзначити характерну особливість 4-х і 8-вісних вагонів. Вона полягає в тому, що для цих вагонів використовуються візки з однаковим міжосьовим відстанню, рівним 1850 мм (Для 8-вісних по два візки, відстань між

внутрішніми осями суміжних візків - 1350 мм). Для 6-вісних вагонів використовуються візки симетричні відносно центральної осі і мають відстані між зовнішніми осями (база візки) - L_{bt} (див. Рис. 2.1) дорівнює 1500, 1700, 1750 мм.

При аналізі була виявлена наступна закономірність: відстань між внутрішніми осями вагона $L_{вн}$ не менше ніж в 2 рази більше відстані між 1-й і 2-й віссю цього вагона. Винятком є 8-вісний напіввагон з глухим кузовом для мідної руди, модель 22-466 (відстань між 1-й і 2-й віссю одно 1850 мм, А між внутрішніми осями - 2730 мм) І маневровий тепловоз ЧМЕЗ (відстань між 1-й і 2-й віссю одно 2100 мм, А між внутрішніми осями 3400 мм).

Далі аналіз рухомих одиниць проводився наступним чином. Для рухомих одиниць всіх типів кожної осності окремо, визначалася різниця міжосьових відстаней між внутрішніми осями $L_{вн}$ і між головкою автосцеплення і крайньої віссю $L_{сц}$, для двох поруч стоять значень (в відсортованій таблиці). Сортування таблиці була виконана за значенням $L_{вн}$, обраному в якості головного інформаційного показника типу рухомої одиниці. Результат наведено в таблицях 2.1, 2.2 і 2.3 відповідно для 4-х, 6-ти і 8-вісних рухомих одиницях (праві дві колонки).

Аналізуючи отримані різниці міжосьових відстаней, можна зробити наступний висновок: існують вагони різних типів, що мають однакові міжосьові відстані або однакову відстань між внутрішніми осями (прийняте як головний параметр, що характеризує рухливу одиницю). Тому в методах ідентифікації рухомих одиниць необхідно враховувати можливі збіги міжосьових відстаней і застосовувати додаткові способи ідентифікації або показувати можливе узагальнення результатів ідентифікації.

2.2 Ідентифікація рухомих одиниць з використанням однієї контрольної точки

2.2.1 Математичний опис методу ідентифікації рухомих одиниць

Відповідно до проведеного вище аналізу методів ідентифікації рухомих одиниць з використанням точкових колійних датчиків була виділена група методів визначення кількості і осності рухомих одиниць в відцепі. В основному принцип дії цих методів полягає в наступному:

- визначення часу, коли контрольна точка або комбінація контрольних точок знаходиться між крайніми осями суміжних рухомих одиниць;

- визначення часу, коли контрольна точка або комбінація контрольних точок знаходиться між внутрішніми осями рухомої одиниці.

Визначення кількості і осності рухомих одиниць в першому випадку досить проблематично для існуючого різноманіття використовуваних вагонів і локомотивів. Тому застосування таких методів можливо тільки для обмеженого парку рухомих одиниць. Методи з визначенням моменту проходження середини рухомої одиниці не настільки критичні до різноманітності парку рухомих одиниць і тому більш поширені на залізницях. При цьому можливе використання однієї контрольної точки, двох і більше, розставлених на відстані, що залежить від алгоритму ідентифікації. Застосування методів з використанням однієї контрольної точки є найбільш дешевим способом ідентифікації, і при цьому дані методи можуть дозволити додатково збільшувати надійність або інформаційність вже працюють систем без технічних змін контрольного ділянки.

У більшості випадків головними недоліками подібних методів є неприйняття до уваги впливу наступних факторів:

- похибка спрацьовування датчика або датчиків, що формують контрольну точку;

– впливу на процес ідентифікації швидкості і прискорення руху рухомих одиниць.

У подібних системах вважається, що похибка спрацювання датчиків досить мала, а швидкість руху рухомих одиниць постійна [60, 65, 71, 78, 79, 87]. Але, як показали проведені випробування (процес ідентифікації моделювався на ЕОМ), нехтувати цими факторами можна.

У даній роботі пропонується метод визначення осності і кількості рухомих одиниць в відчепі з використанням однієї контрольної точки на ділянці ідентифікації. Цей метод заснований на визначенні часу, коли контрольна точка знаходиться між внутрішніми осями рухомої одиниці. Відмінність цього методу від його аналогів, розроблених раніше, полягає в обліку похибки спрацювання датчика і обліку прискорення руху рухомих одиниць.

Контрольний ділянку, на якому відбувається ідентифікація рухомих одиниць, складається з наступних пристроїв залізничної автоматики:

- одна контрольна точка, представлена у вигляді точкового колійного датчика з можливо мінімальною зоною спрацювання;
- пристрій визначення знаходження рухомої одиниці на контрольній ділянці. Як цього пристрою може бути використана рейкове коло або фотодатчик.

Ідея методу полягає в наступному: вимірюється час (тось) між наїздом коліс 1-й і 2-й осі рухомої одиниці на контрольну точку (відстань між осями S12); отримане значення часу тось множиться на певний коефіцієнт μ і отримуємо час тож ($\text{тож} = \text{тось} \cdot \mu$), В отриманому проміжку часу очікується наїзд на контрольну точку наступного колеса рухомої одиниці. Далі заміряється наступний інтервал між наїздом коліс на датчик ттек. У разі якщо таке колесо наїхало на контрольну точку протягом часу тож ($\text{ттек} < \text{тож}$), це означає, що ця вісь належить цій же або спареної з нею візку. Якщо таке колесо наїхало на контрольну точку по закінченню часу тож, це означає, що контрольна точка в

цей проміжок часу твн перебувала між внутрішніми осями рухомої одиниці. При ідентифікації 6-ти і більше осних рухомих одиниць, значення тож перераховувалося. Значення тось приймалося рівним часу між наїздом на контрольну точку 3-й і 4-й осями для 8-осной рухомої одиниці (t34, відстань між осями S34), 5-й і 6-й осями для 12-вісних рухомих одиниць (t56,

При русі рухомої одиниці через контрольну точку підраховується кількість осей, які відповідають вищеописаному умовою для осей, проміжок яких між наїздом на контрольну точку менше тож. Підрахована кількість осей, помножене на 2 (приймаємо, що ідентифікації підлягають рухомі одиниці симетричні по осності щодо центру), визначає осності рухомої одиниці.

Рух першої і всіх наступних осей візка рухомої одиниці (до її центру) збільшує значення лічильника осей на 1, а всі наступні осі, що проходять контрольну точку, зменшують його вміст на 1. Обнулення лічильника осей означає, що рухома одиниця повністю пройшла через контрольний ділянку. При цьому відбувається збільшення лічильника рухомих одиниць, що пройшли контрольну ділянку, на 1.

Подальше рішення задачі ідентифікації полягало в визначення коефіцієнта μ . Для цього був побудований наступний математичний апарат.

Були розглянуті три види руху відчепу: рівнеприскорене, рівномірне і рівносповільнене.

Похибка роботи датчика характеризується середньоквадратичним відхиленням значення можливої помилки фіксації центру колеса датчиком сд.

Для опису вищеописаних видів руху рухомих одиниць використовувалася загальновідома формула руху матеріальної точки

$$S = v \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}, \quad (2.1)$$

де S - пройдений шлях;

v - початкова швидкість руху;

t - час проходження шляху S ;

a - прискорення руху.

У нашому випадку під цими величинами треба розуміти у такому значенні:

– S - відстань між суміжними осями рухомої одиниці, для яких вимірюється параметр t ;

– $v_0 = V_i$ - швидкість наїзду на контрольну точку i -тій колісної пари рухомої одиниці;

– t - час між наїздом суміжних колісних пар рухомої одиниці на контрольну точку;

– a - прискорення руху рухомої одиниці.

Для кожного з видів руху і для кожної з вищеописаного списку рухомих одиниць, вибирався нижній і верхній інтервал значень коефіцієнта μ . Нижній інтервал вказує на значення коефіцієнта μ , Згідно з якими ведеться підрахунок осей, що визначають осності і обчислюється за формулою

$$\mu^H = \frac{t_{\text{тек}}}{t_{\text{ось}}} \cdot \quad (2.2)$$

Нижній інтервал визначається мінімальним і максимальним значеннями цього коефіцієнта, для різних видів руху і типів рухомих одиниць, які відповідають умові

$$\begin{aligned} \mu_{\min}^H &= \text{MIN} \{ \mu^H \mid t_{\text{ош}} < t_{\text{ось}} \} \\ \mu_{\max}^H &= \text{MAX} \{ \mu^H \mid t_{\text{ош}} < t_{\text{ось}} \} \cdot \end{aligned} \quad (2.3)$$

Верхній інтервал вказує на значення коефіцієнта μ , Згідно з якими визначається момент розташування датчика між внутрішніми осями рухомої одиниці і обчислюється за формулою

$$\mu^B = \frac{t_{BH}}{t_{ось}}. \quad (2.4)$$

Верхній інтервал визначається мінімальним і максимальним значеннями цього коефіцієнта, для різних видів руху і типів рухомих одиниць, які відповідають умові

$$\begin{aligned} \mu_{\min}^B &= \text{MIN} \{ \mu^B \mid t_{ож} > t_{ось} \} \\ \mu_{\max}^B &= \text{MAX} \{ \mu^B \mid t_{ож} > t_{ось} \}. \end{aligned} \quad (2.5)$$

Результуюче значення коефіцієнта μ знаходиться в діапазоні

$$\mu \in \{ \mu_{\min}^H : \mu_{\max}^H \} \cap \{ \mu_{\min}^B : \mu_{\max}^B \}. \quad (2.6)$$

Для визначення значень коефіцієнта μ були розглянуті різні види руху рухомих одиниць з урахуванням впливу похибки роботи датчика. Максимально можлива похибка датчика при цьому обчислювалася за правилом трьох сигм і дорівнювала значенням $3\sigma_d$.

При русі відчеплення з позитивним прискоренням можна зробити однозначний висновок: час між проходом над контрольною точкою 1-ої і 2-ої осями рухомої одиниці завжди буде більше часу між проходом над точкою наступних осей цієї ж візки або спареної з нею.

При уповільненому русі необхідно враховувати той факт, що час між проходом над датчиком 1-й і 2-й осями рухомої одиниці буде менше часу між проходом над контрольною точкою інших осей цієї ж або спареної з нею візки

(за винятком 8-вісних вагонів, у яких відстань між 1-2-й і 2-3-й осями візків одно 1850мм і 1350мм відповідно, а також транспортерів), і менше часу між проходом над датчиком внутрішніх осей рухомої одиниці.

При рівномірному русі час між проходом над датчиком 1-й і 2-й осей рухомої одиниці більше або дорівнює часу між проходом над контрольною точкою наступних осей цієї ж або спареної візки, але завжди менше часу між проходом над контрольною точкою внутрішніх осей рухомої одиниці.

Виходячи з цих припущень і скориставшись формулами (2.2) і (2.4), отримуємо:

- для рівноприскореного руху

$$\mu^H = \frac{-v_{\text{тек}} + \sqrt{v_{\text{тек}}^2 - 2 \cdot a \cdot (S_{\text{тек}} + 6 \cdot \sigma_d)}}{-v_1 + \sqrt{v_1^2 - 2 \cdot a \cdot (S_{12} - 6 \cdot \sigma_d)}} \quad , \quad (2.7)$$

$$\mu^B = \frac{-v_{\text{вн}} + \sqrt{v_{\text{вн}}^2 - 2 \cdot a \cdot (S_{\text{вн}} + 6 \cdot \sigma_d)}}{-v_{\text{ось}} + \sqrt{v_{\text{ось}}^2 - 2 \cdot a \cdot (S_{\text{ось}} - 6 \cdot \sigma_d)}} \quad ; \quad (2.8)$$

- для рівносповільненого руху

$$\mu^H = \frac{-v_{\text{тек}} + \sqrt{v_{\text{тек}}^2 - 2 \cdot a \cdot (S_{\text{тек}} - 6 \cdot \sigma_d)}}{-v_1 + \sqrt{v_1^2 - 2 \cdot a \cdot (S_{12} + 6 \cdot \sigma_d)}} \quad , \quad (2.9)$$

$$\mu^B = \frac{-v_{\text{вн}} + \sqrt{v_{\text{вн}}^2 - 2 \cdot a \cdot (S_{\text{вн}} - 6 \cdot \sigma_d)}}{-v_{\text{ось}} + \sqrt{v_{\text{ось}}^2 - 2 \cdot a \cdot (S_{\text{ось}} + 6 \cdot \sigma_d)}} \quad ; \quad (2.10)$$

- для рівномірного руху

$$\mu^H = \frac{\frac{(S_{\text{тек}} - 6 \cdot \sigma_d)}{v_1}}{\frac{(S_{12} + 6 \cdot \sigma_d)}{v_1}} = \frac{(S_{\text{тек}} - 6 \cdot \sigma_d)}{(S_{12} + 6 \cdot \sigma_d)}, \quad (2.11)$$

$$\mu^B = \frac{\frac{(S_{\text{вн}} - 6 \cdot \sigma_d)}{v_{\text{вн}}}}{\frac{(S_{\text{ось}} + 6 \cdot \sigma_d)}{v_{\text{ось}}}} = \frac{(S_{\text{вн}} - 6 \cdot \sigma_d)}{(S_{\text{ось}} + 6 \cdot \sigma_d)}, \quad (2.12)$$

де v_1 - початкова швидкість наїзду на датчик першого колеса рухомої одиниці; $v_{\text{тек}}$ - початкова швидкість наїзду на датчик наступних коліс першої або спареної з нею візки; $v_{\text{ось}}$ - початкова швидкість наїзду на датчик $n / 2 - 1$ колеса рухомої одиниці (для 6-ти і більше осних рухомих одиниць); $v_{\text{вн}}$ - початкова швидкість наїзду на датчик $n / 2$ колеса рухомої одиниці; n - осности рухомої одиниці; S_{12} - відстань між 1-ої і 2-ий осями рухомої одиниці; $S_{\text{тек}}$ - відстань між останніми двома осями проїхали над датчиком; $S_{\text{ось}}$ - відстань між $n / 2 - 1$ і $n / 2$ осями рухомої одиниці (для 6-ти і більше осних рухомих одиниць); $S_{\text{вн}}$ - відстань між внутрішніми осями рухомої одиниці; a - прискорення руху рухомої одиниці; σ_d - середньоквадратичне відхилення похибки датчика.

Після визначення допустимих значень коефіцієнта μ для будь-яких видів руху, його остаточне значення вибирається як середнє.

2.2.2. Розрахунок параметрів методу ідентифікації рухомих одиниць

Виходячи з опису цього методу, очевидно, що найбільш критичними до процесу ідентифікації є рухомі одиниці, у яких відношення відстані між внутрішніми осями ($L_{\text{вн}}$) до відстані між 1-й і 2-й осями або осями візка ближніми до центру рухомої одиниці, найменше. Тому при визначенні меж

можливих значень коефіцієнтам було обрано такі рухомі одиниці, що підрозділяються по осності:

- 4-вісний вагон ($L_{вн} = 4020$ мм, $L_{ось} = 1850$ мм);
- 6-вісний вагон ($L_{вн} = 5500$ мм, $L_{ось} = 1750$ мм);
- 6-вісний тепловоз ($L_{вн} = 4200$ мм, $L_{ось} = 2100$ мм);
- 8-вісний вагон ($L_{вн} = 2730$ мм, $L_{ось} = 1850$ мм);
- 8-вісний тепловоз ($L_{вн} = 3400$ мм, $L_{ось} = 2100$ мм).

При проведенні розрахунків варіювалися наступні параметри:

- початкова швидкість - в діапазоні від 0 до 15 м / с;
- прискорення руху - в діапазоні від -0,3 до 0,3 м / с²;
- помилка датчика (σ_d) приймалася рівною 0,01 м.

У табл. 2.1 наведені можливі значення коефіцієнтів μ для 4-вісного піввагона. Дана таблиця містить значення коефіцієнтів як відносини між t_{12} і $t_{вн}$.

У табл. 2.2 наведені можливі значення коефіцієнтів μ для 6-осного вагона з відстанню між осями візка рівним 1750 мм. Дана таблиця містить значення коефіцієнтів як відносини між t_{12} і t_{23} (час між проходом над датчиком 1-2-й осями візка і 3-4-й).

Таблиця 2.1

Значення коефіцієнтів μ для 4-вісного піввагона ($L_{вн} = 4200$ $L_{ось} = 1850$)

V0, м/ с	Прискорення, м / с ²																	
	0,01	0,05	0,09	0,13	0,17	0,21	0,25	0,29	0,00	-0,01	-0,05	-0,09	-0,13	-0,17	-0,21	-0,25	-0,29	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
15	2,171	2,164	2,157	2,150	2,144	2,137	2,131	2,124	2,270	2,173	2,174	2,176	2,177	2,178	2,179	2,180	2,181	
14	2,172	2,167	2,161	2,156	2,151	2,146	2,142	2,137		2,173	2,175	2,176	2,177	2,179	2,180	2,181	2,183	
13	2,172	2,168	2,164	2,160	2,156	2,153	2,149	2,145		2,173	2,175	2,176	2,178	2,179	2,181	2,183	2,184	
12	2,172	2,169	2,166	2,163	2,160	2,157	2,154	2,151		2,173	2,175	2,177	2,179	2,181	2,182	2,184	2,186	
11	2,172	2,170	2,167	2,165	2,162	2,160	2,157	2,155		2,174	2,176	2,178	2,180	2,182	2,184	2,186	2,189	
10	2,172	2,170	2,168	2,166	2,164	2,162	2,160	2,158		2,174	2,176	2,179	2,181	2,184	2,187	2,189	2,192	
9	2,173	2,171	2,169	2,167	2,166	2,164	2,162	2,160		2,174	2,177	2,180	2,183	2,187	2,190	2,193	2,196	
8	2,173	2,171	2,170	2,168	2,167	2,165	2,164	2,162		2,174	2,178	2,182	2,186	2,190	2,194	2,199	2,203	

7	2,173	2,171	2,170	2,169	2,167	2,166	2,165	2,164		2,174	2,180	2,185	2,190	2,196	2,201	2,207	2,212
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
6	2,173	2,172	2,170	2,169	2,168	2,167	2,166	2,165		2,175	2,182	2,189	2,197	2,204	2,212	2,219	2,227
5	2,173	2,172	2,171	2,170	2,169	2,168	2,167	2,166		2,176	2,186	2,197	2,207	2,218	2,230	2,241	2,253
4	2,173	2,172	2,171	2,170	2,169	2,168	2,167	2,167		2,177	2,193	2,210	2,228	2,246	2,265	2,285	2,305
3	2,173	2,172	2,171	2,170	2,170	2,169	2,168	2,167		2,180	2,210	2,241	2,275	2,312	2,351	2,393	2,439
2	2,173	2,172	2,171	2,171	2,170	2,169	2,169	2,168		2,189	2,260	2,343	2,442	2,563	2,718	2,928	3,248
1	2,173	2,172	2,172	2,171	2,170	2,170	2,169	2,168		2,241	2,675						
MAX 2,173 MIN 2,124										MAX 3,248 MIN 2,173							

Таблиця 2.2

Значення коефіцієнтів μ для візка 6-ти вісного вагону з відстанями між осями
візка рівним 1750мм

V0, м/ с	Прискорення, м / с ²																
	0,01	0,05	0,09	0,13	0,17	0,21	0,25	0,29	0,00	-0,01	-0,05	-0,09	-0,13	-0,17	-0,21	-0,25	-0,29
15	1,000	1,000	0,999	0,999	0,999	0,998	0,998	0,998	1,000	1,000	1,000	1,001	1,001	1,001	1,002	1,002	1,002
14	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998	0,998	0,998	0,997		1,000	1,000	1,001	1,001	1,002	1,002	1,002	1,003
13	1,000	0,999	0,999	0,999	0,998	0,998	0,997	0,997		1,000	1,001	1,001	1,001	1,002	1,002	1,003	1,003
12	1,000	0,999	0,999	0,998	0,998	0,997	0,997	0,997		1,000	1,001	1,001	1,002	1,002	1,003	1,003	1,004
11	1,000	0,999	0,999	0,998	0,998	0,997	0,996	0,996		1,000	1,001	1,001	1,002	1,002	1,003	1,004	1,004
10	1,000	0,999	0,998	0,998	0,997	0,996	0,996	0,995		1,000	1,001	1,002	1,002	1,003	1,004	1,004	1,005
9	1,000	0,999	0,998	0,997	0,996	0,996	0,995	0,994		1,000	1,001	1,002	1,003	1,004	1,005	1,005	1,006
8	1,000	0,999	0,998	0,996	0,995	0,994	0,993	0,992		1,000	1,001	1,002	1,004	1,005	1,006	1,007	1,008
7	1,000	0,998	0,997	0,995	0,994	0,993	0,991	0,990		1,000	1,002	1,003	1,005	1,006	1,008	1,009	1,011
6	1,000	0,998	0,996	0,994	0,992	0,990	0,988	0,986		1,000	1,002	1,004	1,006	1,008	1,010	1,013	1,015
5	0,999	0,997	0,994	0,991	0,988	0,986	0,983	0,981		1,001	1,004	1,006	1,009	1,012	1,015	1,018	1,021
4	0,999	0,995	0,990	0,986	0,982	0,978	0,974	0,971		1,001	1,006	1,010	1,015	1,020	1,024	1,029	1,034
3	0,998	0,991	0,983	0,976	0,969	0,963	0,957	0,950		1,002	1,010	1,018	1,027	1,036	1,046	1,055	1,066
2	0,996	0,979	0,964	0,950	0,937	0,925	0,914	0,903		1,004	1,023	1,044	1,067				
1	0,983	0,928	0,886	0,852	0,825	0,802	0,783	0,766		1,018							
MAX 1,000 MIN 0,766										MAX 1,067 MIN 1,000							

Таблиці відображають значення коефіцієнтів μ для правильного визначення часу знаходження контрольної точки між внутрішніми осями рухомої одиниці. Ці значення були розраховані для обраних раніше, найбільш критичних до даного методу, за своїми міжосьовим відстаням, рухомих одиниць. Таблиці 6-9 відображають допустимі значення коефіцієнтів μ для

правильної ідентифікації осей однієї або суміжних візків рухомої одиниці. Порожні значення комірок таблиць означають, що дана рухома одиниця не пройде контрольний ділянку (при негативному прискоренні відбудеться зупинка рухомої одиниці на контрольній ділянці) при заданих параметрах руху.

Проаналізувавши отримані значення коефіцієнтів μ , Були зроблені наступні висновки:

- при рівноприскореному русі рухомої одиниці необхідно приймати значення коефіцієнта в діапазоні від 1 до 1,213;
- при рівнозамедленно русі рухомої одиниці необхідно приймати значення коефіцієнта μ в діапазоні від 1,153 до 2,224;
- при рівномірному русі рухомої одиниці необхідно приймати значення коефіцієнта μ в діапазоні від 1 до 1,476.

На підставі загального аналізу можна зробити наступний висновок: значення коефіцієнта μ необхідно приймати з діапазону від 1.153 до 1.213. Зрозуміло, що найбільш правильно значення коефіцієнта визначається як середнє значення кордонів допустимого діапазону, а саме поставити його рівним 1.183. При цьому слід зазначити той факт, що при більшому значенні початкової швидкості руху отцепи зона існування методу ідентифікації розширюється, а при більшому значенні прискорення - звужується.

2.2.3 Імітаційне моделювання методу ідентифікації рухомих одиниць

Виконавши аналіз рухомих одиниць, а саме їх міжосьових відстаней, розрахувавши можливі значення коефіцієнта μ_i вибравши найбільш раціональне з них, був остаточно визначений алгоритм визначення кількості і осності рухомих одиниць на вимірювальній ділянці, що складається з однієї контрольної точки. Загальний вигляд функціонування даного алгоритму наведено на рис. 2.2.

Він складається з наступних елементів:

- очікування заняття контрольної ділянки відчепом. Для цього, як уже писалося вище, можливе використання рейкового кола або фотодатчика (в алгоритмі наводиться використання рейкового кола);
- ініціалізація системи (обнулення лічильників, скидання тригерів і т.д.). Відбувається в момент заняття відчепом контрольної ділянки;
- очікування події спрацьовування контрольної точки або звільнення відчепом контрольної ділянки. У першому випадку відбувається обробка сигналу від контрольної точки, в другому - видача результатів ідентифікації та перехід системи в початковий стан («сплячий» режим);
- результатом ідентифікації є кількість і осності рухомих одиниць, що пройшли контрольний ділянку, який зазначений у алгоритмі в блоці друку.

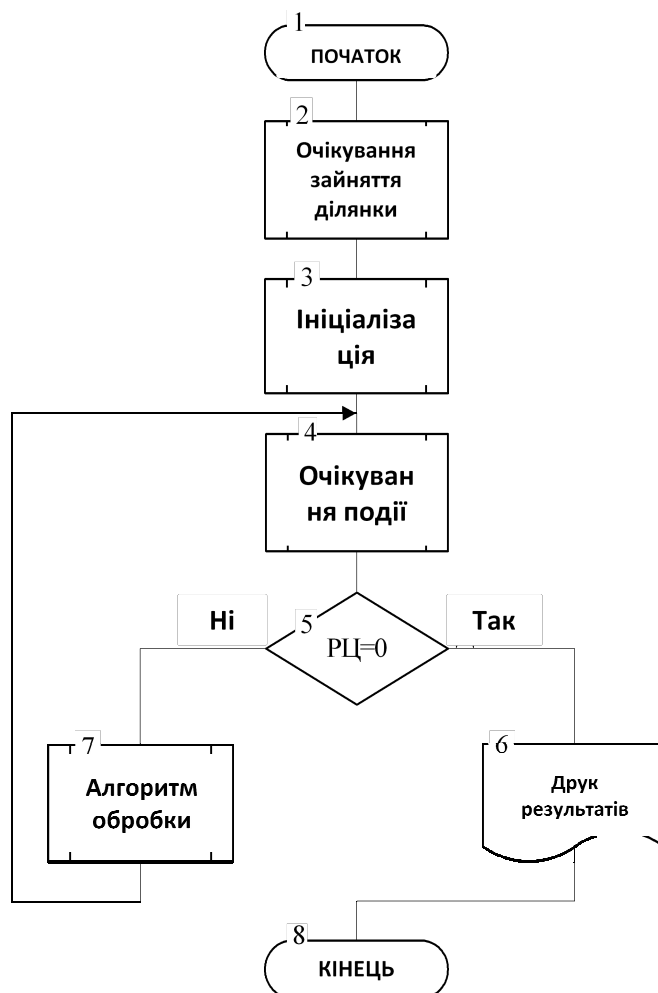


Рис. 2.2 - Загальний вигляд алгоритму реалізації методу ідентифікації на контрольній ділянці

- коригування тож для 8-ми, 12-ти і 20-вісних вагонів і транспортерів;
- визначення моменту, коли контрольна точка знаходиться між внутрішніми осями рухомої одиниці;
- визначення моменту, коли рухома одиниця отцепи пройшла контрольну точку. При цьому відбувається збільшення лічильника рухомих одиниць на 1.

Представлений алгоритм (див. Рис. 2.3) був апробований на імітаційній моделі, реалізованій в середовищі програмування Turbo Pascal 7.0. В процесі імітації головним завданням була перевірка правильності вибору коефіцієнта μ .

Лістинг програми імітаційної моделі представлений в приложенні В.

В процесі моделювання були проведені випробування для 4-х, 6-ти, 8-ми, 12-ти і 20-вісних вагонів, локомотивів і транспортерів. Значення швидкості і прискорення приймалися таким, як і для обчислення коефіцієнтів μ . Однак фіксація осі рухомої одиниці контрольної точкою виконувалася з урахуванням похибки роботи датчика. Приймалося, що похибка роботи датчика підпорядковується нормальному закону розподілу з заданим значенням середнього квадратичного відхилення σ_d [42, 56]. значення σ_d вибиралися з діапазону від 1 мм до 10 мм з кроком 1 мм.

Кожна з досліджуваних рухомих одиниць проходила 1000 випробувань для кожного із значень швидкості, прискорення і середнього квадратичного відхилення помилки фіксації осі датчиком. В результаті кожна з рухомих одиниць проходила контрольний ділянку 2550000 разів. Результати імітаційного моделювання наведені в табл. 2.3. В осередках таблиці представлені дані про кількість помилок ідентифікації. Як видно з таблиці, помилки ідентифікації рухомої одиниці були тільки у 8-осного локомотива в 4-х експериментах при значеннях середньо- квадратичного відхилення датчика рівних 8, 9 і 10 мм, Що становить $1,57 \cdot 10^{-6}\%$ від загальної кількості експериментів.

Слід зазначити, що в дослідженнях брали участі рухомі одиниці, що мають найбільш критичні значення міжосьових відстаней для даного методу ідентифікації.

Після проведених випробувань були зроблені наступні висновки:

– при використанні методу визначення осності і кількості рухомих одиниць в відчепі із застосуванням однієї контрольної точки, значення коефіцієнта μ необхідно вибирати з наступних діапазонів: при рівноприскореному русі - від 1 до 1,213, при рівнозамедленно русі 1,153 до 2,224, при рівномірному русі від 1 до 1,476;

Таблиця 2.3

Результати імітаційного моделювання (кількість помилок ідентифікації рухомих одиниць)

Тип рухомої одиниці	Середнє квадратичне відхилення помилки датчика σ_d , мм									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4-вісний вагон ($L_{вн} = 4020$ мм, $L_{ось} = 1850$ мм)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-вісний тепловоз ($L_{вн} = 4200$ мм, $L_{ось} = 2100$ мм);	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-вісний вагон ($L_{вн} = 5500$ мм, $L_{ось} = 1750$ мм);	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-вісний вагон ($L_{вн} = 2730$ мм, $L_{ось} = 1850$ мм)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-вісний тепловоз ($L_{вн} = 3400$ мм, $L_{ось} = 2100$ мм)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
12-вісний транспортер ($L_{вн} = 12645$ мм, $L_{ось} =$ тисячі п'ятсот двадцять п'ять мм)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

20-вісний транспортер (L _{вн} =14560 мм, L _{ось} =1360, 1210 мм)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

– значення коефіцієнта μ для всіх видів руху вибирається з діапазону від 1,153 до 1,213. При цьому найбільш підходяще значення коефіцієнта μ одно 1,183, як середнє значення результуючого діапазону;

– можливі діапазони значень коефіцієнта μ можуть змінюватися при зміні розглянутих значень швидкості, прискорення і похибки роботи датчика. При збільшенні початкової швидкості руху отцепи зона застосування методу ідентифікації розширюється, а при збільшенні прискорення звужується;

– збільшення похибки роботи датчика збільшує кількість помилок ідентифікації;

– виключення з реєстру ідентифікації рухомих одиниць суттєво може збільшити достовірність роботи методу. Таке припущення можливо у випадках використання обмеженого парку рухомих одиниць, які підлягають ідентифікації.

2.3 Ідентифікація рухомих одиниць з використанням двох контрольних точок

2.3.1 Опис методу ідентифікації рухомих одиниць

Як зазначалося раніше рішення задачі визначення кількості і осності рухомих одиниць в відцепі можливо з використанням різних методів, однак найбільш раціонально це завдання вирішується в системах, що використовують дві контрольні точки. Існує ряд подібних методів ідентифікації [74, 87], але, як показали дослідження, пропоновані методи не зовсім коректно працюють в ряді випадків. Наприклад, коли відстань між крайніми осями суміжних рухомих одиниць в відцепі менше, ніж відстань між контрольними точками.

Відповідно до проведеного вище аналізу міжосьових відстаней рухомих одиниць, методів ідентифікації рухомих одиниць, з використанням точкових колійних датчиків, а також використовуваних на залізничному транспорті пристроїв автоматики і обчислювальної техніки був розроблений метод визначення кількості і осності рухомих одиниць з використанням двох контрольних точок.

Контрольний ділянку пропонованої системи складається з наступних засобів залізничної автоматики:

- рейкове коло і (або) фотодатчик;
- точкові шляхові датчики;
- засоби перетворення і обробки сигналів.

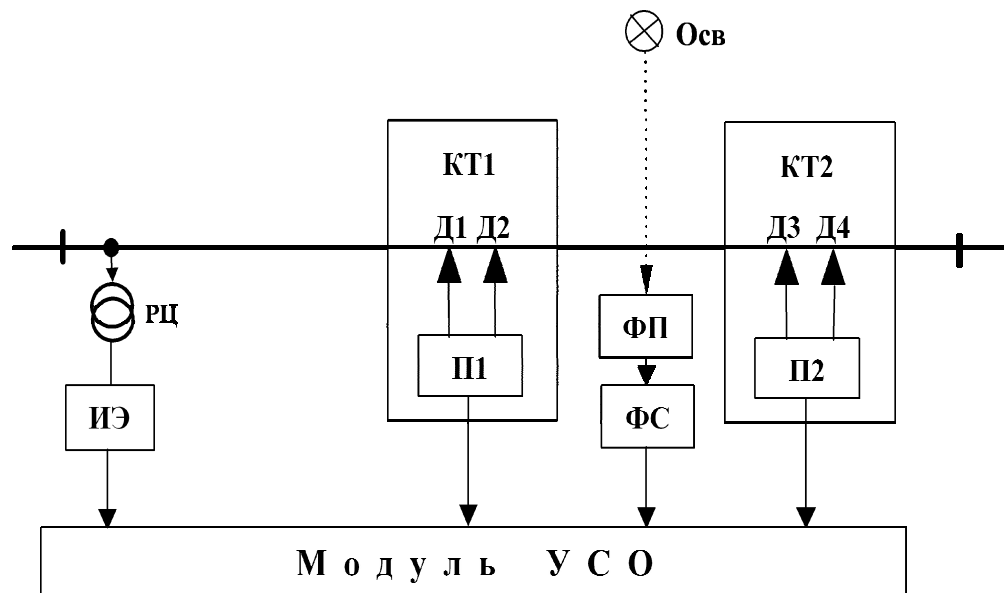


Рис.2.4. Структура технічних засобів контрольної ділянки

Конструкція контрольної ділянки представлена на рис. 2.4.

Прийняті скорочення на рис.2.4:

- Д1-Д4 - точковий шляховий датчик;
- КТ1, КТ2 - контрольна точка 1, 2;
- П1, П2 - перетворювачі сигналів від датчика;

- РЦ - рейкове коло;
- Осв - освітлювач;
- ФП - фотоприймач;
- ФС - формувач сигналу від фотоприймача;
- ИЭ - виконавчий елемент.

Рейкове коло призначена для визначення знаходження рухомої одиниці на контрольній ділянці. Фотодатчик призначений для визначення моменту, коли відцеп пройде контрольний ділянку.

Кожна контрольна точка являє собою два спарених точкових колійних датчика. Конструкція контрольної точки представлена на рис. 2.5. Кожен з двох датчиків (Д1, Д2) має власну зону сприйняття колеса рухомої одиниці ($L_{Д1}$, $L_{Д2}$), при цьому датчики встановлені таким чином, що їх зони дії накладаються один на одного ($L_{обц}$). Подібна конструкція дозволяє відстежувати реверсивні руху отцепа [73].

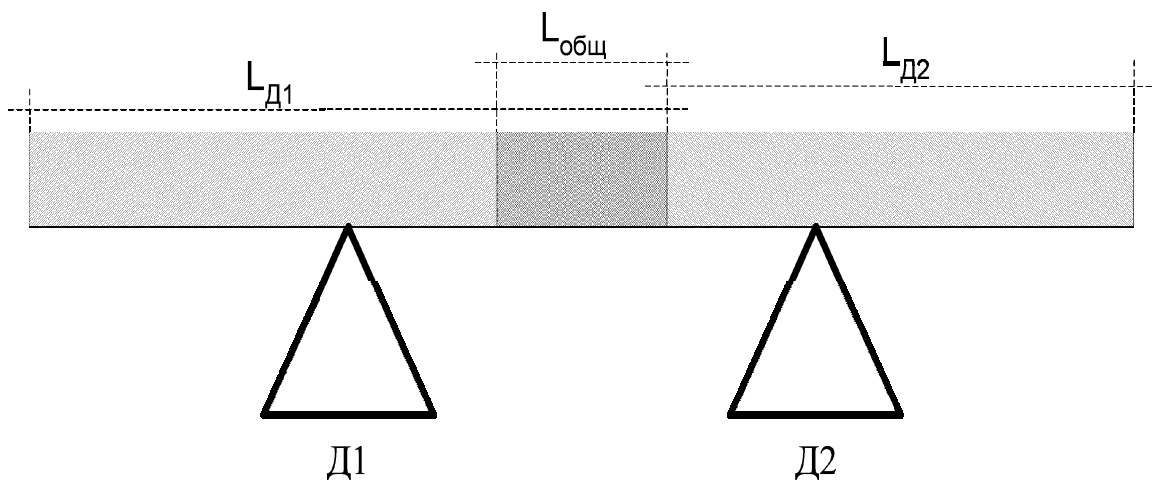


Рис.2.5. Структура контрольної точки

Як датчики можуть бути використані точкові шляхові датчики з можливістю спільного розташування на рейці, що утворюють при цьому загальну зону дії. Прикладом таких датчиків можуть бути ДП50-80, ДП400 і т.д.

На підставі цього були розроблені алгоритми обробки сигналів від контрольних точок. При цьому враховувалося, що контрольні точки виконані у вигляді двох точкових колійних датчиків, які в свою чергу визначають не тільки наїзд колеса рухомої одиниці, а й напрямок його руху.

Алгоритми обробки сигналів від контрольних точок представлені на рис. 2.6. і 2.7.

Контрольні точки розташовуються на рейці на відстані, яке більше ніж максимальна відстань між осями всередині візків, але менше ніж мінімальна відстань між внутрішніми осями вагона. Це обмеження було введено для можливості визначення моменту, коли контрольні точки знаходяться між внутрішніми осями вагона. Грунтуючись на введеному обмеженні, відстань між контрольними точками повинно бути в межах 2100-2750 мм. З огляду на можливу похибку датчиків, відстань між контрольними точками приймаємо рівним 2400 мм.

Всі вищеописані лічильники працюють як на збільшення, так і на зменшення. Лічильники Сч1 і Сч2 визначають загальну кількість осей в відчепі, що пройшов контрольний ділянку. Лічильники СчV1 і СчV2 визначають кількість рухомих одиниць в відчепі. Лічильники СчТ1 і СчТ2 визначають кількість осей в візках рухомої одиниці.

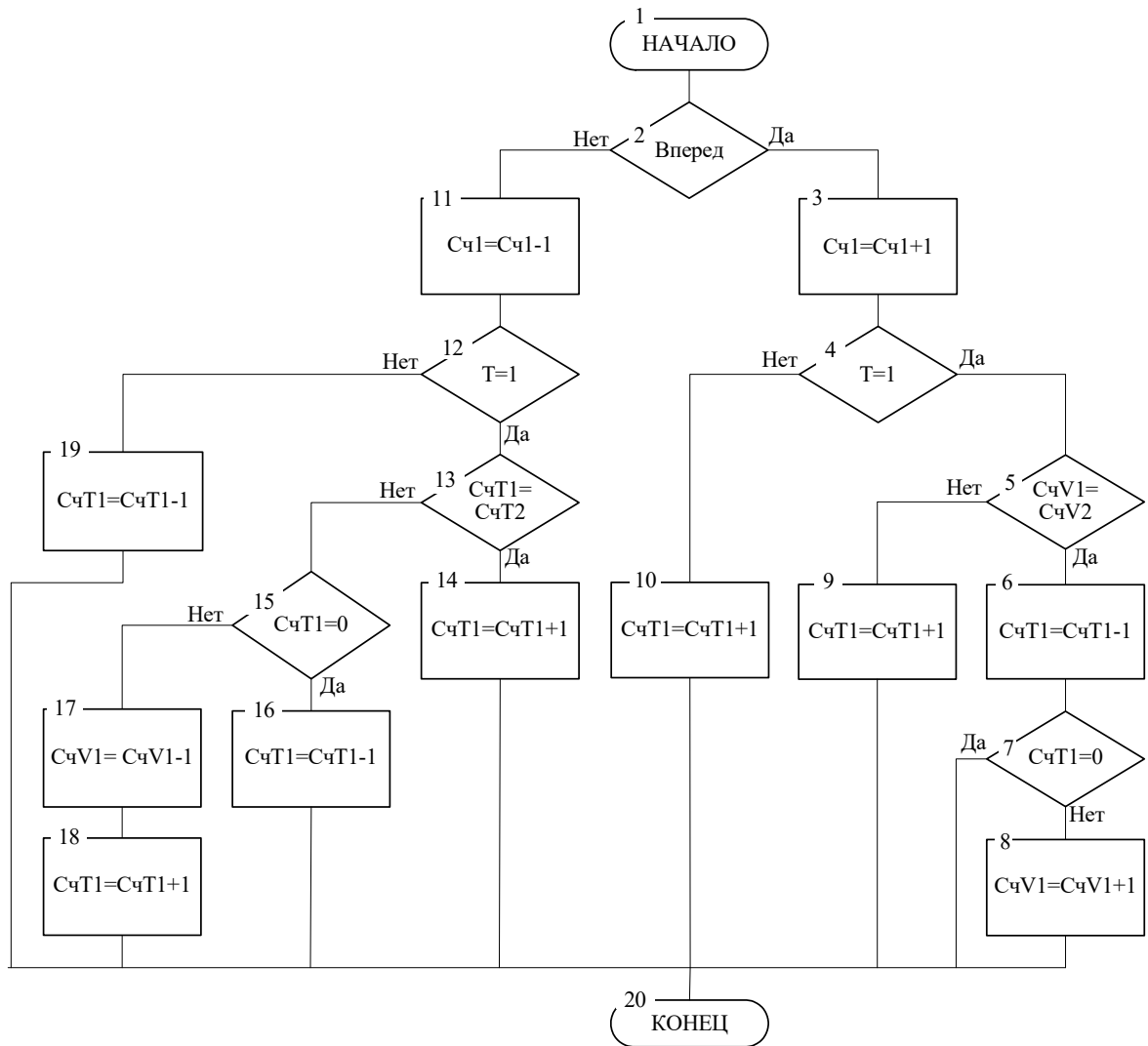


Рис.2.6. Алгоритми обробки сигналів від контрольних точок

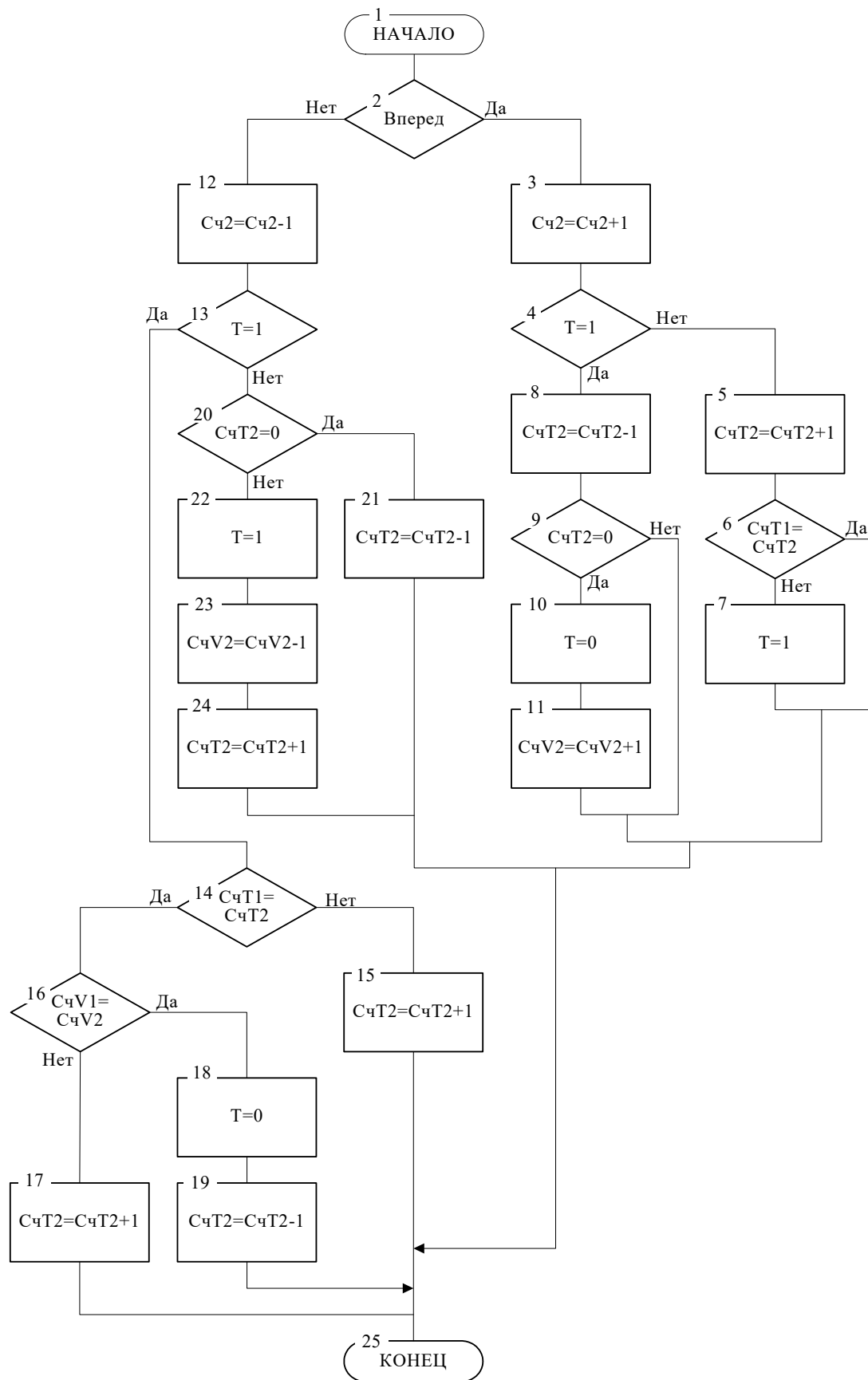


Рис.2.7. Алгоритми обробки сигналів від контрольних точок

свідчить про проході рухомої одиниці через контрольний ділянку, при цьому відбувається зміна вмісту лічильників ПЕ. Тригер Т відображає положення рухомої одиниці на контрольній ділянці. При русі по контрольному ділянці першого візка рухомої одиниці він знаходиться в нульовому стані. Коли обидві контрольні точки будуть знаходитися між внутрішніми осями рухомої одиниці він перейде в одиничний стан (рис. 2.8а), а повний прохід рухомої одиниці

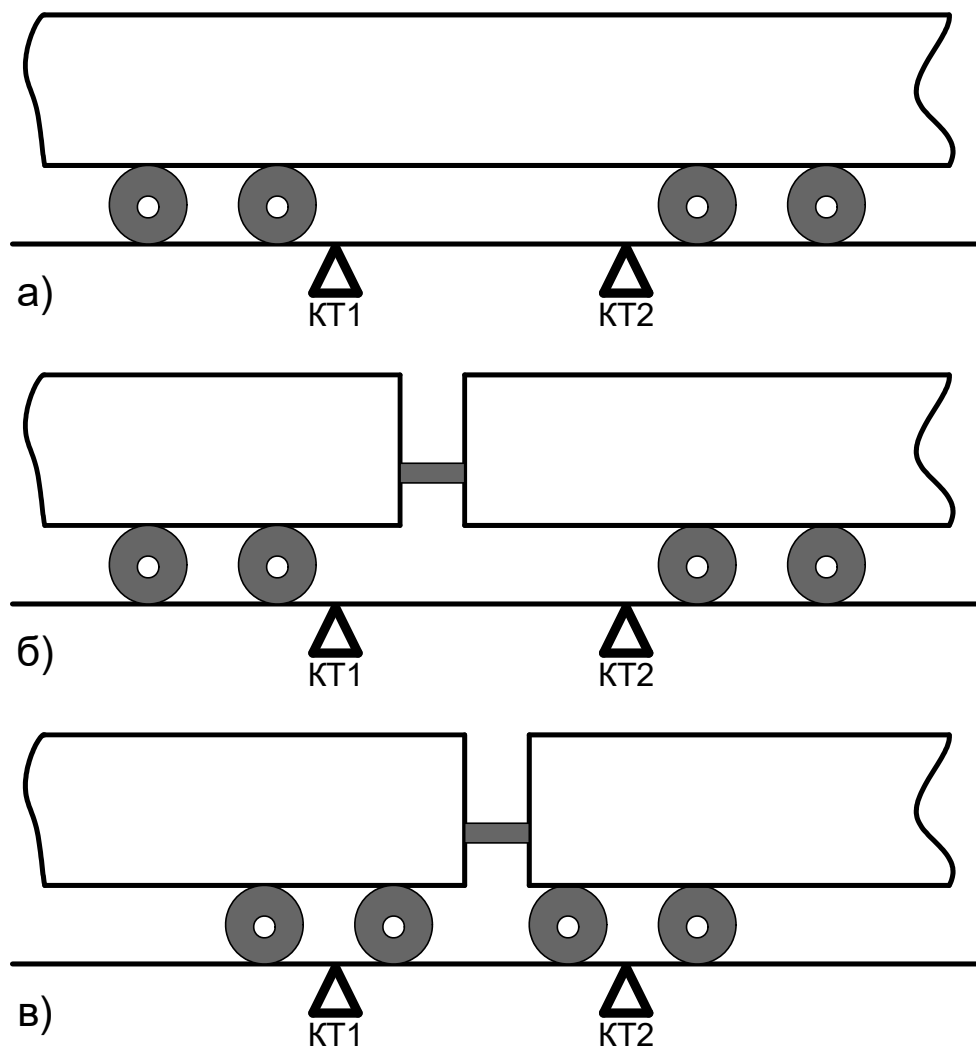


Рис. 2.8 - Варіанти розташування осей рухомої одиниці щодо контрольних точок

переведе його знову в нульовий стан (рис. 2.8б). Зміна стану тригера Т

виконується з ініціативи КТ2 (початковий напрямок руху вибрано від КТ1 до КТ2).

Прийняті в алгоритмах скорочення:

- Сч1, Сч2 - глобальні лічильники осей для КТ1 і КТ2;
- СчV1, СчV2 - лічильники рухомих одиниць, що пройшли КТ1 і КТ2;
- СчТ1, СчТ2 - лічильники осей візків для КТ1 і КТ2;
- Т - змінна-прапор визначення положення вагона щодо контрольних точок

На рис. 2.8 представлені варіанти розташування осей рухомої одиниці щодо контрольних точок.

При русі на контрольній ділянці першого візка рухомої одиниці ці лічильники працюють на збільшення, а при русі другої - на зменшення, що визначається станом тригера Т. Їх обнулення

Головним недоліком більшості подібних методів є збій в роботі, коли в відчепі більше однієї рухомої одиниці і відстань між крайніми осями двох суміжних з них менше, ніж відстань між контрольними точками (рис. 2.8в). Перевага алгоритмів обробки сигналів в вищеописаному методі полягає в тому, що ідентифікації підлягають всі рухомі одиниці без будь-якого обмеження, пов'язаного з міжосьовими відстанями.

У таблиці 2.4 представлені результати проведених експериментів з визначенням межосних відстаней ідентифікованих отцепов. Рис. 2.1 відображає графічно прийняті в таблиці 2.4 скорочені назви міжосьових відстаней.

Адекватність моделі була перевірена за допомогою фізичної моделі, представленої у вигляді зменшеної копії реального контрольного ділянки, а також за допомогою математико-аналітичних розрахунків. Проведені перевірки показали повну відповідність представленої моделі реальному процесу руху отцепу на контрольній ділянці і методам ідентифікації.

Таблиця 2.4

Результати імітаційного моделювання

номер експерименту	ідентифікований відцеп								Помилка ідентифікації
	1-й вагон				2-й вагон				
	осності	L_{cu} , мм	L_{bt} , мм	L_{vn} , мм	осності	L_{cu} , мм	L_{bt} , мм	L_{vn} , мм	
1	4	910	1850	4800	-	-	-	-	немає
2	6	1080	3400	5270	-	-	-	-	немає
3	8	1560	5050	3400	-	-	-	-	немає
4	4	910	1850	4800	4	910	1850	4800	немає
5	4	1420	1850	6020	6	1080	3400	5270	немає
6	4	2705	1850	15150	8	1640	5050	8870	немає
7	6	870	3000	4400	6	870	3000	4400	немає
8	6	2080	3400	5500	8	1330	5050	7200	немає
9	8	2150	5050	11620	8	1560	5050	8870	немає

При русі відчеплення по контрольному ділянці виконувалися різні комбінації операцій управління рухом відчеплення. Згідно з аналізом отриманих результатів можна зробити однозначний висновок: запропонований метод визначення кількості і осності вагонів в відцепі однозначно точно і правильно працює для будь-яких типів і моделей вагонів, абсолютно не залежить від швидкості і прискорення руху, щодо не критичний до точності фіксації осі отцепа контрольної точкою.

2.4. Імітаційне моделювання процесу визначення помилки ідентифікації рухомих одиниць

Було висловлено припущення, що на помилку ідентифікації найбільш істотно впливають такі чинники:

- початкова швидкість наїзду колісної пари на вимірювальний ділянку, а саме на першу контрольну точку КТ1 (V1);
- прискорення руху на вимірювальній ділянці (a);

- відстань між датчиками (L);
- величина міжосьової відстані (S);
- точність роботи точкових колійних датчиків (середнє відхилення відстані фіксації колеса рухомої одиниці від центру датчика, розподілене за нормальним законом розподілу - σ_d [56]).

На рис. 2.9. представлена схема ділянки ідентифікації, на якій відображені всі використовувані в імітаційній моделі статичні характеристики, як самого ділянки з колісною парою, так і датчика. величина Δl відповідає зоні спрацювання датчика, а величина δ - абсолютним значенням помилки

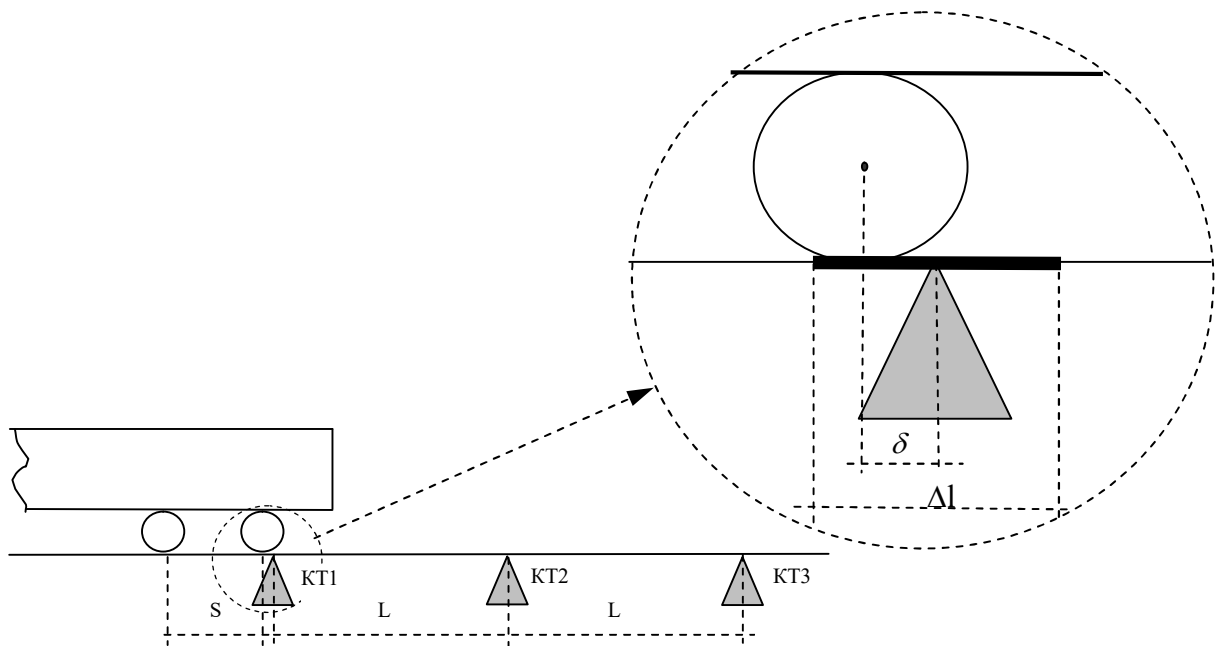


Рис. 2.9 - Структура ділянки ідентифікації рухомого складу, яка реалізована в моделі

датчика. Інші позначення відповідають вищеописаним факторів, що впливають на процес ідентифікації.

При імітації процесу ідентифікації три з вхідних величин фіксуються, а дві змінюються в заданому діапазоні з заданим кроком моделювання. Змінні величини представлені в алгоритмі змінними $P1$ і $P2$, а початкове, кінцеве

значення і крок зміни цих змінних як $P1_{нач}$, $P1_{кон}$, $\Delta P1$ і $P2_{нач}$, $P2_{кон}$, $\Delta P2$ відповідно. Вибір варіюваних величин і їх значень, виконується на початку процесу моделювання. Решта величини залишалися незмінними на всьому етапі моделювання.

При моделюванні, рух рухомої одиниці, на контрольній ділянці, приймалося як равноускоренное і описувалося загальновідомими рівняннями руху матеріальної точки. Значення прискорення вибиралися негативними, нульовими і позитивними. У разі негативних прискорень передбачалася можлива зупинка рухомої одиниці на контрольній ділянці.

За допомогою розробленої імітаційної моделі і отриманої аналітично формули визначення середнього квадратичного відхилення помилки визначення міжосьової відстані, був проведений ряд експериментів. Початковими даними були п'ять вищеописаних величин. При цьому прискорення вибиралося з діапазону $0,1 - 0,6 \text{ м / с}^2$ з кроком $0,1 \text{ м / с}^2$; початкова швидкість $1 - 15 \text{ м / с}$ з кроком 1 м / с ; відстань між датчиками 3 м і 6 м ; міжосьова відстань $2 - 10 \text{ м}$ з кроком 1 м ; середнє відхилення відстані фіксації колеса рухомої одиниці від центру датчика $5 - 20 \text{ мм}$ з кроком 5 мм . В результаті проведених експериментів були отримані дані про середньому квадратичному відхиленні помилки визначення міжосьової відстані з використанням імітаційної моделі і аналітичних обчислень. Аналіз отриманих даних підтвердив рівнозначність отриманих результатів з двох джерел: абсолютна похибка не перевищувала десятих часток міліметра (одиниць міліметра при $S > 10 \text{ м}$), А відносна похибка в середньому не перевищувала $1,5 - 1,7\%$.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок про адекватність імітаційної моделі ідентифікації. Надалі передбачається використання імітаційної моделі для вивчення впливу різних чинників на процес ідентифікації рухомого складу.

Провівши аналіз міжосьових відстаней рухомих одиниць, які використовуються на залізницях нашої країни, було зроблено такий висновок: вагони різних типів мають однакові міжосьові відстані або розрізняються на

невелику величину (620 мм). Тому при ідентифікації рухомих одиниць можливий варіант з поділом всіх рухомих одиниць на групи. При розподілі на групи враховується необхідна точність визначення міжосьових відстаней. Під міжосьовим відстанню, в даному способі поділу на підгрупи, приймаємо відстань між внутрішніми осями рухомої одиниці, як найбільш характеризує її параметр (інші відстані можуть використовуватися як допоміжні). Так, при точності визначення міжосьових відстаней, що дорівнює 50 мм, Виходять дві групи з трьох типів рухомих одиниць, чотири з двох, а всі інші групи містять по одній рухомій одиниці. Тобто, в цьому випадку відбувається ідентифікація рухомої одиниці з точністю до визначення групи, в яку вона входить. При цьому в діапазоні міжосьових відстаней від 5,4 м до 6 м знаходиться три групи, від 7,4 м до 7,9 м дві і від 11,5 м до 11,55 м одна.

3. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОКРЕМИХ РУХОМИХ ОДИНИЦЬ І ПОЇЗДУ В ЦІЛОМУ

3.1. Аналіз можливих і допустимих похибок положення міжосьових відстаней рухомих одиниць

Після визначення можливих значень помилки визначення міжосьових відстаней можна зробити висновок про якість даної операції і, як результат, виконати визначення типу рухомої одиниці. Зрозуміло, наскільки б не був точний метод визначення міжосьової відстані, похибка завжди буде присутній. На значення похибки впливає безліч факторів, наприклад, таких як похибка роботи датчика, відстань між датчиками, знос колісних пар, виляння колісних пар, пориви вітру і т.д. Завдання полягає в порівнянні допустимих і можливих значень помилок. Дані про можливі значення похибок положення міжосьових відстаней можна отримати з використанням імітаційної моделі, або скориставшись формулами [45], для обраного контрольного ділянки, датчиків і міжосьової відстані (як зазначалося вище, значення швидкості і прискорення рухомих одиниць можна не враховувати). Дані про допустимих значення помилки визначення міжосьових відстаней були взяті з таблиць 2.1 - 2.3. Дані про можливі значення помилок характеризуються середнім квадратичним відхиленням з нульовим математичним очікуванням. Допустимі значення помилок представлені у вигляді різниці міжосьових відстаней двох рухомих одиниць однакової осності і з найбільш близькими значеннями. Для виконання порівняння виконаємо перетворення допустимих значень помилок від абсолютних значень до значень середнього квадратичного відхилення, використовуючи для цього правило трьох сигм [114]. Алгоритм перетворення складається з наступних операцій:

1. Вибираються два найбільш близькі значення міжосьової відстані рухомих одиниць різних типів. При цьому окремо будемо розглядати відстані між осями в візку і між внутрішніми осями рухомих одиниць.

2. Визначається абсолютне значення різниці цих величин і ділиться навпіл.

3. Отримана різниця ділиться на 3, згідно з правилом трьох сигм з ймовірністю 0,997, прийнятої за технічну одиницю. Отримане значення будемо розглядати як середнє відхилення допустимого значення помилки визначення міжосьової відстані.

Розглянемо спочатку значення міжосьових відстаней між осями рухомих одиниць. Вони складають наступні значення 1350, 1700, 1750, 1850, 2100 мм. Отже, середні квадратичні відхилення повинні бути рівні 58,3, 8,3, 33,3 і 41,7 мм. Згідно з даними імітаційної моделі можливі значення середнього квадратичного відхилення для даного міжосьової відстані знаходиться в інтервалі 5 - 9 мм (Для вимірювальної ділянки довжиною 6 - 12 м і середнього квадратичного відхилення роботи датчика 3 - 7 мм). Для даних міжосьових відстаней така точність є прийнятною.

При аналізі міжосьових відстаней між внутрішніми осями рухомих одиниць було відзначено, що різні типи рухомих одиниць мають однакові дані величини, або різниця цих величин дуже мала, приблизно 6 - 20 мм. Визначити міжосьову відстань з такою точністю практично неможливо.

Результати подальшого аналізу представлені у вигляді графіків на рис. 3.1 і 3.2.



Рис. 3.1 - Графік залежності можливих і допустимих значень помилок визначення міжосьових відстаней для контрольної ділянки 12м

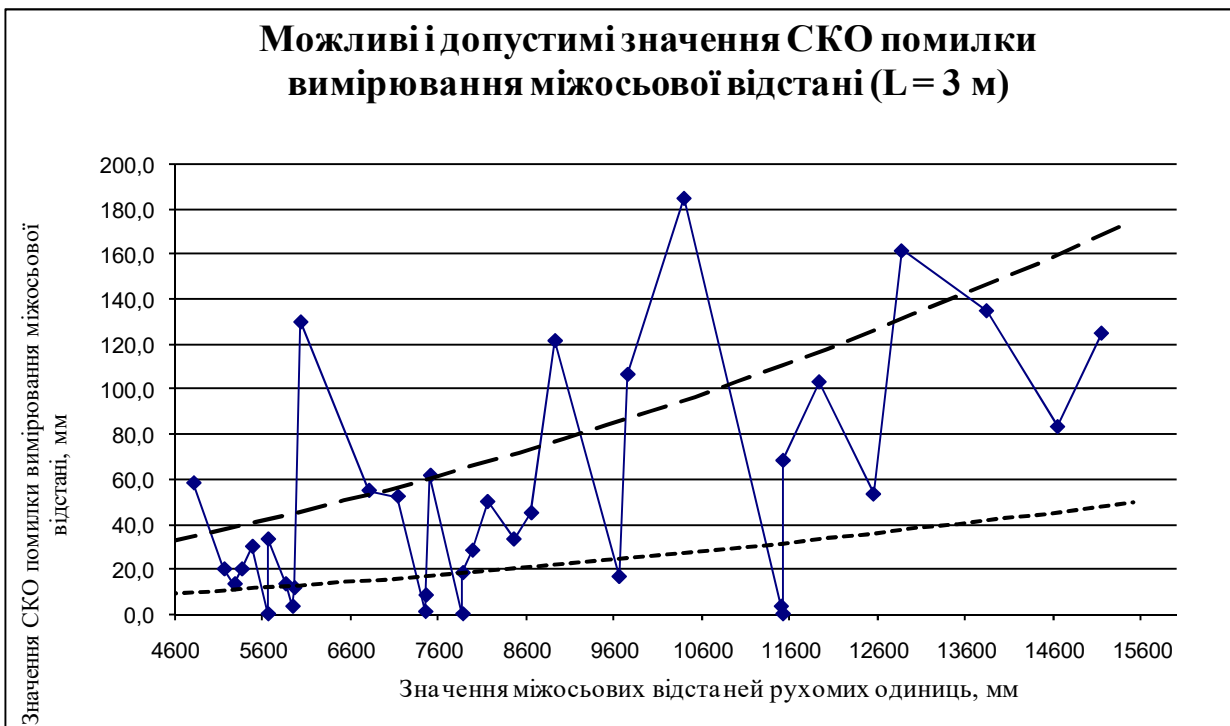


Рис.3.2. - Графік залежності можливих і допустимих значень помилок визначення міжосьових відстаней для контрольної ділянки 6м

На обох малюнках суцільною лінією відображаються середні квадратичні відхилення допустимих значень помилок визначення міжосьових відстаней. Пунктирними лініями відображаються середні квадратичні відхилення можливих значень помилок. Нижня пунктирна лінія відповідає датчику із середнім квадратичним відхиленням, рівним 3 мм, А верхня рівним 7 мм. Графік, представлений на рис.3.1, відображає можливі значення помилок для контрольного ділянки 6м ($L = 3$ м), а на малюнку 4.2 контрольний ділянку дорівнює 12 м ($L = 6$ м).

Таким чином, можна зробити наступний висновок: найбільш оптимальну якість ідентифікації рухомої одиниці можна отримати тільки при довжині контрольного ділянки дорівнює не менше 12 м і середньо квадратичному відхиленні зони спрацьовування датчика не більше 3 мм. Однак в ряді випадків це не є прийнятним як для довжини контрольного ділянки, так і для можливих характеристик датчика. Тому необхідно розробити відповідну методику, яка дасть позитивний результат при критичних значеннях вихідних даних.

3.2 Визначення типу рухомих одиниць по міжосьовій відстані

Як зазначалося вище, визначення типу рухомої одиниці ми будемо виробляти за певним відстані між внутрішніми осями рухомих одиниць. Але в ряді випадків різниця між цими відстанями дуже мала, або взагалі дорівнює 0. Тому при ідентифікації рухомих одиниць можливий варіант з поділом всіх рухомих одиниць на групи. При розподілі на групи враховуються точність визначення міжосьових відстаней. Так, при точності визначення міжосьових відстаней рівній 50 мм виходять одна група з трьох рухомих одиниць, три - з двох, а всі інші групи містять по одній рухомий одиниці. Тобто, в цьому випадку відбувається ідентифікація рухомої одиниці з точністю до визначення групи. Кількість груп та їх склад може змінюватися в залежності від точності ідентифікації.

Структурна схема ділянки, запропонованого методу визначення типу рухомих одиниць, по засобу визначення міжосьових відстаней, схематично представлена на рис. 3.3.

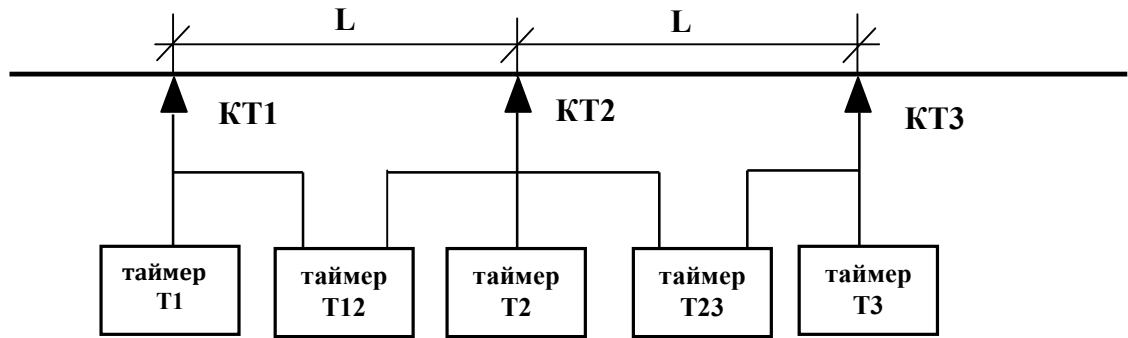


Рис. 3.3 - Структурна схема ділянки визначення міжосьових відстаней

Три контрольні точки - КТ1, КТ2 і КТ3, розташовані на відстані L один від одного. Таймери Т12 і Т23 визначають тимчасові інтервали t_{12} і t_{23} між наїздом колеса рухомої одиниці на контрольні точки КТ1 - КТ2 і КТ2 - КТ3 відповідно. Отримані значення t_{12} і t_{23} необхідні для визначення початкової швидкості наїзду колісної пари на кожну з контрольних точок V_1 , V_2 і V_3 вимірювальної ділянки і прискорення руху. Таймери Т1, Т2 і Т3 визначають тимчасові інтервали t_1 , t_2 і t_3 між наїздом суміжними колесами колісних пар на контрольні точки КТ1, КТ2 і КТ3. Ці дані необхідні для визначення межосних відстаней між суміжними колісними парами. При цьому триразове визначення міжосьової відстані дозволяє збільшити точність його вимірювання. Обчислення міжосьових відстаней буде дорівнює середньому арифметичному трьох вимірів.

В результаті проходження рухомий одиницею контрольного ділянки обчислюються всі її міжосьові відстані. Для визначення типу рухомої одиниці або групи, до якої вона відноситься, необхідно вирішити такі завдання:

- визначити осності рухомої одиниці;

- визначити яке з заміряних відстаней є відстанню між внутрішніми осями;
- по заміряному і певного відстані між внутрішніми осями рухомої одиниці визначити її тип.

Для вирішення перших двох завдань можна скористатися методом визначення кількості рухомих одиниць і їх осності з використанням однієї контрольної точки, представленим в розділі 2.

Для визначення типу рухомої одиниці використовуємо імовірнісний підхід. У роботі виведена функціональна залежність помилки визначення міжосьової відстані від структури ділянки, параметрів технічних засобів і об'єкта ідентифікації (формула 3.1). Використовуючи дану формулу і застосувавши правило трьох сигм, визначаємо інтервал можливих значень вимірюваної величини. Далі визначаємо, які з рухомих одиниць потрапляють в певний інтервал. Для цього необхідно використовувати базу даних про рухомі одиниці, що містить їх міжосьові відстані. Помилка визначення міжосьових відстаней підпорядковується нормальному закону розподілу: з щільністю ймовірності

$$f(S) = \frac{1}{\sigma_{\Delta S} \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{S^2}{2 \cdot \sigma_{\Delta S}^2}}, \quad (3.1)$$

де S - міжосьова відстань рухомої одиниці;

$\sigma_{\Delta S}$ - середньоквадратичне відхилення помилки визначення міжосьової відстані.

Тому в якості ідентифікованої рухомої одиниці може бути будь-яка, для якої вірно нерівність

$$S - 3 \cdot \sigma_{\Delta S} < S' < S + 3 \cdot \sigma_{\Delta S}, \quad (3.2)$$

де S - відстань між внутрішніми осями рухомої одиниці за каталогом;

S' - виміряне відстань між внутрішніми осями рухомої одиниці.

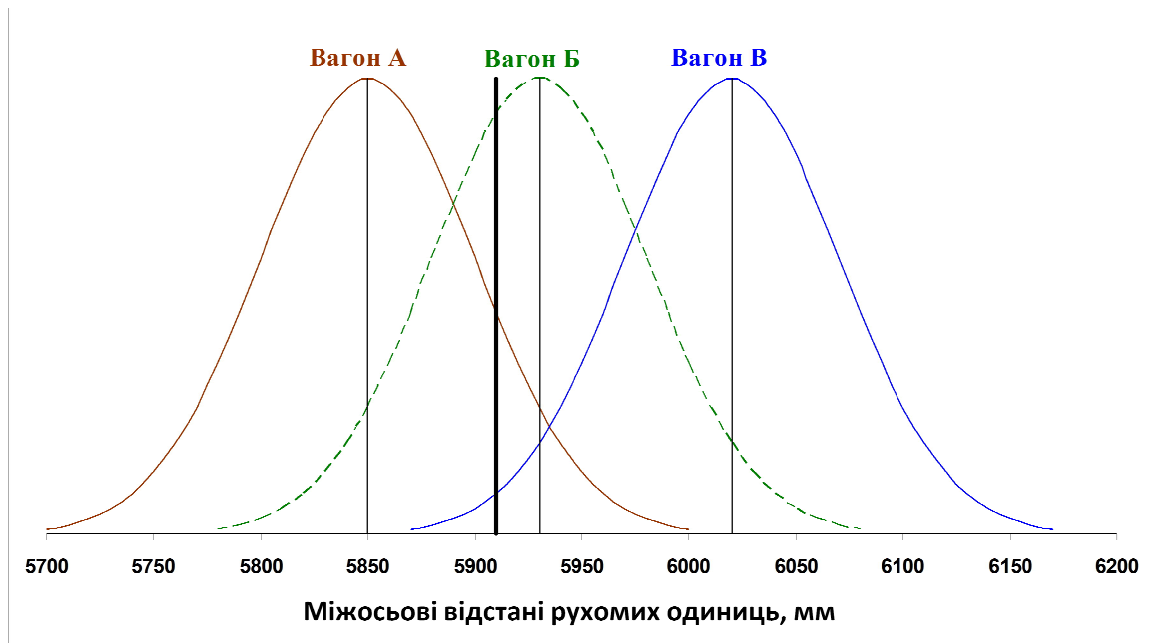


Рис.3.4. Ймовірнісний підхід ідентифікації рухомої одиниці

На рис.3.4. представлений приклад визначення групи рухомих одиниць, які відповідають умовам ідентифікації.

За результатами визначення міжосьової відстані між внутрішніми осями було отримано значення 5910 мм. Жодному з вагонів в базі даних не відповідає дане значення. Згідно з правилом трьох сигм визначаємо інтервал допустимих значень, де значення сигми обчислювалося по формулі (3.1). В даний інтервал потрапляють 3 типи вагонів: вагон А, вагон Б, вагон В з відстанями між внутрішніми осями 5850мм, 5930мм, 6020мм відповідно. Згідно щільності ймовірності помилки визначення міжосьової відстані для кожного з вагонів, найбільшу ймовірність має вагон Б, найменшу вагон А. Однак зробити висновок про те, що можуть бути ідентифіковані вагоном є вагон Б було б помилково. Цілком можливо, що при ідентифікації даного вагона помилка датчика мала своє граничне значення, і ідентифікації піддавався вагон А чи вагон В. Результатом ідентифікації, з використанням даного методу, є точне визначення типу рухомої одиниці або обмеженої групи, до якої вона відноситься.

3.3. Ймовірнісний метод ідентифікації поїзда з використанням ТГНЛ

Завдання ідентифікації поїзда актуальна в багатьох інформаційних системах, що відображають стану технологічних процесів на залізниці. Однією з них є завдання визначення поїзда, який пройшов контрольний ділянку, при деякому наборі можливих варіантів поїздів. На практиці: є кілька поїздів, які знаходяться на підході до сортувальної станції; треба визначитися, який саме з них пройшов контрольний ділянку. Інформація про кожному поїзді представлена у вигляді телеграми натурного листа поїзда (ТГНЛ) із зазначенням всіх вагонів, що входять до його складу, і їх номерів. На підставі набору ТГНЛ поїздів і ідентифікованих параметрів поїзда необхідно визначити відповідність даного поїзда і його ТГНЛ.

Рішення даної задачі можливе декількома способами, а саме:

- по підрахованому кількості осей у поїзді;
- по певній кількості вагонів і їх осності;
- за виявленими «опорним» вагонів;
- по розрахованим міжосьовим відстаням як засіб визначення типу вагонів.

При використанні першого і другого з цих способів необхідний контрольний ділянку з одним точковим колійним датчиком, для третього і четвертого способів - три.

Ідентифікація поїзда з використанням перших трьох способів є найбільш простий і більш надійною, з точки зору ймовірності правильної ідентифікації даних параметрів поїзда, що проходить контрольний ділянку. Але при цьому результати ідентифікації поїзда менш інформативні, так як ідентифікуються параметри часто підходять до різних потягів. Під поняттям «опорний» вагон в даному випадку необхідно розуміти вагон з певним місцем розташування в складі поїзда і однозначно ідентифікованим. Такий вагон повинен бути тільки в ідентифікованим поїзді, наприклад транспортер. Ідентифікація по останньому способу має ймовірнісний характер, який залежить від точності розрахунку

міжосьових відстаней і правильності визначення типу вагонів. Даний спосіб є найбільш інформативним, що дозволяє визначити до 4 цифр номера кожного вагона в поїзді.

При ідентифікації поїзда були використані розроблені методи ідентифікації, що дозволяють визначити наступні його характеристики:

- кількість вагонів у поїзді;
- осності кожного вагона;
- тип кожного вагона;
- довжину кожного вагона.

Кожному вагону поїзда за певними характеристиками ставиться у відповідність один або кілька вагонів з усього парку вантажних вагонів. Для цього розроблена база даних вантажних вагонів парків залізниць колії 1520 мм. Структура даної таблиці бази даних наведена в додатку Д і містить наступні параметри:

- умовний код рухомої одиниці;
- осності рухомої одиниці;
- відстань від головки автозчеплення до крайнього колеса рухомої одиниці;
- відстань між колесами всередині візки;
- відстань між внутрішніми осями рухомої одиниці;
- відстань між крайніми колесами рухомої одиниці;
- тип рухомої одиниці.

Як зазначалося вище, дані характеристики вагонів дозволяють визначити до 4 цифр номера вагона. Нумерація вантажних вагонів має два види:

- система нумерації інвентарних вантажних вагонів парків залізниць;
- система нумерації власних вантажних вагонів парків залізниць.

У першому випадку можливе визначення 4 цифр номера, а саме (рис. 3.6):

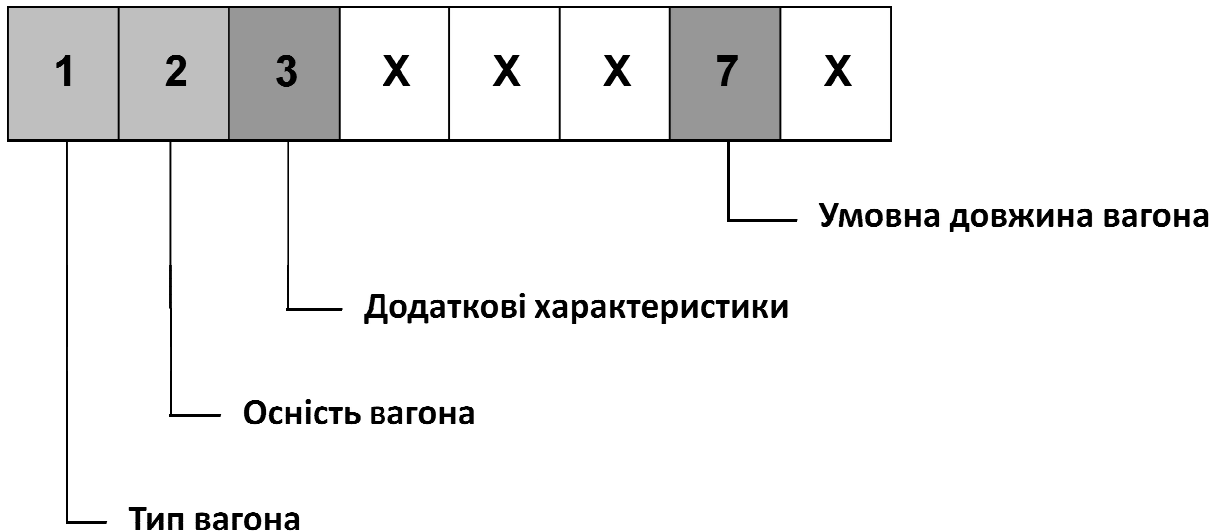


Рис.3.6. Система нумерації інвентарних вантажних вагонів парків залізниць

- 1-а цифра: тип вагона;
- 2-а цифра: осності вагона;
- можливі варіанти 3-ї цифри: тип вагона (для вагонів у яких 1-а цифра дорівнює 3 або 9);

- можливі варіанти 7-й цифри: довжина вагона.

У другому випадку так само можливе визначення 4-х цифр вагона, але тільки 1-у, 2-у, 3-ю і 4-у цифри. При цьому перша цифра завжди дорівнює 5. Кодування 2-й, 3-й і 4-й цифр виконано деяким випадковим чином, без застосування систематизації.

Дані про нумерацію вантажних вагонів також були занесені в базу даних. Структура таблиці бази даних наведена в додатку Д і містить наступні параметри:

- умовний код рухомої одиниці;
- 1-я цифра номера вагона;
- можливі варіанти 2-й цифри;
- можливі варіанти 3-й цифри;
- можливі варіанти 7 (4) -й цифри.

Варто відзначити, маючи дані двох вищеописаних таблиць, можна виконати наступні відповідності:

- для кожного номера вагона визначити його характеристики;
- за певними характеристиками вагона визначити набір можливих його номерів.

Обидві таблиці пов'язані між собою умовним кодом, який є внутрішнім для системи ідентифікації.

Загальний алгоритм ідентифікації поїзда в цілому складається з його повагонної ідентифікації. На підставі певних характеристик вагона формується набір його можливих номерів. Також формуються можливі номери вагонів для кожного з аналізованих поїздів. Далі виконується порівняння даних ТГНЛ з вагонами кожного з поїздів. На підставі проведеного порівняння визначається шуканий поїзд. У разі, коли в групі поїздів знаходяться два і більше однакових поїзда, за характеристиками вагонів результатом ідентифікації буде декілька рішень.

Описаний метод ідентифікації поїзда прийнятний тільки в разі, коли склад вагонів поїзда повністю відповідає даним ТГНЛ. Дані ТГНЛ формуються на поїзд при його формуванні та відправці з сортувальної станції. При русі поїзда до наступної сортувальної станції можливо його зміна за складом вагонів, викликане виконанням різних технологічних операцій. Це можуть бути операції по додаванню або відчеплення вагона або групи вагонів на проміжних станціях. При цьому можливо, що необхідні корективи в ТГНЛ будуть внесені з запізненням. В результаті чого склад вагонів поїзда не буде відповідати початковим даними ТГНЛ. Виконання подібних технологічних операцій вимагає коригування алгоритму ідентифікації.

Було розглянуто виконання таких операцій, що змінюють склад поїзда:

- додавання в кінець поїзда вагона або групи вагонів;
- відчеплення з кінця поїзда вагона або групи вагонів;
- відчеплення вагона або групи вагонів всередині поїзда;

– зміна послідовності вагонів в поїзді (зміна «голови» і «хвоста» місцями).

Перші два види операцій цілком могли бути заплановані раніше, третій вид операцій пов'язаний з можливими технічними неполадками вагонів. В результаті подібних змін складу поїзда процес ідентифікації необхідно розглядати як виявлення максимально правдоподібного рішення з кінцевого числа можливих. Для цього в алгоритм ідентифікації поїзда вводиться коефіцієнт якості ідентифікації, згідно з яким визначається кількість можливих невідповідностей складу поїзда і даних ТГНЛ.

Остаточний алгоритм ідентифікації складається з наступних операцій:

- порівняння даних ТГНЛ поїздів і даних повагонної ідентифікації поїзда;
- підрахунок кількості збігів («попадань») даних ТГНЛ поїздів і даних повагонної ідентифікації поїзда;
- процес підрахунку збігів виконується до закінчення списку вагонів ТГНЛ або до моменту, коли кількість розбіжностей («промахів») перевищить значення коефіцієнта якості ідентифікації;
- результатом ідентифікації буде обраний поїзд, який має максимальну кількість «влучень».

Розрахунок показника збігів для кожного з поїздів відбувається за наступною формулою:

$$Q_j = \frac{M_j}{\sum_{j=1}^N M_j},$$

де Q_j - показник збігів для j -го поїзда;

M_j - кількість «влучень» для j -го поїзда;

N - кількість ідентифікованих поїздів.

На рис.3.7 представлена структура контрольного ділянки ідентифікації поїзда.

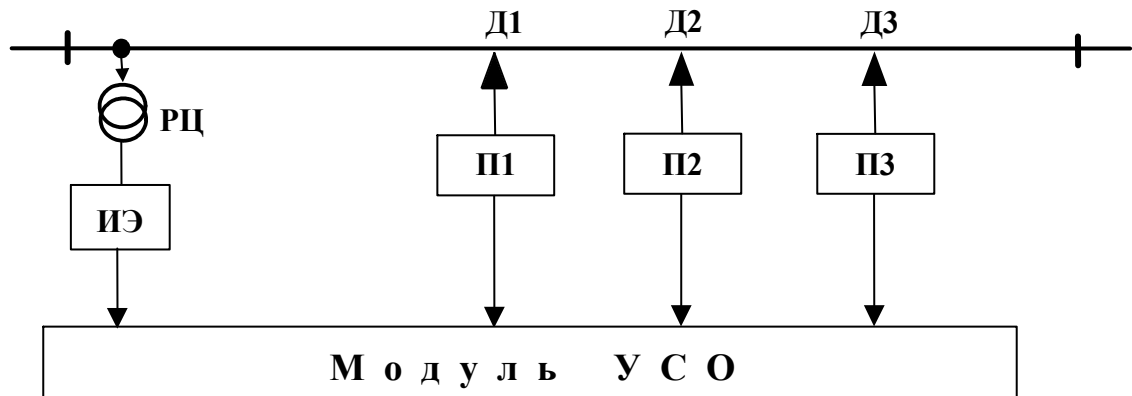


Рис.3.7. - Структура контрольної ділянки ідентифікації поїзда

Прийняті скорочення на рис.3.7.

- Д1, Д2, Д3 - точкові колійні датчики;
- П1, П2, П3 - перетворювачі сигналів від датчиків;
- РЦ - рейкове коло;
- ВЕ - виконавчий елемент.

Алгоритм ідентифікації поїзда представлений на рис.3.8.

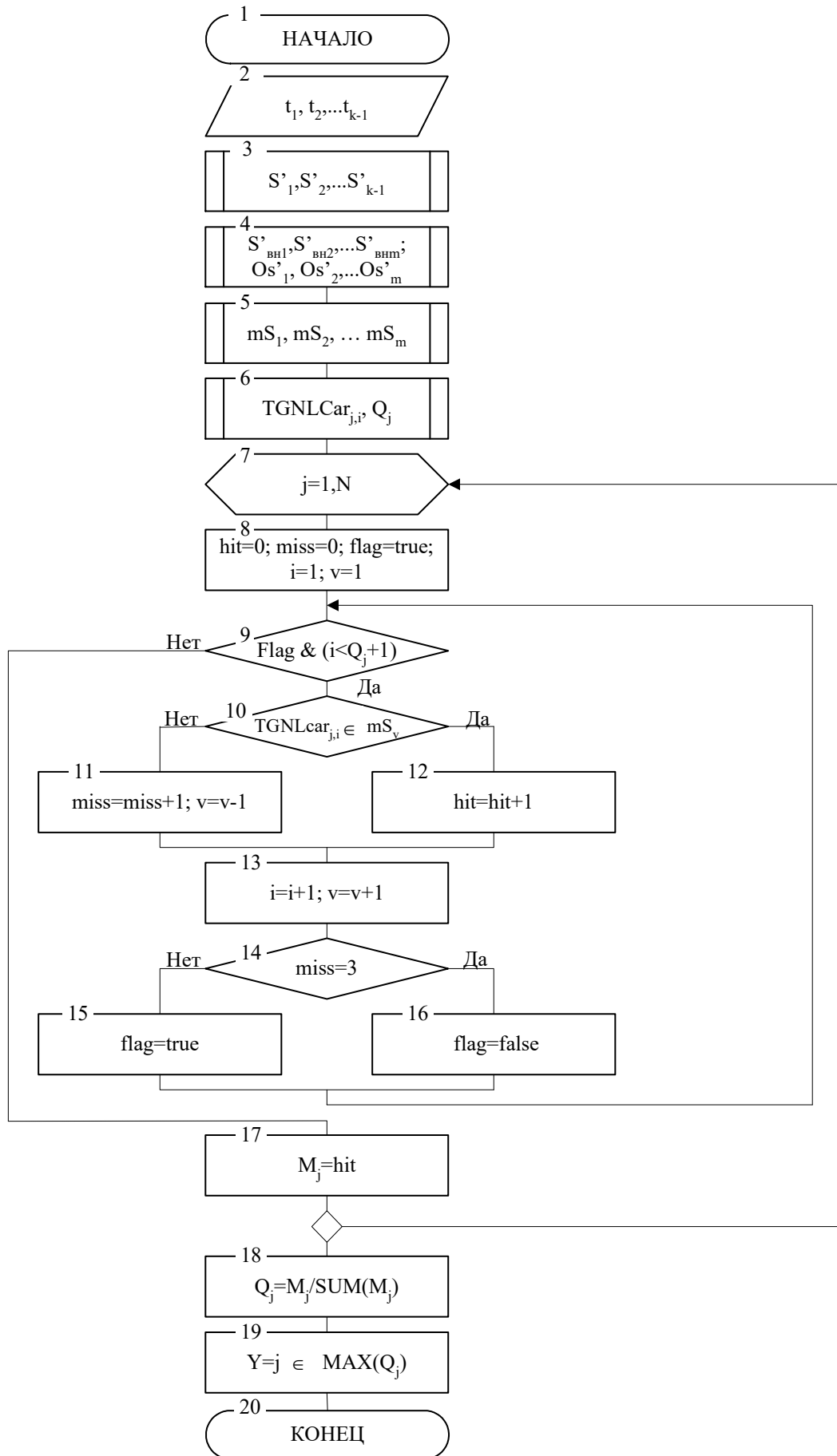


Рис.3.8. - Алгоритм ідентифікації поїзда з використанням ТГНЛ

Опис алгоритму ідентифікації поїзда:

- вихідними даними для ідентифікації поїзда є заміряні інтервали часу між наїздом суміжних коліс рухомих одиниць t_1, t_2, \dots, t_{k-1} , де k - кількість осей поїзда (блок 2);
- на підставі заміряних тимчасових інтервалів обчислюються значення міжосьових відстаней (блок 3);
- використовуючи одноточковий метод ідентифікації рухомих одиниць (див. п. 2.2) вибираються відстані між внутрішніми осями рухомих одиниць $S'_{вн1}, S'_{вн2}, \dots, S'_{внm}$ і обчислюється їх осності $O_{s'1}, O_{s'2}, \dots, O_{s'm}$, де m - певна кількість рухомих одиниць в складі поїзда (блок 4);
- для кожного ідентифікованого вагона формується вектор його можливих номерів mS_1, mS_2, \dots, mS_m (блок 5);
- для кожного j - поїзда формується масив номерів вагонів за даними ТГНЛ $TGNLCar_j$, i і масив кількості вагонів у кожному потязі Q_j (блок 6);
- виконується послідовний перебір і порівняння даних ТГНЛ поїздів і даних, отриманих в процесі ідентифікації поїзда, де N - кількість оброблюваних поїздів (блоки 7 - 17);
- використовувані змінні: hit - кількість «влучень», $miss$ - кількість «промахів», $flag$ - прапор перевищення значення коефіцієнта якості ідентифікації, i - індекс вагона в списку ТГНЛ, v - індекс вагона ідентифікованого поїзда (блок 8);
- організація перевірки вагонів поїзда за даними ТГНЛ (блок 9);
- перевірка збігу номера вагона за даними ТГНЛ з можливими варіантами за результатами ідентифікації (блок 10). У разі збігу відбувається збільшення кількості «попадань» (блок 12). В іншому випадку, збільшується кількість «промахів» і організація перевірки поточного вагона ідентифікованого поїзда з наступним номером вагона за даними ТГНЛ (блок 11);

- перевірка кількості «промахів» зі значення коефіцієнта якості ідентифікації. При перевищенні допустимої кількості «промахів» відбувається перехід до аналізу наступного поїзда (блоки 14, 15, 16);
- по закінченню аналізу поїзда значення кількості «попадань» заноситься в масив М (блок 17);
- розрахунок показника збіги для кожного поїзда (блок 18);
- визначення поїзда з максимальним значенням показника збіги (блок 19).

В даному алгоритмі особливу увагу варто приділити вибору значення показника якості ідентифікації, тому що саме цей показник впливає на кінцевий результат ідентифікації.

Для правильної ідентифікації поїзда даний алгоритм необхідно виконувати двічі для кожної ТГНЛ. У перший раз вагони аналізуються в порядку, який вказаний в ТГНЛ, вдруге в зворотному порядку. Це необхідно для випадку зміни «хвоста» і «голови» поїзди.

3.4. Імітаційна модель ідентифікації поїзда з використанням ТГНЛ

Для апробації та перевірки правильності роботи методу ідентифікації поїзда з використанням ТГНЛ було вибрано імітаційне моделювання.

Імітаційна модель була розроблена в середовищі Borland Delphi 7.0 з використанням СУБД FireBird 1.5.

Розроблена імітаційна модель виконує наступні дії:

- введення вихідних даних моделювання;
- формування списку поїздів;
- ведення бази даних парку вантажних вагонів з їх характеристиками і особливості їх нумерації;
- відображення проміжних даних процесу моделювання;
- відображення результатів моделювання.

В якості вхідних параметрів імітаційної моделі було обрано такі показники:

- початкова швидкість руху поїзда, м/с;
- прискорення руху, м/с²;
- відстань між датчиками, м;
- середньоквадратичне відхилення помилки датчика, мм;
- список номерів вагонів поїзда, що підлягає ідентифікації;
- кількість поїздів ідентифікації;
- коефіцієнт якості ідентифікації.

При формуванні списку поїздів надається можливість виконання операцій видалення, додавання, а також коригування номерів вагонів. Структура таблиць бази даних списку поїздів представлена в додатку Д.

Імітаційна модель дозволяє змінювати кількість типів рухомих одиниць і їх характеристики, а також змінювати порядок нумерації вагонів.

Як проміжних даних представлені наступні величини:

- значення міжосьових відстаней поїзда;
- значення певних міжосьових відстаней поїзда;
- значення помилки визначення міжосьових відстаней поїзда;
- час наїзду кожного колеса поїзда на кожен з трьох датчиків;
- інтервали часу між наїздом кожної пари суміжних коліс потяга на

кожен з трьох датчиків.

Результати моделювання складаються з наступних даних:

- певні значення відстані між внутрішніми осями кожного вагона і його осності на кожному датчику;
- масиви можливих номерів кожного вагона ідентифікованого поїзда;
- показник збігів для кожного з розглянутих поїздів;
- кінцевий результат - певний потяг.

Алгоритм функціонування імітаційної моделі процесу ідентифікації представлений на рис.3.9.

Опис алгоритму імітаційної моделі ідентифікації поїзда:

- введення вихідних даних і запуск процесу моделювання (блок 2);
- формування масиву відхилень фіксації коліс поїзда для кожного з трьох датчиків (блок 3);
 - формування масиву міжосьових відстаней поїзда з урахуванням похибок фіксації коліс датчиками (блок 4);
 - обчислення часових інтервалів між наїздами коліс потяга на кожен з трьох датчиків (блок 5);
 - запуск алгоритму ідентифікації рухомих одиниць поїзда (блок 6);
 - формування проміжних і кінцевих результатів моделювання (блок 7).

Експериментів ідентифікації поїзда проводились на імітаційній моделі, при наступних початкових умовах:

- початкова швидкість змінювалася в межах від 10 до 20 м/с з кроком 1 м/с;
- прискорення змінювалося в межах від 0,01 до 0.05м / с² з кроком 0.01 м/с²;
- відстань між датчиками приймалося рівним 3 м і 6 м;
- похибка датчика (середнє відхилення помилки фіксації колеса) змінювалася в межах від 5 мм до 20 мм з кроком 1 мм;
- кількість поїздів ідентифікації 7, 10 і 15;
- коефіцієнт якості ідентифікації приймав значення 3 і 5.

Для кожного з набору даних проводилося 50 випробувань.

Випробування проводилися в двох режимах:

- повну відповідність між ідентифікованим поїздом і його ТГНЛ;
- змінений склад ідентифікованого поїзда (розчіплювання, причіп вагонів).

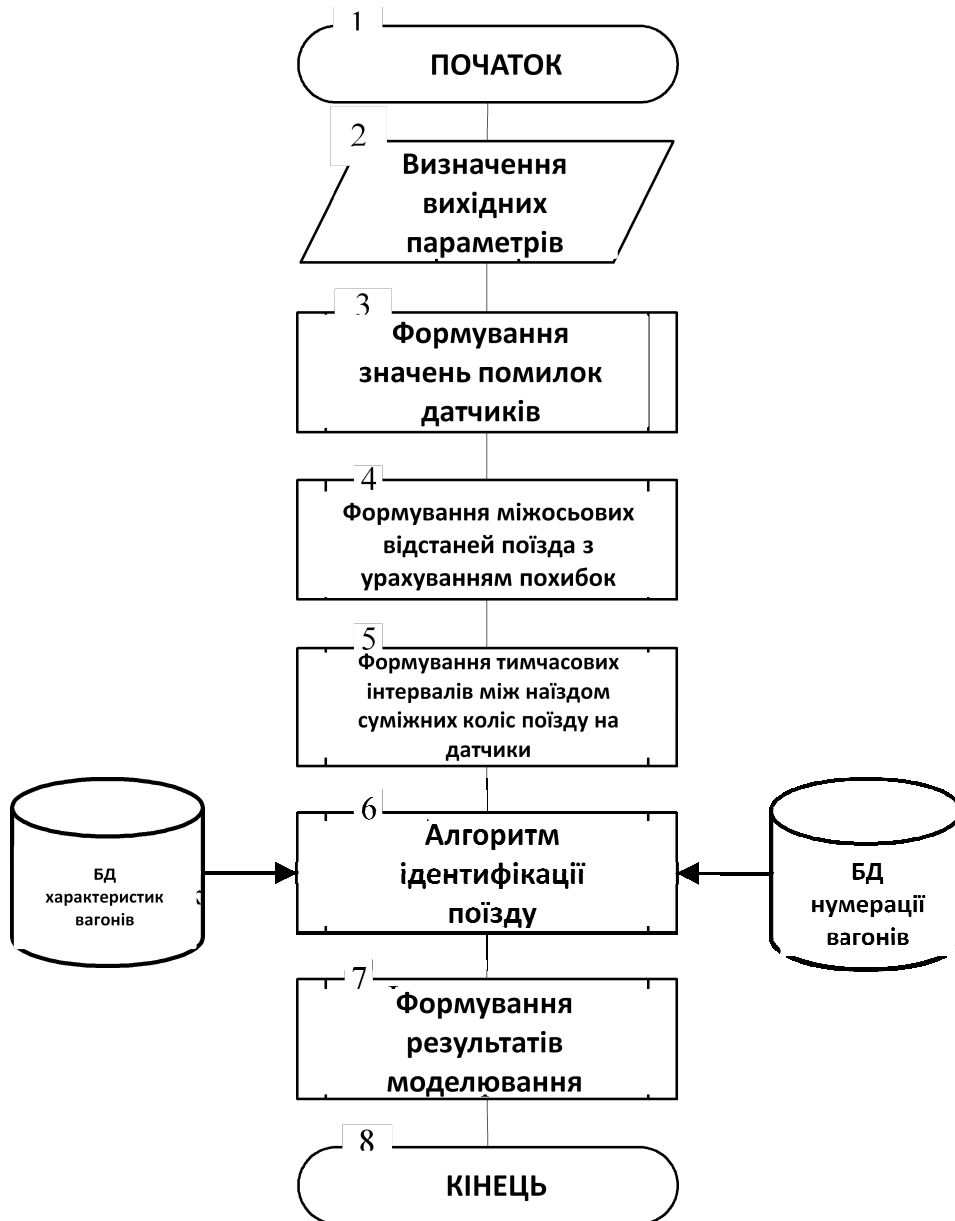


Рис.3.9. - Алгоритм імітаційної моделі ідентифікації поїзда

Поїзд, що підлягає ідентифікації, вибирався вручну або автоматично зі списку поїздів по закону рівномірного розподілу. Група поїздів формувалася автоматично за законом рівномірного розподілу без повторень одного і того ж поїзда в групі.

ВИСНОВКИ

Аналіз міжосьових відстаней рухомих одиниць показав, що найбільш важливим параметром для їх ідентифікації (визначення типу) є відстань між внутрішніми осями. Другий за значимістю параметром ідентифікації рухомої одиниці є відстань між голівкою автозчеплення і крайньою віссю. Цей параметр можна використовувати в якості допоміжного. Відстані між осями візка є найменш інформативними з точки зору визначення типу рухомих одиниць.

Досягнуто можливість розширення ідентифікації рухомих одиниць на контрольній ділянці для різних видів руху, за рахунок введення коригувальних коефіцієнтів μ для цих видів руху (рівноприскореного руху: $\mu = 1 \dots 1,213$; рівномірний рух: $\mu = 1,153 \dots 2,224$; рівносповільнений рух: $\mu = 1 \dots 1,476$). Обчислення значень коефіцієнтів μ були виконані для прискорень в діапазоні від $-0,6$ до $0,6 \text{ м/с}^2$, зміна початкової швидкості руху здійснювалася від 0 до 15 м/с . При цьому середньоквадратичне відхилення помилки датчика не повинно перевищувати 14 мм .

Розроблена структура контрольної ділянки і процедура обробки сигналів для методу визначення кількості і осності рухомих одиниць, що не залежить від параметрів руху. Даний метод використовується на спускній частині гірки для контролю правильності розчеплення відчепів. Метод не критичний до видів руху відчепів (рух з прискоренням, зупинка, реверсивний рух).

Підвищена ефективність визначення типу рухомих одиниць за рахунок використання отриманої функції похибки визначення міжосьових відстаней від відстані між датчиками, величини вимірів міжосьової відстані, точності роботи точкових колійних датчиків ($\sigma_{\Delta S} = f(L, S, \sigma_d)$). Ця функція дозволяє обчислити граничну похибку визначення міжосьових відстаней на обраній контрольній ділянці, а також, виходячи з допустимих значень похибки, сформулювати параметри контрольної ділянки.

Розроблено метод ідентифікації поїзда з використанням ТГНЛ. При цьому ідентифікація поїзда виконується повагонно із застосуванням ймовірнісного підходу. У систему введено коефіцієнт якості ідентифікації, що дозволяє виконувати управління процесом ідентифікації.

Розроблено імітаційну модель ідентифікації поїзда на контрольній ділянці з використанням ТГНЛ. Метод ідентифікації поїзда показав високу надійність і правильність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Федоров В. Г. Использование системы автоматической идентификации контейнеров и подвижных средств (САИД)/ В. Г. Федоров, В. Л. Романов, Г. А. Угрюмов // Автоматика, телемеханика и связь. – 1996. – № 7. – С. 27–31.
2. Рейтц Д. Дж. Система автоматической идентификации подвижных составов / Д. Дж. Рейтц // Железные дороги мира. – 1987 – № 6. – С. 21–24.
3. Косилов Р. А. Телевизионно-цифровой комплекс считывания номеров вагонов / Р. А. Косилов, И. А. Озеров // Автоматика, телемеханика и связь. – 1998. – № 4. – С. 9–13.
4. Телевизионно-цифровой комплекс считывания номеров вагонов / Р. А. Косилов, А. В. Кекало, Е. В. Рубцов, А. Н. Рябинин // Автоматика, телемеханика и связь. – 1998. – № 3. – С. 12–14.
5. Смирнов А. Е. Метод распознавания номера вагона с помощью механизма нечеткого вывода / А. Е. Смирнов // Вестн. РГРТУ. – 2007. – № 22. – С. 24–27.
6. Денисов В. И. Системы считывания номеров подвижного состава / В. И. Денисов // Железнодорожный трансп. – 1988. – № 8. – С. 77–79.
7. Armstrong J. Vehicle ID: search ranges far and near / J. Armstrong // Railway Age. – 1985. – № 11. – P. 34–40.
8. Armstrong J. Breakthroughs in vehicle identification / John Armstrong // Railway Age. USE. – 1984. – № 4. – P. 40–42, 47–48.
9. Армстронг Дж. Системы идентификации подвижного состава на железных дорогах Северной Америки / Дж. Армстронг // Железные дороги мира. – 1987. – № 5. – С. 40–44.
10. Опыт использования технологии обработки изображений при проектировании интеллектуальных транспортных систем / С. Н. Еремин, Л. Л. Малыгин, А. Е. Михайлов, В. А. Царев // Искусственный интеллект

- в XXI веке : тр. международного конгр. ICAI'2001. – М. : Физматлит, 2001. – Т. 2. – С. 676–690.
11. Миямото Т. Применение электрооптических систем на железных дорогах Японии / Т. Миямото // O Plus E. – 1994. – № 181. – С. 107–112.
 12. Тодорики М. Системы автоматического считывания информации с вагонов / М. Тодорики // Железные дороги мира. – 1985. – № 11. – С. 22–26.
 13. Бергер Р. Средства автоматической идентификации подвижных составов в многофункциональных системах управления / Р. Бергер // Железные дороги мира. – 1992. – № 10. – С. 54–56.
 14. Форд Р. Идентификация и определение местоположения подвижного состава / Р. Форд // Modern Railways. – 1998. – N 592. – С. 25–27.
 15. Юге Т. Автоматическая идентификация вагонов на Японских национальных железных дорогах / Т. Юге // Железные дороги мира. – 1983. – № 12. – С. 54–56.
 16. Todoriki M. Automatic Car Identification System Using Microwave and Its Applications to Railway Transportation. / M. Todoriki, T. Yuge, C. Ushiyama // Quarterly reports of Railway Technical Research Institute. – 1984. – № 4. – P. 129–132.
 17. Системы автоматической идентификации подвижного состава на железных дорогах Северной Америки // Железные дороги мира. – 1993. – № 9. – С. 36–41.
 18. Горбунов В. А. Перспективы устройств автоматического считывания подвижного состава / В. А. Горбунов, В. А. Ежов // Железнодорожный трансп. – 1997. – № 3. – С. 7–9.
 19. Ткаченко А. П. Способ и система дистанционного опроса для идентификации объектов / А. П. Ткаченко // Радиотехника. – 1998. – № 5. – С. 48–52.

20. Система автоматической идентификации транспортных средств "Пальма" / В. В. Белов, В. А. Буянов, М. Д. Рабинович и др. // Железнодорожный трансп. – 2002. – № 8. – С. 54–59.
21. Филатов А. Система автоматической идентификации железнодорожного подвижного состава / А. Филатов // Железнодорожный трансп. – 1999. – № 9. – С. 68–70.
22. Системы автоматического определения местоположения и идентификации подвижного состава // Железные дороги мира. – 1998. – № 6. – С. 41–45.
23. Айценбегрег Г. Автоматическая идентификация подвижного состава / Г. Айценбегрег // Железные дороги мира. – 1991. – № 2. – С. 37–39.
24. AVI: a system that works (Burlington Northern tests automatic vehicle identification system) (includes article on Chicago and North Western's General Railway Signal "Identifier" system) // Railway Age. – 1989. – № 10. – P. 37–38.
25. Батисс Ф. Автоматическая идентификация подвижного состава / Ф. Батисс // Железные дороги мира. – 1997. – № 2. – С. 53–58.
26. Система счета осей Arl 70 – 30 фирмы SEL // Железные дороги мира. – 1994. – № 11. – С. 13–17.
27. Todoriki M. Automatic Car Identification System Using Microwave and Its Applications to Railway Transportation / M. Todoriki, T. Yuge, C. Ushiyama // Quarterly reports of Railway Technical Research Institute. – 1984. – № 4. – P. 129–132.
28. Fuller E. B. New Perspectives in Automatic Vehicle Identification / E. B. Fuller // Progressive Railroading. – 1985. – № 7. – P. 43–44.
29. Welty G. Vehicle ID: the transponder solution / G. Welty // Railway Age. – 1988. – № 7. – P. 49–51.
30. Webster K. O. Automatic Traffic and Asset Control System now Available / K. O. Webster // Railways. – 1990. – VI–VII. – P. 3,5,7.

31. Автоматическое опознавание транспортных средств. Система DYNICOM // Автоматика, телемеханика и связь. – 1995. – № 1. – С. 38–39.
32. Информационно-аналитический центр контроля ГЛОНАСС и GPS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.glonass-center.ru
33. European Space Agency [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.esa.int
34. Электронный журнал по геодезии, картографии и навигации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.geoprofi.ru
35. DYNICOM und INCOM für automatische Erkennung im Kombiverkehr // Ing. Post und Telekommun. – 1994. – № 2. – С. 100.
36. Домницкий Л. А. Устройство автоматического съема информации с подвижного состава железных дорог / Л. А. Домницкий // Автоматизированные информационные системы на железнодорожных станциях : межвуз. сб. науч. тр. / ДИИТ.– Д., 1986. – Вып. 247/15. – С. 83–88.
37. Домницкий Л. А. Об автоматическом считывания номеров вагонов / Л. А. Домницкий // Подъемно-транспортная техника и склады. – 1992. – № 1. – С. 22–27.
38. Подпалько Л. Ф. Использование проникающих излучений радиоактивных изотопов для автоматического считывания вагонов / Л. Ф. Подпалько // Тр. ЦНИИ МПС. – 1969. – Вып. 380. – С. 13–19.
39. Краковский Г. А. Методика подбора измерительных устройств при автоматизации горок / Г. А. Краковский // Вестн. ВНИИЖТа. – 1957. – № 6. – С. 44–49.
40. Федорко Ю. М. Устройство для автоматического подсчета вагонов по их типам / Ю. М. Федорко // Автоматика, телемеханика и связь. – 1972. – № 2. – С. 18–20.
41. Косорига Ю. А. Устройство для счета осей / Ю. А. Косорига // Автоматизированные системы управления техническими процессами на железнодорожных станциях. – 1980. – Вып. 211/9. – С. 75–77.

42. Штанке А. Э. Исследование способов реверсивного счета осей педалями ТПК / А. Э. Штанке // Автоматическое управление и вычислительная техника на железнодорожном транспорте : межвуз. сб. науч. ст. / ДИИТ. – Д., 1973. – С. 139–150.
43. Алексеев В. М. К вопросу выбора направления идентификации параметров в распознающих системах / В. М. Алексеев // Автоматизированные информационные системы на сортировочных станциях железнодорожного транспорта : межвуз. сб. науч. ст. / ДИИТ. – Д., 1986. – С. 99–103.
44. Губенко В. Е. Метод идентификации отцепов по сигналам рельсовых цепей / В. Е. Губенко // Автоматизированный информационно-управляющие системы на сортировочных станциях железнодорожного транспорта : межвуз. сб. науч. ст. / ДИИТ. – Д., 1988. – С. 35–42.
45. Губенко В. Е. Методическая ошибка измерения базы отцепа по сигналам рельсовых цепей / В. Е. Губенко // Автоматизированные информационные системы на сортировочных станциях железнодорожного транспорта : межвуз. сб. науч. ст. / ДИИТ. – Д., 1988. – С. 42–47.
46. Шамашов М. А. Программно-аппаратный измеритель скорости и межосевых расстояний, счетчик вагонов и осей / М. А. Шамашов // Автоматика, телемеханика и связь. – 1994. – № 8. – С. 9–10.
47. Ткачев В. М. Определение типа движущихся единиц подвижного состава с помощью реверсивной контрольной точки [в маневровых районах станций] / В. М. Ткачев // Структура автоматизированной системы управления железнодорожным транспортом : межвуз. сб. науч. ст. / БИИЖТ. – Гомель, 1986. – С. 103–110.
48. Егоров О. И. Метод определения осности и количества подвижных единиц в отцепе / О. И. Егоров // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 1999. – № 4. – С. 6–8.

- 49.Егоров О. И. Определение статических характеристик подвижного состава в АСУ ТП на железнодорожных станциях / О. И. Егоров // Вісн. Технологічного ун-ту Поділля. – 2002. – Т. 1. – С. 162–166.
- 50.Егоров О. И. Имитационная модель трехточечного метода определения межосевых расстояний подвижной единицы / О. И. Егоров // Вісн. Технологічного ун-ту Поділля. – 2003. – Т. 1. – С. 64–68.
- 51.Егоров О. Й. Імітаційна модель процесу ідентифікації вагонів у відчепі / О. Й. Егоров // Вісн. Тернопільського держ. техн. ун-ту. – 2003. – № 2. – Т. 8. – С. 93–99.
- 52.Егоров О. И. Исследование погрешности определения типа подвижных единиц на железнодорожном транспорте / О. И. Егоров // 36. наук. пр. Київського ун-ту економіки і технологій трансп. – 2003. – Вип. 4. – С. 36–41.
- 53.Егоров О. И. Горочное программно-задающее устройство на основе промышленных контроллеров / И. В. Жуковицкий, Ю. А. Косорига, О. И. Егоров // Вісн. Хмельницького нац. ун-ту. – 2007. – № 2. – С. 22–24.
- 54.Егоров О. И. Автоматизированная идентификация подвижных единиц и поезда в целом /И. В. Жуковицкий, О. И. Егоров // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2012. – № 6. – С. 77–82.
- 55.Косорига Ю. А. Контроль расцепа в горочных АСУ ТП на базе микроЭВМ / Ю. А. Косорига, А. В. Сесса // Автоматизированные информационно-управляющие системы на сортировочных станциях железнодорожного транспорта : межвуз. сб. науч. ст. / ДИИТ. – Д., 1990. – С. 71–76.
- 56.Штанке А. Э. Исследование и выбор путевых датчиков в системе диспетчерского контроля / А. Э. Штанке, И. Г. Красовская // Совершенствование устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : межвуз. сб. науч. ст. – Свердловск, 1973. – Вып. 34. – С 59–66.

- 57.А. с. № 580137 СССР, МКИ² В 61 L 1/16. Устройство для опознавания типа рельсовых транспортных средств / Балагуров Л. И., Валеев В. Ф., Коробочкин Ю. М. (СССР). – 1984751/27–11; заявл. 28.12.73; опубл. 15.11.77, Бюл. № 42, 3 с.
- 58.А. с. № 658023 СССР, МКИ² В 61 L 1/16. Устройство для автоматического счета подвижных объектов / Лямперт О. В. (СССР). – 1932643/27–11; заявл. 20.06.75; опубл. 25.04.79, Бюл. № 24, 5 с.
- 59.А. с. № 673504. СССР, МКИ² В 61 L 1/16. Устройство для определения движущихся объектов / Турцевич Г. В., Федоровский В. В., Франко Р. Т. (СССР). – 1932643/27–11; заявл. 20.06.73; опубл. 15.07.79, Бюл. № 12, 3 с.
- 60.А. с. № 722791 СССР, МКИ² В 61 L 1/16. Устройство для определения осности и учета вагонов / Дрейер Л. Г., Негачев В. Д. (СССР). – 2107080/27–11; заявл. 18.02.75; опубл. 25.03.80, Бюл. № 11, 3 с.
- 61.А. с. № 759371 СССР, МКИ³ В 61 L 1/16. Устройство для счета подвижных единиц на сортировочной горке / Игнатов Б.А., Красовский Г. А., Ципп Д. Э., Панасюк Р. В. (СССР). – 2568741/27–11; заявл. 09.01.78; опубл. 30.08.80, Бюл. № 32, 5 с.
- 62.А. с. № 797939 СССР, МКИ³ В 61 L 1/16. Устройство для счета осей / Косорига Ю. А. (СССР). – 2690753/27–11; заявл. 03.11.78; опубл. 23.01.81, Бюл. № 3, 3 с.
- 63.А. с. № 850465 СССР, МКИ³ В 61 L 1/16. Устройство счета единиц подвижного состава / Абросимов А. В., Василенко М. Н., Молодцов В. П., Сапожников В. В., Сапожников В. В., Трохов В. Г., Онуфриев О. В. (СССР). – 2850940/27–11; заявл. 12.12.79; опубл. 30.07.81, Бюл. № 28, 2 с.
- 64.А. с. № 943060 СССР, МКИ³ В 61 L 25/02. Устройство для опознавания типа вагонов / Клеветенко Е. Н. СССР. – 3210635/27–11; заявл. 03.12.80; опубл. 15.07.82, Бюл. № 6, 4 с.
- 65.А. с. № 1039777 СССР, МКИ³ В 61 L 1/16. Устройство счета вагонов / Соболев Ю. В., Попов О. С., Загарий Г. И., Сеница А. И., Бобров П. М.,

- Унтилов В. П., Иванов В. Г., Суд Э. Н. (СССР). – 3401170/27–11; заявл. 24.02.82; опубл. 07.09.83, Бюл. № 33, 4 с.
- 66.А. с. № 1050947 СССР, МКИ³ В 61 L 1/16. Устройство для распознавания типа движущегося вагона / Соболев Ю. В., Попов О. С., Загарий Г. И., Сеница А. И., Бобров П. М., Унтилов В. П., Адонин В. И. (СССР). – 3412469/27–11; заявл. 23.03.82; опубл. 30.10.83, Бюл. № 40, 7 с.
- 67.А. с. № 1024339 СССР, МКИ³ В 61 L 1/16. Устройство для определения типа вагонов / Есин А. В., Соловьев А. В., Юдилевич В. З. (СССР). – 3402853/27–11; заявл. 25.02.82; опубл. 26.06.83, Бюл. № 23, 2 с.
- 68.А. с. № 1079516 СССР, МКИ³ В 61 L 1/16. Устройство для счета осей транспортного средства / Гриценко В. И., Завиновский В. Г., Лапа А. П., Лукошин Г. П. (СССР). – 3477419/27–11; заявл. 28.07.82; опубл. 15.02.84, Бюл. № 10, 6 с.
- 69.А. с. № 1100173 СССР, МКИ³ В 61 L 1/16. Устройство для счета подвижных единиц / Овсиенко А. П., Сисев В. П., Скляр Н. И., Маркелов А. Н. (СССР). – 3523670/27–11; заявл. 17.12.82; опубл. 30.06.84, Бюл. № 24, 4 с.
- 70.А. с. № 1123921 СССР, МКИ³ В 61 L 1/16. Устройство для распознавания типа движущегося вагона / Попов О. С., Унтилов В. П., Бобров П. М., Адонин В. И., Фереферов Ю. С., Суд Э. Н. (СССР). – 3559309/27–11; заявл. 28.02.83; опубл. 15.11.84, Бюл. № 42, 7 с.
- 71.А. с. № 1137000 СССР, МКИ⁴ В 61 L 1/16. Устройство для распознавания типа движущихся вагонов / Попов О. С., Унтилов В. П., Бобров П. М., Мозолина З. А. (СССР). – 3564622/27–11; заявл. 12.01.83; опубл. 30.01.85, Бюл. № 4, 3 с.
- 72.А. с. № 1168458 СССР, МКИ⁴ В 61 L 1/16. Устройство для определения длины вагонов / Боровков Ю. Г., Дудниченко А. М., Перов А. Н., Перов И. Н. (СССР). – 3678439/27–11; заявл. 26.12.83; опубл. 23.07.85, Бюл. № 27, 4 с.

- 73.А. с. № 1189713 СССР, МКИ⁴ В 61 L 1/16. Устройство для определения направления движения транспортного средства / Модин Н. К., Щербаков Е. В., Захаров И. Е. (СССР). – 3492326/27–11; заявл. 20.09.82; опубл. 07.11.85, Бюл. № 41, 4 с.
- 74.А. с. № 1230898 СССР, МКИ⁴ В 61 L 1/16. Устройство для контроля проследования и счета физических единиц железнодорожного подвижного состава / Аушев Л. Н., Белов В. В., Хараш Ю. М. (СССР). – 3813383/27–11; заявл. 20.11.84; опубл. 15.05.86, Бюл. № 18, 4 с.
- 75.А. с. № 1260280 СССР, МКИ⁴ В 61 L 1/16. Устройство для распознавания типа вагонов подвижного состава / Попов О. С., Унтилов В. П., Фереферов Ю. С., Суд Э. Н. (СССР). – 3876545/27–11; заявл. 01.04.85; опубл. 30.09.86, Бюл. № 36, 5 с.
- 76.А. с. № 1284870 СССР, МКИ⁴ В 61 L 1/16. Устройство для счета железнодорожных подвижных единиц / Белова В. В., Белов Г. А., Колчин В. В. (СССР). – 3816150/27–11; заявл. 27.11.84; опубл. 23.01.87, Бюл. № 3, 5 с.
- 77.А. с. № 1320107 СССР, МКИ⁴ В 61 L 1/16. Устройство для определения статических параметров отцепов на сортировочной горке / Боровиков Ю. Г., Дудниченко А. М., Перов А. Н., Перов И. Н. (СССР). – 3997931/27–11; заявл. 26.12.85; опубл. 30.06.87, Бюл. № 24, 8 с.
- 78.А. с. № 1379168 СССР, МКИ⁴ В 61 L 1/16. Устройство для распознавания типа подвижных единиц железнодорожного состава / Попов О. С., Унтилов В. П., Адонин В. И., Таратушка В. А., Кондратьев Н. Н. (СССР). – 4048659/27–11; заявл. 07.04.86; опубл. 07.03.88, Бюл. № 9, 4 с.
- 79.А. с. № 1418149 СССР, МКИ⁴ В 61 L 1/16. Устройство для счета осей и подвижных единиц железнодорожного подвижного состава / Мгебришвили Н. Н., Тевзадзе З. С., Элизбарашвили М. И., Ломтатидзе Г. А. (СССР). – 4233080/27–11; заявл. 20.04.87; опубл. 23.08.88, Бюл. № 31, 3 с.

- 80.А. с. № 1484773 СССР, МКИ⁴ В 61 L 1/16. Устройство для определения местоположения сцепного узла вагонов / Кузин А. П. (СССР). – 4220909/27–11; заявл. 30.03.87; опубл. 07.06.89, Бюл. № 21, 3 с.
- 81.А. с. № 1512844 СССР, МКИ⁴ В 61 L 1/16. Устройство для счета осей и подвижных единиц / Белова В. В., Белов Г. А., Колчин В. В., Ципп Л. Э., Гантварг Б. Г., Легостев А. Н., Наумов И. Л. (СССР). – 4060567/27–11; заявл. 28.04.86; опубл. 07.10.89, Бюл. № 37, 6 с.
- 82.А. с. № 1623903 СССР, МКИ⁵ В 61 L 1/16. Устройство для счета единиц подвижного состава / Компанец Д. М., Вальдас С. А., Карпов В. И., Турцевич Г. В. (СССР). – 4361150/11; заявл. 12.01.88; опубл. 30.01.91, Бюл. № 4, 3 с.
83. А. с. № 1652157 СССР, МКИ⁵ В 61 L 1/16. Устройство для распознавания типа подвижной единицы подвижного состава / Попов О. С., Унтилов В. П., Воронько В. А., Котелевец В. Н., Яценко В. И. (СССР). – 4671968/11; заявл. 03.04.89; опубл. 30.05.91, Бюл. № 20, 6 с.
- 84.А. с. № 1719260, МКИ⁵ В 61 L 1/16 25/02. Устройство для опознавания типа вагонов / Соболев Ю. В., Соколов В. М., Придубков П. Я., Майборода А. Ф., Прогонный А. Н., Пилипенко В. В. – 4793120/11; заявл. 15.02.90; опубл. 15.03.92; Бюл. № 10, 13 с.
- 85.А. с. № 1787845, МКИ⁵ В 61 L 1/16. Устройство для опознавания типа вагонов / Захаров В. А., Черненко В. М. – 4721169/11; заявл. 31.05.89; опубл. 15.01.93, Бюл. № 2, 3 с.
- 86.А. с. № 1794742, МКИ⁵ В 61 L 1/16. Устройство для определения статических параметров отцепа на сортировочной горке / Катков А. В., Родионов Д. В. – 4885711/11; заявл. 30.10.90; опубл. 15.02.93, Бюл. № 6, 4 с.
- 87.А. с. № 1799774, МКИ⁵ В 61 L 1/16. Устройство для вычисления данных для идентификации поездов в движении / Захаров В. А., Колчук С. П. – 4937555/11; заявл. 06.02.91; опубл. 07.03.93, Бюл. № 9, 6 с.

- 88.А. с. № 2000976, МКИ⁵ В 61 L 1/16. Устройство для счета подвижных единиц / Банников В. М., Котов Ю. Н., Понкин А. В., Чуриков И. В. – 4954893/11; заявл. 05.06.91; опубл. 15.10.93, Бюл. № 37–38, 14 с.
- 89.А. с. № 2000975, МКИ⁵ В 61 L 1/16. Способ счета вагонов / Банников В. М., Котов Ю. Н., Понкин А. В., Чуриков И. В. – 4926548/11; заявл. 08.04.91; опубл. 15.10.93, Бюл. № 37–38, 5 с.
- 90.А. с. № 2003540, МКИ⁵ В 61 L 1/16. Устройство для счета осей и подвижных единиц железнодорожного подвижного состава / Гургенидзе М. З., Мгебришвили Н. Н., Сартиния Г. Г., Данелия И. З., Брегвадзе Т. У. – 5003997/11; заявл. 03.10.91; опубл. 30.11.93, Бюл. № 43–44, 4 с.
- 91.А. с. № 2013263, МКИ⁵ В 61 L 1/16. Устройство для счета подвижных единиц / Банников В. М., Котов Ю. Н., Понкин А. В., Чуриков И. В. – 4942993/11; заявл. 05.06.91; опубл. 30.05.94, Бюл. № 10, 13 с.
- 92.А. с. № 1682228, МКИ⁵ В 61 L 1/16. Устройство для определения длины отцепов на сортировочной горке / Попов О. С., Долаберидзе А. М., Унтилов В. П., Воронько В. А., Котелевец В. Н., Яценко В. И. – 4428794/11; заявл. 05.04.88; опубл. 07.10.91, Бюл. № 37, 5 с.
- 93.А. с. № 1643272, МКИ⁵ В 61 L 1/16. Устройство для контроля проследования подвижного состава / Симаков Н. В., Аушев С. А., Сухая В. Е. – 4709705/11; заявл. 23.06.89; опубл. 23.04.91, Бюл. № 15, 3 с.
- 94.А. с. № 2063894, МКИ⁶ В 61 L 1/16. Устройство для счета осей железнодорожных подвижных составов / Валеев Г. Г., Захарченко И. И., Федоров В. . – 93031337/11; заявл. 08.06.1993; опубл. 20.07.1996, Бюл. № 17, 9 с.
- 95.А. с. № 1211129 СССР, МКИ⁴ В 61 L 1/16. Устройство для автоматического учета поездов / Гриненко Ю. П., Гречко В. В., Рондель Л. Б. (СССР). – 3684531/27–11; заявл. 04.01.84; опубл. 15.02.86, Бюл. № 6, 2 с.

96. А. с. № 1379169 СССР, МКИ⁴ В 61 L 1/16. Устройство для определения длины поезда / Соболев Ю. В., Попов О. С., Номеровский А. И., Борченко В. П., Унтилов В. П., Ударов В. М. (СССР). – 4076179/27–11; заявл. 10.06.86; опубл. 07.03.88, Бюл. № 9, 2 с.
97. Сопротивление движению грузовых вагонов при скатывании с горок / под ред. Сотникова Е. А. – М. : Транспорт, 1975. – 102 с. – (Тр. Науч.-исслед. ин-та ж.-д. трансп.; вып. 545).
98. Фролов А. Н. Сопротивление вагонов при скатывании с горки / А. Н. Фролов, Б. В. Боцманов. – М. : Трансжелдориздат, 1939. – 132 с. – (Тр. Науч.-исслед. ин-та ж.-д. трансп.; вып. 60).
99. Орлов А. П., Волков В. П. Основное удельное сопротивление скатыванию грузовых вагонов с горок / А. П. Орлов, В. П. Волков // Вестн. ВНИИЖТ. – 1967. – № 2. – С. 21–24.
100. Расчет сопротивления вагонов на роликовых подшипниках при скатывании с сортировочной горки // Железнодорожный трансп. – 1973. – № 1. – С. 30–33.
101. Орлов А. П. Новые нормы удельных сопротивлений для расчета сортировочной горки / А. П. Орлов, В. П. Волков // Железнодорожный трансп. – 1964. – № 6. – С. 50–52.
102. Бевзюк Ф. Ф. О ходовых свойствах длинных отцепов при скатывании их с горки / Ф. Ф. Бевзюк // Вестн. ВНИИЖТ. – 1963. – № 6. – С. 50–52.
103. Рудановский В. М. Об определении удельных сопротивлений движению вагонов на путях с переменным уклоном / В. М. Рудановский // Вестн. ВНИИЖТ. – 1969. – № 1. – С. 46–50.
104. Яневич В. З. Исследование основного удельного сопротивления порожних вагонов при уборке их от вагоноопорокидователей / В. З. Яневич // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях : межвуз. сб. науч. ст. / ДИИТ. – Д., 1968. – Вып. 81/5. – С. 45–48.

105. Яневич В. З. О расчете погрешностей при изменении ходовых свойств вагонов / В. З. Яневич // Вопр. механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях : межвуз. сб. науч. ст. / ДИИТ. – Д., 1975. – Вып. 168/9. – С. 81–90.
106. Старковский И. И. Об измерительном участке для определения ходовых свойств вагонов на сортировочных горках / И. И. Старковский, Л. Б. Тишков // Вестн. ВНИИЖТ. – 1975. – № 5. – С. 54–59.
107. Старшов И. П. Некоторые вопросы определения удельных сопротивлений вагонов при скатывании их с сортировочных горок / И. П. Старшов // Тр. ЦНИИ МПС. – 1968. – Вып. 380 – С. 93–100.
108. Фонарев Н. М. Автоматизация процесса расформирования составов на сортировочных горках / Фонарев Н. М. – М. : Транспорт, 1971. – 272 с.
109. Ваванов Ю. В. Методы измерения ускорений отцепов и анализ их погрешностей / Ю. В. Ваванов, Н. М. Фонарев // Вестн. ВНИИЖТ. – 1967. – № 8. – С. 22–26.
110. Жуковицкий И. В. О повышении точности определения сопротивления движению отцепов в условиях АСУРСТ / И. В. Жуковицкий, А. Б. Устенко // Автоматизированные системы управления техническими процессами на железнодорожных станциях : межвуз. сб. науч. ст. / ДИИТ. – Д., 1981. – Вып. 218/10. – С. 47–52.
111. Муха Ю. А. Динамика скатывания отцепов с горки и проблема оценки их ходовых свойств / Ю. А. Муха, А. И. Павловский // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях : межвуз. сб. науч. ст. / ДИИТ. – Д., 1981. – Вып. 216/14. – С. 37–47.
112. Муха Ю. А. О достоверности оценки ходовых свойств отцепов на сортировочной горке / Ю. А. Муха, А. И. Павловский // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях. – 1983. – Вып. 229/15. – С. 36–48.
113. Павловский А. И. О погрешностях оценки ходовых свойств на измерительном участке / А. И. Павловский // Механизация и

- автоматизация сортировочного процесса на станциях : межвуз. сб. науч. ст. / ДИИТ. – Д., 1981. – Вып. 216/14. – С. 61–68.
114. Павловский А. И. Методика экспериментальных исследований удельных сопротивлений движению / А. И. Павловский, Ю. А. Муха, И. А. Горбачева // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях : межвуз. сб. науч. ст. / ДИИТ. – Д., 1990. – Вып. 271/17. – С. 4–11.
115. К вопросу о сопротивлении воздушной среды при скатывании отцепов на сортировочных устройствах / А. П. Долаберидзе, В. И. Крячко, А. И. Маругин, С. Н. Волк // Автоматизированные информационно-управляющие системы на сортировочных станциях железнодорожного транспорта : межвуз. сб. науч. ст. / ДИИТ. – Д., 1990. – С. 31–35.
116. Божко Н. П. Исследование влияния параметров, определяющих сопротивление движению от среды и ветра, на высоту сортировочной горки / Н. П. Божко // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях : межвуз. сб. науч. ст. / ДИИТ. – Д., 1990. – Вып. 271/17. – С. 44–53.
117. Монастырный В. М. Определение воздушного сопротивления подвижного состава по картине давлений / В. М. Монастырный // Вопр. эксплуатации железных дорог : межвуз. сб. науч. ст. / НИИТ. – Новосибирск, 1968. – Вып. 83. – С. 77–83.
118. Орлов А. П. Сопротивление движению вагонов от стрелочных переводов и кривых / А. П. Орлов, В. П. Волков, И. П. Старшов // Вестн. ВНИИЖТ. – 1969. – № 8 – С. 44–47.
119. Грузовые вагоны колеи 1520 мм железных дорог СССР. Альбом. – М. : Транспорт, 1989. – 173 с.
120. Раков В. А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза (1976-1985) / В. А. Раков. – М. : Транспорт, 1990. – 238 с.

121. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М. : Высшая шк., 1999. – 479 с.
122. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений / А. К. Митропольский. – М. : Наука, 1971. – 570 с.
123. Егоров А. Е. Исследование устройств и систем автоматики методом планирования эксперимента / А. Е. Егоров, Г. Н. Азаров, А. В. Коваль. – Х. : Вища шк., 1986. – 240 с.
124. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов / под ред. Э. К. Лецкого. – М. : Мир, 1977. – 552 с.