

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної випускної роботи**

освітній ступінь - магістр
спеціальність - 273 – «Залізничний транспорт»
спеціалізація «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ НА СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЯХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ»

Виконав
Здобувач вищої освіти
групи ІБЗТ-19зм _____ Мілько В.С.
(підпис)

Керівник: _____ проф. Чернецька-Білецька Н.Б.
(підпис)

Завідувач кафедри: _____ проф. Чернецька-Білецька Н.Б.
(підпис)

Рецензент: _____ Загнойко Є.В.
(підпис) (ініціали і прізвище)

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 перешкодозахищені 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 ДІТУ, 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 взвіряючогося 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, розташований 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	53-56	64,8	54

орбітальних площин, °			
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 комплексу 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 рухомих 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 рухомої 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):

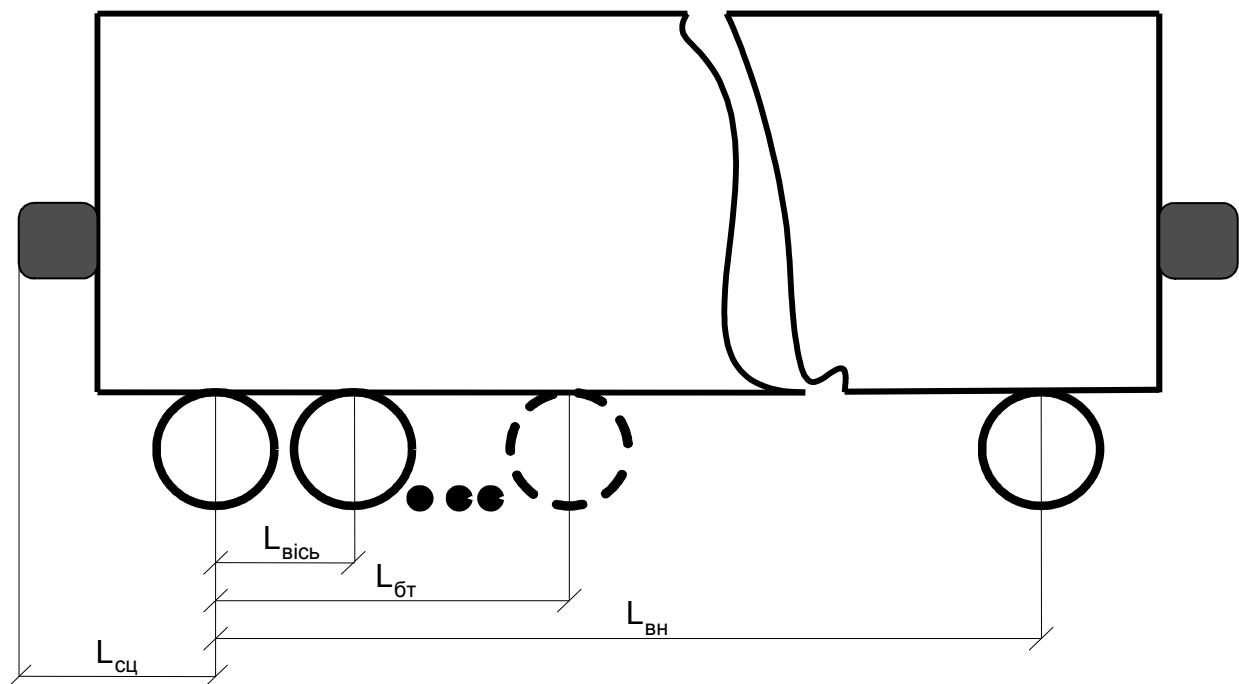


Рис. 2.1 - Міжосьові відстані рухомих одиниць

- осності рухомої одиниці (n);
- відстань між головкою автозчеплення і крайньою віссю рухомої одиниці ($L_{СЦ}$);
- відстань між внутрішніми осями рухомої одиниці ($L_{ВН}$);
- відстань між осями візків рухомої одиниці ($L_{Вісь}$);
- база візка ($L_{БТ}$);
- база рухомої одиниці ($L_{БВ} = L_{ВН} + 2 \cdot L_{БТ}$).

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) - Лбт (див. Рис. 2.1) дорівнює 1500, 1700, 1750 мм.

При аналізі була виявлена наступна закономірність: відстань між внутрішніми осями вагона Лвн 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 Лвн і між головкою автозчеплення і крайньої віссю Лсц, для двох поруч стоять значень (в відсортованій таблиці). Сортування таблиці була виконана за значенням Лвн, 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 контрольної 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 спрацьовування 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 спрацьовування 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 (t_{34} , відстань між осями S_{34}), 5-й і 6-й осями для 12-вісних рухомих одиниць (t_{56} ,

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

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

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

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

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 3σ .

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 - осності 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 коефіцієнта 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	1,001	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	1,001	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	1,001	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	1,001	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	1,002	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	1,002	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	1,002	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	1,003	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	1,004	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	1,006	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	1,010	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	1,018	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	1,044	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 отцепу 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.

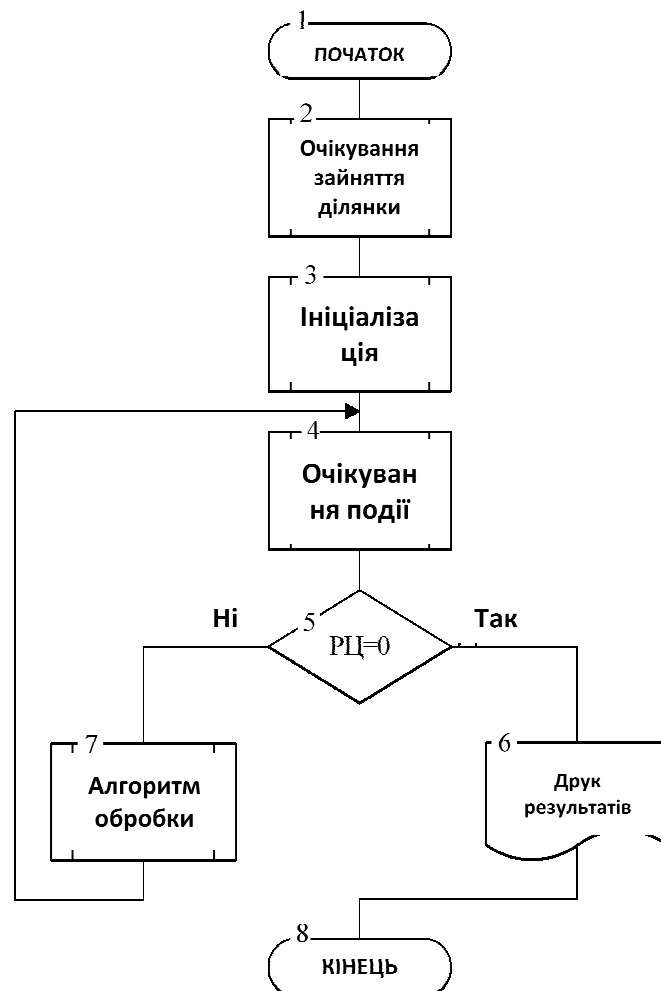


Рис. 2.2 - Загальний вигляд алгоритму реалізації методу ідентифікації на контрольній ділянці

На рис. 2.3 представлений алгоритм обробка сигналу від контрольної точки. Функціонально він виконує наступні завдання:

- визначення часу між проходом над контрольною точкою 1-й і 2-й осі рухомої одиниці (тож);
- визначення часу між проходом наступних осей рухомої одиниці (ттек);
- перевірка знаходження контрольної точки між внутрішніми осями рухомої одиниці;
- зміна лічильника осей СчО. Збільшення його значення на 1 в разі наїзду на контрольну точку осей першого візка рухомої одиниці та зменшення на 1 для наступних осей;

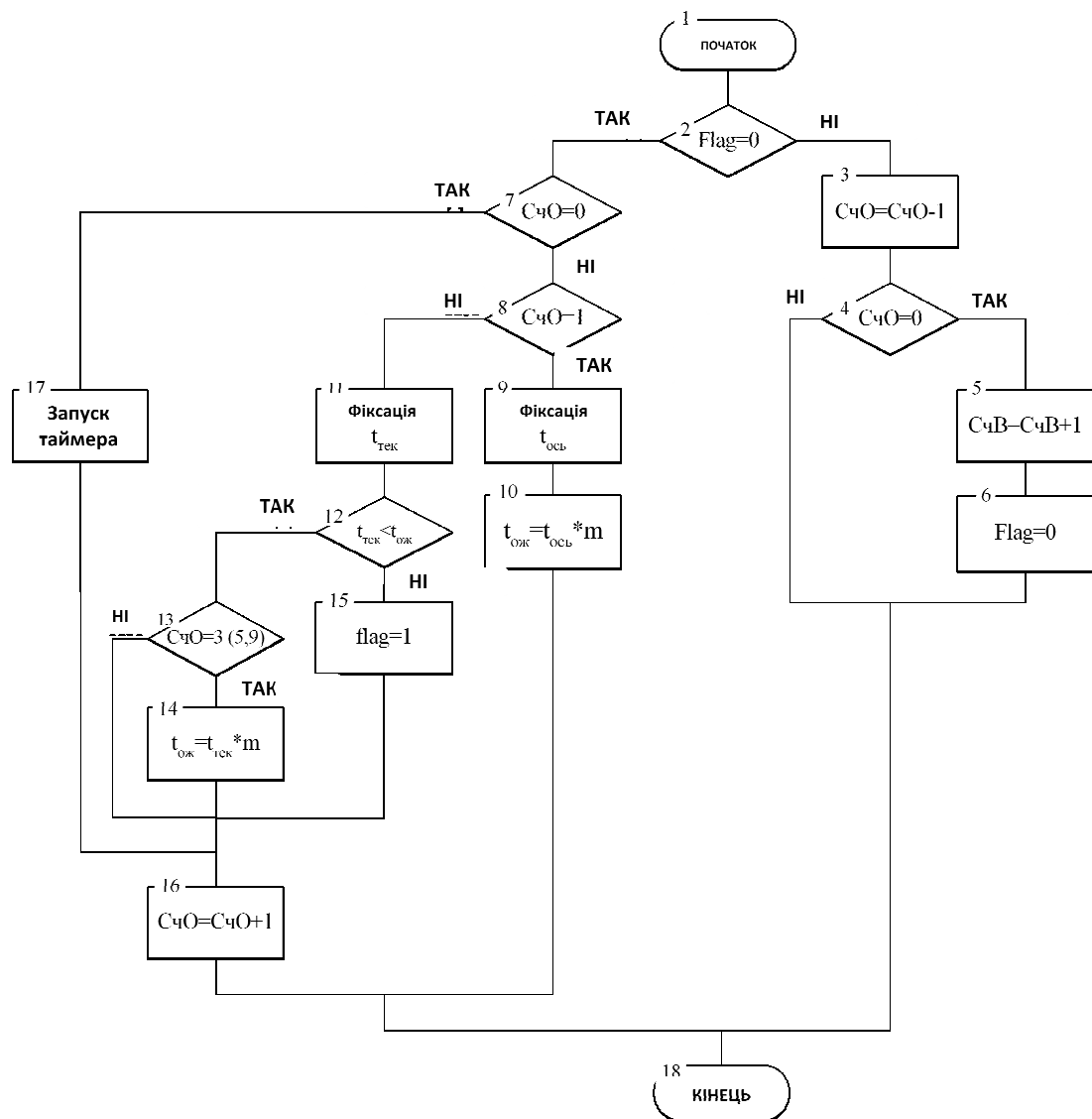


Рис. 2.3 - Обробка сигналу від контрольної точки

- 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.

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 отцепа 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.