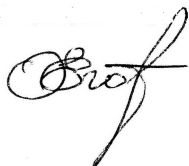


Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

ЄГОРОВ ОЛЕГ ЙОСИПОВИЧ



УДК 656.212.5:629.4.066(043.2)

ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХОМИХ ОДИНИЦЬ
НА СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЯХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі «Електронні обчислювальні машини» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Наукові керівники:

доктор технічних наук, професор

Шафіт Євгеній Миронович,

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна;

доктор технічних наук, професор

Жуковицький Ігор Володимирович,

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,

завідувач кафедри «Електронні обчислювальні машини».

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор

Самсонкін Валерій Миколайович,

директор Державного науково–дослідного центру Укрзалізниці Міністерства інфраструктури України;

доктор технічних наук, професор

Бабаєв Михайло Михайлович,

Українська державна академія залізничного транспорту

Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України,

завідуючий кафедрою «Електротехніка та електродвигуни».

Захист відбудеться «22» лютого 2013 р. об 12:30 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.02 в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, ауд. 314.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2.

Автореферат розісланий «22» січня 2013 р.

В. о. ученого секретаря

спеціалізованої вченої ради,

доктор физ.–мат. наук, професор



В. І. Гаврилюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Проблема ідентифікації рухомого складу на залізницях, як поїздів в цілому, так і вагонів зокрема, найбільш актуальна сьогодні в нашій країні і за кордоном. Підвищення точності визначення різних параметрів, що характеризують рухомий склад, призведе до безпосереднього поліпшення якості управління вагонопотоків. А це в свою чергу відобразиться на зменшенні собівартості вантажоперевезень, збільшенні раціональності використання вагонів, звільненні людських ресурсів на залізницях і т.д. Актуальність вирішення проблем ідентифікації рухомого складу не викликає жодних сумнівів. Хоча на сьогодні існує безліч різних пропозицій вирішення тієї або іншої задачі ідентифікації - не можна сказати, що це питання є закритим. Багато організацій, як за кордоном, так і в нашій країні постійно ведуть роботу над створенням нових і модернізацією існуючих методів ідентифікації. На сортувальних станціях, які представляють собою складні техніко-інформаційні структури, відстеження рухомих одиниць ведеться постійно, у будь-який момент часу необхідно точно знати про їх місцезнаходження. При прибутті і відправленні поїзда на сортувальній станції відбувається списування номерів кожної рухомої одиниці; постійно ведеться відстеження руху складів і окремих відцепів по коліях парків сортувальної станції за допомогою напільного обладнання; при скочуванні відцепів з гірки відбувається визначення їх динамічних характеристик і контроль правильності розпуску составів. 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 підвищує пропускну спроможність станції за рахунок виграшу в часі при виконанні певних технологічних операцій, що піддаються автоматизації.

Останнім часом намітилась тенденція використання систем супутникової навігації для стеження за переміщенням рухомих одиниць по залізничним дорогам в нашій країні і за кордоном. На етапах випробування, впровадження, супроводу подібних систем необхідно також використання додаткових засобів ідентифікації рухомого складу. Подібна інтеграція призведе до підвищення загальних показників якості управління вагонопотоками.

Тому будь-яка автоматизація технологічних процесів на залізничному транспорті тісно пов'язана з ідентифікацією рухомих одиниць.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у відповідності з основними напрямками розвитку залізничного транспорту: «Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року» (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р № 1555-у). Обраний напрямок досліджень пов'язаний з виконанням науково-дослідних робіт у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна та Східному науковому центрі Транспортної академії України: «Дослідження та розробка методів

покращення технологічних показників автоматизованих сортувальних гірок» (№ держреєстрації 0109U003743), «Дослідження та розробка методів і засобів підвищення достовірності автоматичного ведення інформації про результати розпуску составів на гірці», «Дослідження та розробка методів використання технічних засобів для підвищення достовірності інформації в повагонній моделі в НАСК». У всіх цих роботах автор був виконавцем.

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

Для досягнення поставленої мети необхідне рішення наступних завдань:

- аналіз існуючих методів визначення номерів рухомих одиниць, статичних та динамічних характеристик руху рухомих одиниць;
- дослідження та аналіз парку залізничних вагонів і локомотивів;
- розробка, удосконалення методів визначення кількості, осності і типу рухомих одиниць;
- дослідження, аналіз і видача рекомендацій для підвищення точності існуючих і запропонованих методів визначення типу рухомих одиниць по засобу визначення міжосьових відстаней;
- розробка, удосконалення методів ідентифікації поїздів.

Об'єктом дослідження дисертаційної роботи є процеси технологічної обробки рухомих одиниць на сортувальних станціях і прилеглих до них залізничних коліях.

Предмет дослідження – моделі і методи ідентифікації рухомих одиниць залізничного транспорту на сортувальних станціях і прилеглих до них залізничних коліях.

Методи досліджень. Для вирішення наукових завдань були використані:

- для виведення корегувальних коефіцієнтів одноточкового методу визначення кількості та осності – імітаційне моделювання, математичне моделювання, теорія ймовірності і математична статистика;
- для апробації алгоритмів двоточкового методу визначення кількості та осності рухомих одиниць – імітаційне моделювання;
- для оцінки похибки визначення міжосьових відстаней, розробки методу ідентифікації поїзда – імітаційне моделювання, математичне моделювання, теорія ймовірності, математична статистика, метод планування експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному.

У дисертаційній роботі розроблено та удосконалено методи ідентифікації рухомого складу на сортувальних станціях і прилеглих до них залізничних коліях. Проведено дослідження і зроблені висновки про вплив різних факторів на процес ідентифікації рухомого складу. При цьому

вперше:

- 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 і вимірюваної відстані. Дана функціональна залежність дозволяє вирішити наступні завдання:

- обчислення гранично можливих помилок визначення міжосьових відстаней рухомих одиниць при відомих параметрах контрольної ділянки;
- обчислення параметрів контрольної ділянки при відомих можливо допустимих помилках визначення міжосьових відстаней рухомих одиниць;
- розроблена математична модель процесу ідентифікації поїзда на трьохточковій контрольній ділянці з використанням ТГНЛ на основі ймовірнісного підходу. Метод ідентифікації, заснований на розробленій математичній моделі, дозволяє автоматизувати введення інформації про поїзди, які прибувають на сортувальну станцію, що дає можливість оперативного одержання інформації;

удосконалено:

- математична модель процесу та процедура визначення кількості та осності рухомих одиниць на одноточковій контрольній ділянці, яка розширює можливості використання методу ідентифікації, враховуючи похибки датчика і рух рухомих одиниць з прискоренням;
- процедура визначення кількості та осності рухомих одиниць на двоточковій контрольній ділянці за рахунок збільшення типів рухомих одиниць, що підлягають ідентифікації.

Зроблені збір, аналіз та систематизація інформації про різні види та способи ідентифікації рухомих одиниць.

Практичне значення отриманих результатів визначається наступним.

Дослідження, розрахунки і розроблені методи, проведені в дисертаційній роботі, спрямовані на підвищення якості та достовірності ідентифікації парку рухомого складу колії 1520 мм на сортувальних станціях та прилеглих до неї залізничних колій. При цьому розроблені методи ідентифікації рухомих одиниць та виконані розрахунки дозволяють вирішати наступні задачі:

- контролювати правильність розчеплення відчепів 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 сформованій контрольній ділянці, а також, виходячи з допустимих значень похибки, сформулювати параметри контрольної ділянки.

Результати дисертаційних досліджень випробувані у науково-дослідних роботах.

Особистий внесок здобувача. Всі результати теоретичних і експериментальних досліджень, наведені в роботі, отримані автором особисто або безпосередньо з його участю.

У статтях, опублікованих у спеціалізованих виданнях зі співавторами [6,7], здобувачеві належить наступне:

- в [6]: розробка АРМа оператора і методу контролю правильності розчеплення відчепів на сортувальній гірці;
 - в [7]: розробка математичної і імітаційної моделі ідентифікації поїзда.
- Роботи [1 - 5] написані без співавторів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертації доповідалися, обговорювалися і були схвалені:

- на міжнародній школі-семінар «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті», м. Алушта, 1999р.;
- на міжнародних науково-практичних конференціях «Автоматизація виробничих процесів», м.Хмельницький, 2002р., 2003р., 2007р.;
- на III і IV міжнародних наукових конференціях «Проблеми економіки транспорту», м.Дніпропетровськ, 2003р., 2005р.;
- на науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління», м.Київ, 2003р.;
- на міжнародних науково - практичних конференціях «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті», м.Дніпропетровськ, 2007р., 2008 р., 2011р., 2012р.;
- на IV міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», м.Херсон, 2012р.

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковані в 15 наукових працях, у тому числі 7 статей у фахових збірниках наукових праць, 8 публікацій – у тезах доповідей міжнародних конференцій.

Структура й обсяг дисертації. Загальний зміст дисертації складає 186 сторінок, з них обсяг основного тексту – 134 сторінок. Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури (124 джерела), 7 додатків, 28 рисунків, 6 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульована мета та завдання дослідження. Розглянуто зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Відображена наукова новизна та практичне значення одержаних результатів. Наведено відомості про апробації та публікації результатів досліджень.

У першому розділі виконано аналіз систем автоматичної ідентифікації номерів рухомих одиниць, систем визначення динамічних характеристик руху і систем визначення статичних характеристик рухомих одиниць..

Завдання розробки, впровадження та удосконалення різних систем ідентифікації рухомих одиниць досить актуальні як в нашій країні, так і за кордоном. Великий внесок у розвиток систем ідентифікації внесли такі вчені: Г. О. Красовський, Д. Є. Ципп, О. С. Попов, В. П. Унтілов, П. М. Бобров, В. В. Белов, Г. О. Белов, А. М. Долаберидзе, Ю. В. Соколов, В. М. Банников, Г. І. Загарій, Ю. С. Ферефєров и др.

Кожна з груп ідентифікації рухомих одиниць поділяється додатково на конкретні завдання і способи ідентифікації рухомих одиниць.

Розглянувши можливі способи автоматизації зчитування номерів рухомих одиниць і тенденції розвитку процесів автоматизації в даній галузі, як в нашій країні, так і за кордоном, можна відзначити факт явного переважання систем, що використовують мікрохвильовий метод передачі інформації. При цьому не можна не взяти до уваги системи з використанням телевізійної апаратури з подальшою обробкою відеозображення. Дані системи мають головну перевагу - відсутність на рухомих одиницях додаткового обладнання (датчиків). Що стосується решти систем, то їх використання на даний момент часу практично не задовольняє поставленим завданням автоматизації. Однак, останні тенденції розвитку та доступності систем супутникової навігації, однозначно дозволяють зробити висновок про перспективність використання їх на залізничному транспорті. Подібні системи досить комплексно допоможуть вирішити ряд завдань управління вагонопотоками.

За результатами дослідження методів ідентифікації рухомих одиниць з використанням контрольних ділянок і встановлених на них засобів залізничної автоматики, були зроблені наступні висновки:

- при впровадженні систем ідентифікації можливо на одній контрольній ділянці організувати роботу двох і більше методів ідентифікації, придатних для даної контрольної ділянки, а саме під її конструктивні особливості. Подібна інтеграція призведе до підвищення якості ідентифікації;
- в процесі ідентифікації необхідно використовувати додаткову інформацію, представлену в документообігу автоматизованих систем спостереження за рухомими одиницями;
- у ряді завдань подібна ідентифікація є єдиним способом отримання інформації про рухомі одиниці. Застосування інших способів або неприйнятно, або економічно не вигідно.

Найбільш правильним буде використання систем, що включають в себе кілька різних методів ідентифікації. Подібна інтеграція, безумовно, призведе до підвищення якості та надійності ідентифікації.

Підвищення якості визначення ходових властивостей рухомих одиниць, можливо як із застосуванням більш точного та надійного обладнання, так і при використанні безлічі методів, систем, законів, норм і т.д., які постійно розробляються, модифікуються як в нашій країні, так і за кордоном.

У другому розділі вирішено завдання удосконалення методів визначення кількості та осності рухомих одиниць на одноточковій і двоточковій контрольних ділянках, а також проведено аналіз міжосьових відстаней рухомих одиниць колії 1520 мм.

При аналізі міжосьових відстаней рухомих одиниць була виявлена наступна закономірність: відстань між внутрішніми осями вагона не менше ніж у 2 рази більше відстані між 1 і 2 віссю цього вагона. Винятком є 8-осний піввагон із глухим кузовом для мідної руди, модель 22-466 (відстань між 1 і 2 віссю дорівнює 1850 мм, а між внутрішніми осями – 2730 мм) і маневровий

тепловоз ЧМЕ5 (відстань між 1 і 2 віссю дорівнює 2100 мм, а між внутрішніми осями – 3400 мм). Аналізуючи різниці міжосьових відстаней рухомих одиниць різного типу, зроблено наступний висновок: існують вагони різних типів, що мають однакові міжосьові відстані або однакову відстань між внутрішніми осями (прийняту головним параметром, що характеризує рухомих одиницю). Тому в методах ідентифікації рухомих одиниць необхідно враховувати можливі збіги міжосьових відстаней і застосовувати додаткові способи ідентифікації або показувати можливе узагальнення результатів ідентифікації.

При удосконаленні процедури визначення кількості та осності рухомих одиниць на одноточковій контрольній ділянці, була розроблена математична модель процесу ідентифікації, що включає додаткові фактори які впливають на процес ідентифікації, а саме:

- похибка спрацьовування датчика або датчиків, що формують контрольну точку;
- вплив на процес ідентифікації швидкості і прискорення руху рухомих одиниць.

Контрольна ділянка, на якій відбувається ідентифікація рухомих одиниць, складається з наступних пристроїв залізничної автоматики:

- одна контрольна точка, представлена як точковий колійний датчик з мінімальної можливою зоною спрацьовування;
- пристрій визначення знаходження рухомої одиниці на контрольній ділянці. У якості такого пристрою може використовуватися рейковий ланцюг або фотодатчик.

Ідея методу полягає в наступному: вимірюється час ($t_{ось}$) між наїздом колеса 1 і 2 осі рухомої одиниці на контрольну точку (відстань між осями S_{12}), отримане значення часу $t_{ось}$ множиться на коефіцієнт μ і отримуємо час $t_{ож}$ ($t_{ож} = t_{ось} * \mu$), в отриманому проміжку часу очікується наїзд на контрольну точку наступного колеса рухомої одиниці. Далі заміряється наступний інтервал між наїздом коліс на датчик $t_{тек}$. У разі якщо наступне колесо наїхало на контрольну точку протягом часу $t_{ож}$ ($t_{тек} < t_{ож}$), це означає, що ця вісь належить цьому же або спареному з нею візку. Якщо наступне колесо наїхало на контрольну точку по закінченню часу $t_{ож}$, це означає, що контрольна точка в цей проміжок часу $t_{вн}$ знаходилася між внутрішніми осями рухомої одиниці. При ідентифікації 6 і більше осних рухомих одиниць, значення $t_{ож}$ перераховується. Значення $t_{ось}$ приймалося рівним часу між наїздом на контрольну точку 3 і 4 осями для 8–осної рухомої одиниці (t_{34} , відстань між осями S_{34}), 5 і 6 осями для 12–осних рухомих одиниць (t_{56} , відстань між осями S_{56}) і т.д.

При руху рухомої одиниці через контрольну ділянку підраховується кількість осей, що задовольняють вищеописаним умовам. Підрахована кількість осей, помножена на 2 (приймаємо, що ідентифікації підлягають рухомі одиниці симетричні по осності щодо центру), визначає осність рухомої одиниці.

Були розглянуті три види руху рухомих одиниць: рівноприскорений, рівномірний і рівноуповільнений. Похибка роботи датчика характеризується

середньоквадратичним відхиленням значення можливої помилки фіксації центру колеса датчиком (σ_d).

Для кожного з видів руху і всіх типів 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 осність рухомої одиниці, і обчислюється за формулою:

$$\mu^H = \frac{t_{\text{тек}}}{t_{\text{ось}}} \quad (1)$$

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

$$\begin{aligned} \mu_{\min}^H &= \text{MIN}\{\mu^H \mid t_{\text{о.ж}} < t_{\text{ось}}\} \\ \mu_{\max}^H &= \text{MAX}\{\mu^H \mid t_{\text{о.ж}} < t_{\text{ось}}\} \end{aligned} \quad (2)$$

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

$$\mu^B = \frac{t_{\text{вн}}}{t_{\text{ось}}} \quad (3)$$

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

$$\begin{aligned} \mu_{\min}^B &= \text{MIN}\{\mu^B \mid t_{\text{о.ж}} > t_{\text{ось}}\} \\ \mu_{\max}^B &= \text{MAX}\{\mu^B \mid t_{\text{о.ж}} > t_{\text{ось}}\} \end{aligned} \quad (4)$$

Результуюче значення коефіцієнта μ знаходиться в діапазоні:

$$\mu \in \{\mu_{\min}^H : \mu_{\max}^H\} \cap \{\mu_{\min}^B : \mu_{\max}^B\} \quad (5)$$

Згідно з розробленою математичною моделлю і побудованою на її підставі імітаційною моделлю, були скориговані значення коефіцієнтів μ . Досягнуто можливість використання методу ідентифікації рухомих одиниць на одноточковій контрольній ділянці для різних видів руху за рахунок введення корегувальних коефіцієнтів μ :

- рівноприскорений рух: $\mu = 1 \dots 1.213$;
- рівномірний рух: $\mu = 1.153 \dots 2.224$;
- рівноуповільнений рух: $\mu = 1 \dots 1.476$.

Загальне значення μ для всіх видів руху дорівнює 1.183. Застосування одноточкового методу ідентифікації рухомих одиниць найбільш доцільно як допоміжного, додаткового методу при наявності інших. Обчислення значень коефіцієнтів μ були виконані для прискорень в діапазоні від -0.6 до 0.6 м/с², зміна початкової швидкості руху здійснювалася від 0 до 15 м/с. При цьому середньоквадратичне відхилення помилки датчика не повинна перевищувати 14 мм. Даний метод критичний до зміни прискорення руху, зупинки та реверсивним рухам рухомих одиниць.

В роботі удосконалено метод визначення кількості та осності рухомих одиниць на двоточковій контрольній ділянці. Скориговані алгоритми обробки сигналів від контрольних точок дозволяють ідентифікувати будь-які рухомі одиниці колії 1520 мм.

Конструкція контрольної ділянки представлена на рисунку 1.

Прийняті скорочення на рис.1:

- Д1–Д4 – точкові датчики;
- КТ1, КТ2 – контрольна точка 1, 2;
- П1, П2 – перетворювачі сигналів від датчика;
- РЛ – рейковий ланцюг;
- Осв – освітлювач;
- ФП – фотоприймач;
- ФС – формувач сигналу від фотоприймача;
- ВЕ – виконавчий елемент;
- ПСО – пристрій сполучення з об'єктом.

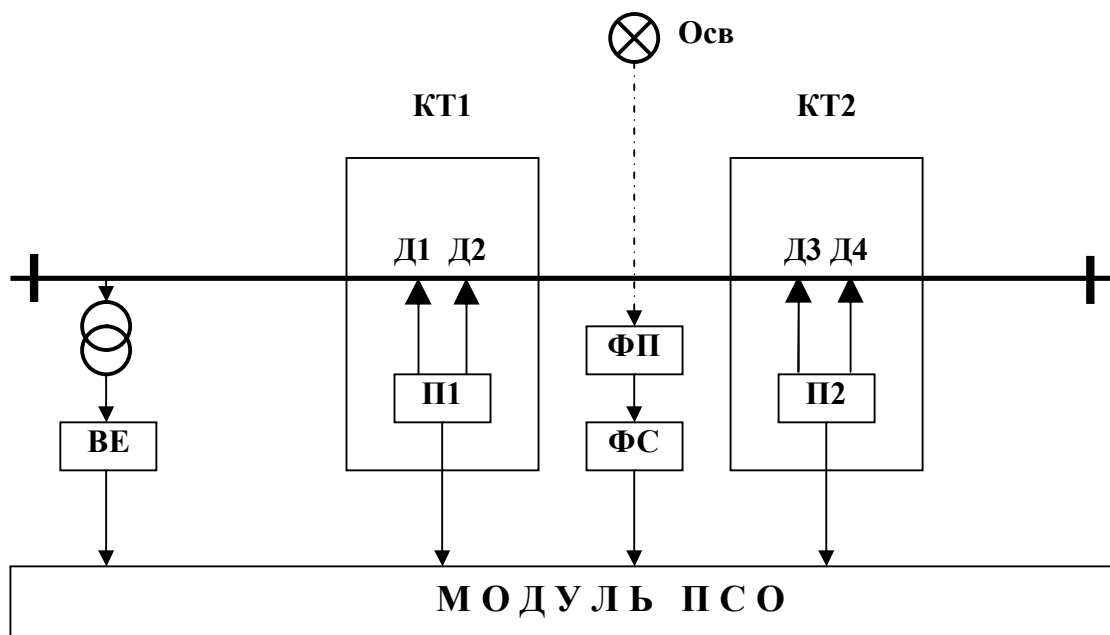


Рисунок 1 – Структура технічних засобів контрольної ділянки

Кожна контрольна точка являє собою два спарених точкових колійних датчика. Кожен з датчиків (Д1, Д2) має власну зону фіксації колеса рухомої одиниці ($L_{Д1}$, $L_{Д2}$). При цьому датчики встановлені таким чином, що їх зони дії накладаються одна на одну і утворюють загальну зону дії ($L_{обш}$). Подібна конструкція дозволяє відстежувати реверсивні рухи відцепу. При цьому в роботі не розглядається принцип функціонування контрольних точок КТ1 і КТ2, який був описаний багатьма авторами раніше. Контрольні точки розглядаються як деякі пристрої, що фіксують наїзд колеса і напрямок руху рухомої одиниці.

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, але і напрямок його руху. Контрольні точки розташовуються на рейці на відстані 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. Ґрунтуючись на введеному обмеженні, відстань між контрольними точками повинна бути в межах 2100–2750 мм. Вибір відстані між контрольними точками рівним 2425 мм дозволяє повністю компенсувати можливі відхилення зон дії датчиків.

Апробація даного методу була виконана на імітаційній моделі, розробленій в середовищі програмування Borland Delphi 7.0. Розроблена модель реалізує всі необхідні етапи моделювання процесу руху відчепу.

У таблиці 1 представлений ряд проведених експериментів по ідентифікації відчепів.

Згідно з аналізом отриманих результатів можна зробити однозначний висновок: запропонований метод визначення кількості та осності вагонів в відчепі однозначно точно і правильно працює для будь-яких типів і моделей вагонів, абсолютно не залежить від швидкості і прискорення руху.

Таблиця 1.

Результати імітаційного моделювання

Номер експерименту	Відчеп								Помилка ідентифікації
	1-й вагон				2-й вагон				
	Осність	L _{сц} , мм	L _{бт} , мм	L _{вн} , мм	Осність	L _{сц} , мм	L _{бт} , мм	L _{вн} , 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

У третьому розділі виконані дослідження, які полягають у розробці методики, за допомогою якої було б можливо оцінити похибку визначення міжосьових відстаней рухомих одиниць для використовуваних засобів залізничної автоматики і конструкції контрольної ділянки, яка складається з трьох контрольних точок.

У попередньому розділі розглядалися методи, що дозволяють визначити тільки кількість і осність рухомих одиниць. Для визначення типу рухомої одиниці необхідно визначення її міжосьових відстаней. Тому необхідно виконати оцінку похибки визначення міжосьових відстаней.

В якості засобу досягнення поставленої мети було вибрано імітаційне моделювання. Було висловлено припущення, що на помилку ідентифікації найбільш суттєво впливають наступні фактори:

- початкова швидкість наїзду колісної пари на вимірювальну ділянку, а саме на першу контрольну точку КТ1 (V);
- прискорення руху на вимірювальній ділянці (a);
- відстань між датчиками (L);
- величина міжосьової відстані (S);
- точність роботи точкових колійних датчиків (середньоквадратичне відхилення помилки фіксації колеса рухомої одиниці від центру датчика, яке підкоряється нормальному закону розподілу – σ_d).

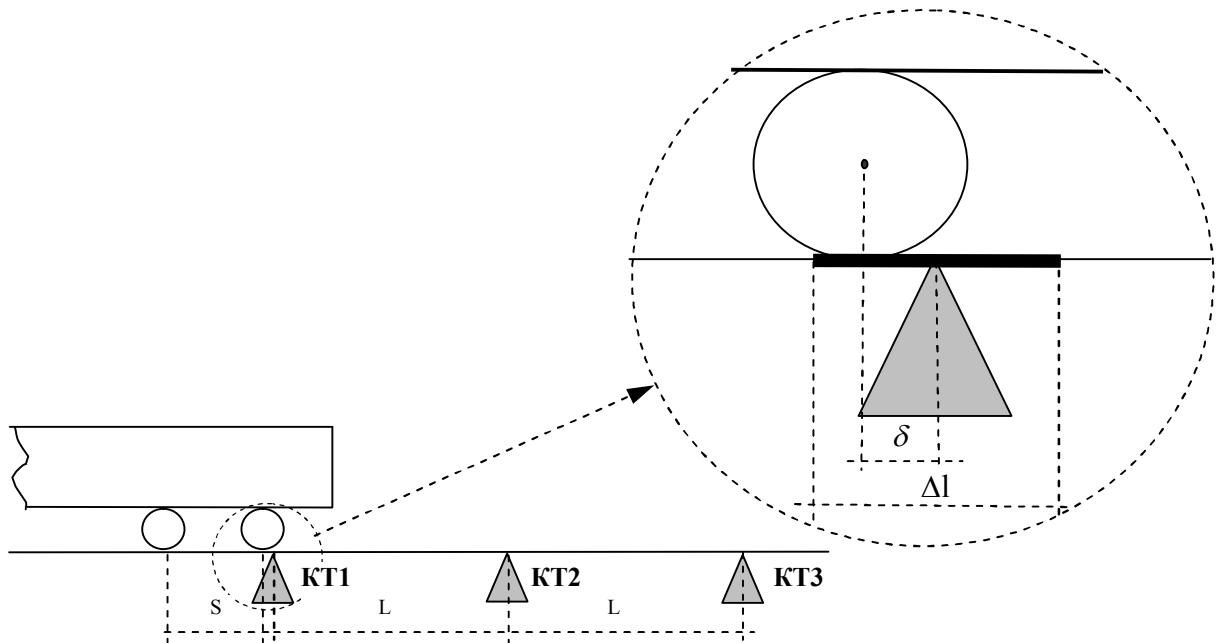


Рисунок 2 – Структура ділянки ідентифікації рухомого складу

На рисунку 2 представлена схема ділянки визначення міжосьової відстані.

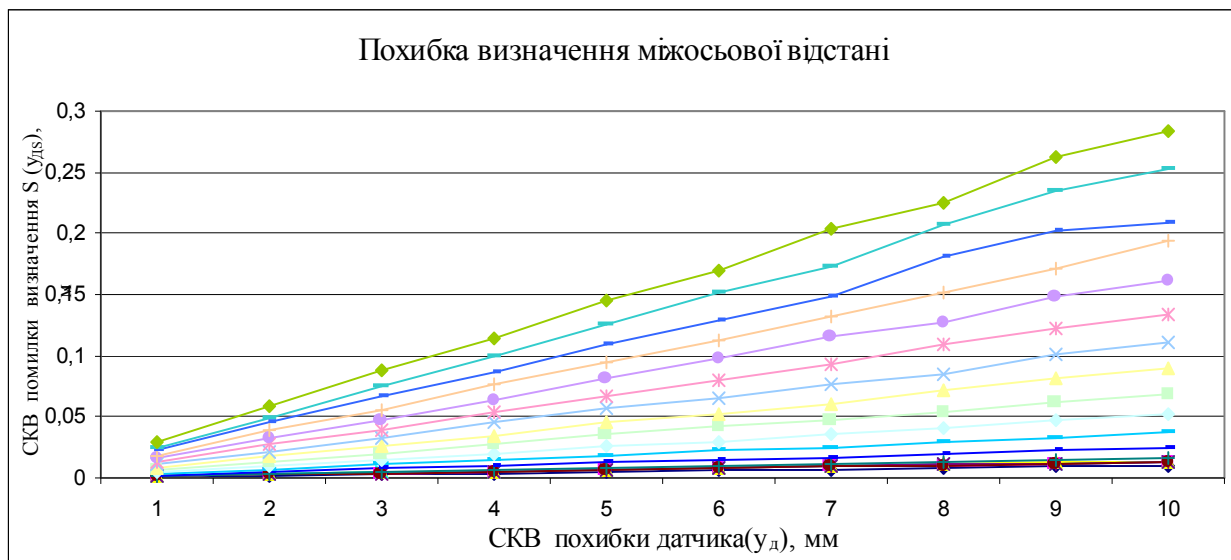
При моделюванні, рух рухомої одиниці, на контрольній ділянці, приймався як рівноприскорений і описувався загальновідомими рівняннями руху матеріальної точки. Значення прискорення вибиралися додатними, нульовими і від'ємними. У разі негативних прискорень передбачалася можлива зупинка рухомої одиниці на контрольній ділянці.

За допомогою розробленої імітаційної моделі було проведено ряд експериментів. Результати проведених досліджень представлені у вигляді графіків, що відображають залежність середньоквадратичної помилки визначення міжосьової відстані ($\sigma_{\Delta s}$) від варійованих параметрів ідентифікації.

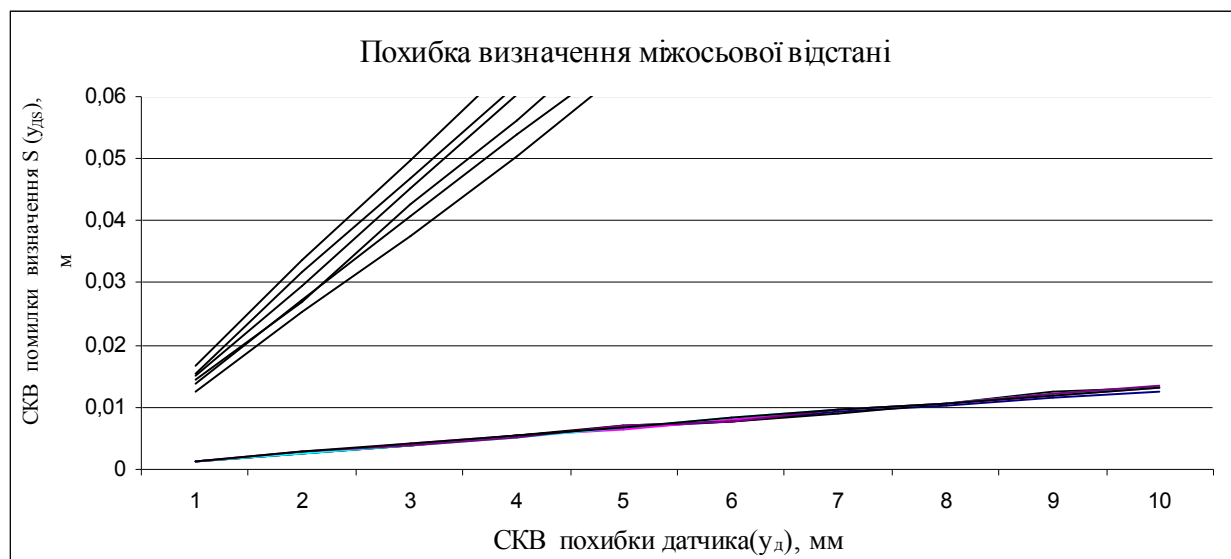
На рисунку 3 представлені два приклада залежності помилки виміру міжосьової відстані від параметрів моделювання, при наступних початкових умовах:

– $a = 0.2 \text{ м/с}^2$, $V = 5 \text{ м/с}$, $L = 3 \text{ м}$, $S = 1.5\text{--}18.5 \text{ м}$ з кроком 1 м , $\sigma_d = 0.001\text{--}0.01 \text{ м}$ з кроком 0.001 м (рис.3а). При збільшенні величини L до 6 м виходять аналогічні графіки, похибка в цьому випадку не перевищує 0.045 м на відміну від 0.29 м для наведених графіків;

– $a = 0.1\text{--}0.6 \text{ м/с}^2$ з кроком 0.1 м/с^2 , $V = 3 \text{ м/с}$, $L = 3 \text{ м}$, $S = 15 \text{ м}$ (верхній пучок графіків) і $S = 1.5 \text{ м}$ (нижній пучок графіків), $\sigma_d = 0.001\text{--}0.01 \text{ м}$ з кроком 0.001 м (рис.3б).



(а)



(б)

Рисунок 3 – Помилки виміру міжосьової відстані

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити наступні висновки про вплив вхідних параметрів моделювання на вихідну величину:

– початкова швидкість і прискорення руху колісної пари особливого впливу, в порівнянні з іншими факторами, на похибку визначення міжосьової відстані не роблять. Збільшення прискорення веде до збільшення значення похибки, однак різниця для прискорень 0.1 і 0.6 м/с^2 при інших рівних умовах не перевершує зміни похибки на $0.001\text{--}0.003 \text{ м}$. Збільшення швидкості входу колісної пари на контрольну ділянку також призводить до збільшення значення похибки, але це суттєво в основному для швидкостей до $4\text{--}5 \text{ м/с}$. При великих швидкостях похибка практично залишається постійною;

– найбільший вплив роблять: довжина контрольної ділянки, середньоквадратичне відхилення помилки датчика. При цьому збільшення відстані між датчиками зменшує, а збільшення середньоквадратичного відхилення помилки датчика збільшує значення помилки виміру;

– при збільшенні міжосьової відстані, що вимірюється, похибка визначення її величини значно зростає. Найбільш значимо це для міжосьових відстаней від $5\text{--}6 \text{ м}$ і більше.

Проведене дослідження не дозволяє в кінцевому підсумку однозначно обчислити можливу помилку ідентифікації. Для повного завершення поставленого завдання був обраний метод планування експерименту. Проаналізувавши результати попереднього експерименту, було прийнято рішення про проведення трьохфакторного багаторівневого експерименту. Були обрані наступні фактори:

- відстань між датчиками (L);
- величина міжосьової відстані, що вимірюється (S);
- точність роботи точкових колійних датчиків (σ_d).

Варіювання факторів було прийнято наступним: відстань між датчиками варіювалося на двох рівнях (діапазон $3\text{--}6 \text{ м}$), значення рівнів – 3 і 6 ; точність роботи датчика на трьох рівнях (діапазон $0.001\text{--}0.008 \text{ м}$), значення рівнів 0.002 , 0.004 і 0.006 ; міжосьова відстань на чотирьох рівнях (діапазон $1.5\text{--}15 \text{ м}$), значення рівнів 2 , 5 , 8 і 11 .

В результаті проведених експериментів та обробки отриманих даних була виведена функціональна залежність:

$$\begin{aligned} \sigma_{\Delta S}(S, L, \sigma_d) = & -0.0593 * L * \sigma_d * S^2 - 0.0054 - 0.0000132 * L * S^3 + \\ & 0.000277 * L * S^2 - 0.6181 * L * \sigma_d + 0.00004 * S^3 + 0.1344 * \sigma_d * S^2 - \\ & 1.5811 * \sigma_d * S + 0.0111 * \sigma_d * S^3 + 0.4659 * L * \sigma_d * S - 0.0015 * L * S + \\ & 0.00548 * S + 0.00151 * L - 0.001 * S^2 + 3.4956 * \sigma_d \end{aligned} \quad (6)$$

Дана функціональна залежність дає можливість оцінити можливу похибку визначення міжосьових відстаней на конкретній вимірювальній ділянці, оснащій точковими датчиками з відомими характеристиками роботи. А також вирішити зворотну задачу: для заданої допустимої помилки ідентифікації підібрати характеристики контрольної ділянки та точкових колійних датчиків, що задовольняють заданій якості ідентифікації. Дані рекомендації актуальні для побудови різних інформаційних систем, що використовують вихідні дані,

такі як характеристики рухомих одиниць, отриманих шляхом вимірювання на контрольних ділянках із застосуванням точкових колійних датчиків.

У четвертому розділі проведено аналіз можливих і допустимих помилок визначення міжосьових відстаней рухомих одиниць і розроблений ймовірнісний метод ідентифікації поїзда з використанням ТГНЛ. При цьому визначення типу, осності рухомих одиниць і їх кількість в поїзді виконується на трьохточковій контрольній ділянці.

Розв'язана задача в порівнянні допустимих і можливих значень помилок. Дані про можливі значення помилок визначення міжосьових відстаней можна одержати з використанням імітаційної моделі, або скориставшись раніше виведеної функціональною залежністю (6), для вибраної контрольної ділянки, датчиків і міжосьової відстані (як зазначалося вище, значення швидкості і прискорення рухомих одиниць можна не враховувати). Дані для визначення припустимих значень помилки визначення міжосьових відстаней необхідно взяти з таблиць міжосьових відстаней рухомих одиниць колії 1520 мм. Дані про можливі значення помилок характеризуються середньоквадратичним відхиленням з нульовим математичним очікуванням. Допустимі значення помилок представлені у вигляді різниці міжосьових відстаней двох рухомих одиниць однакової осності і з найбільш близькими значеннями цих параметрів. Для виконання порівняння виконаємо перетворення допустимих значень помилок від абсолютних значень до значень середньоквадратичного відхилення, використовуючи для цього правило 3 сигм.

На рисунку 4, у вигляді крапок, зображені величини допустимих значень помилки, а у вигляді ліній – можливих, для контрольної ділянки 12 м і середньоквадратичним відхиленням помилки датчика рівним 3 мм (нижній графік) і 7 мм (верхній графік).

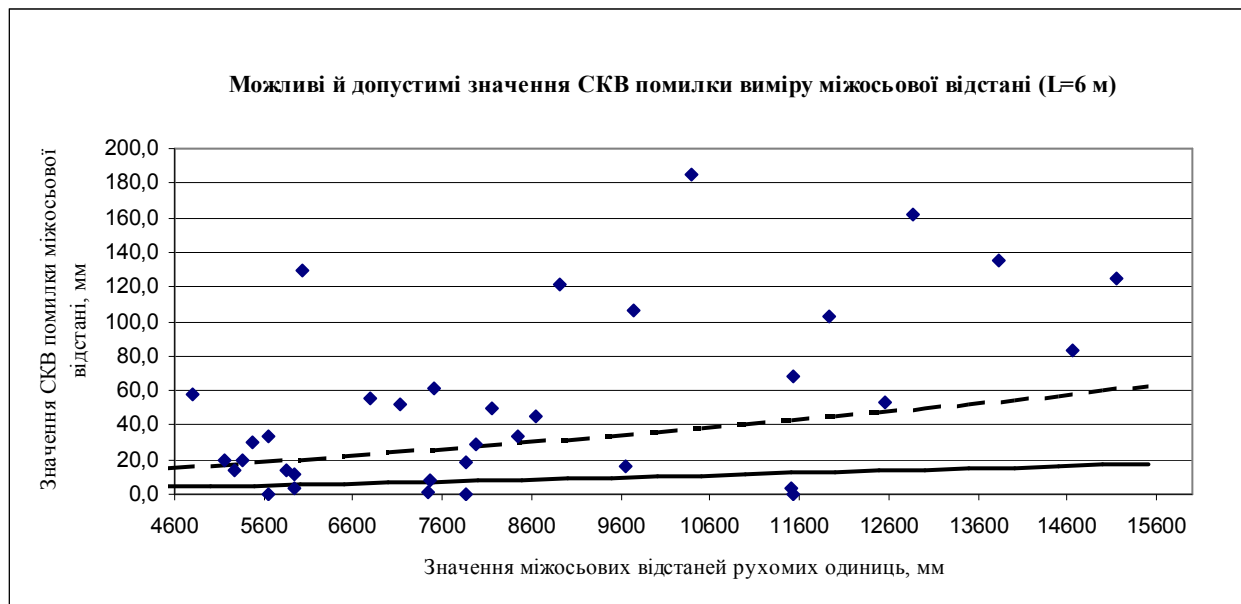


Рисунок 4 – Графік залежності можливих і допустимих значень помилок визначення міжосьових відстаней для контрольної ділянки 12м

При розгляді міжосьових відстаней між внутрішніми осями рухомих одиниць було зазначено, 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. Таким чином було зроблено наступний висновок: найбільш оптимальну якість ідентифікації рухомої одиниці можна отримати тільки при довжині контрольної ділянки рівної не менше 12 м і середньоквадратичним відхиленням зони спрацьовування датчика не більше 3 мм. Однак, у ряді випадків це не є прийнятним, як для довжини контрольної ділянки, так і для можливих характеристик датчика. Тому необхідно розробити відповідну методику, яка дасть позитивний результат при критичних значеннях вихідних даних.

При ідентифікації рухомих одиниць можливий варіант з поділом всіх рухомих одиниць на групи. При поділі на групи враховується точність визначення міжосьових відстаней. Так, при точності визначення міжосьових відстаней, що дорівнює 50 мм, виходить одна група з трьох рухомих одиниць, три з двох, а всі інші групи містять по одній рухомій 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.

Для визначення типу рухомої одиниці використовуємо ймовірнісний підхід. Загальний алгоритм ідентифікації поїзда в цілому складається з його повагонної ідентифікації. На підставі визначених характеристик вагона, що визначаються на трьохточковій контрольній ділянці, формується набір його можливих номерів (за певним типом та осністю вагона). Так само формуються можливі номери вагонів для кожного з аналізованих поїздів. Далі виконується порівняння даних ТГНЛ з вагонами кожного з поїздів. На підставі проведеного порівняння визначається необхідний поїзд. У випадку, коли в групі поїздів знаходяться два і більше однакових поїзда, за характеристиками вагонів, результатом ідентифікації буде декілька рішень.

Описаний метод ідентифікації поїзда прийнятний тільки у випадку, коли склад вагонів поїзда повністю відповідає даним ТГНЛ. Дані ТГНЛ формуються на поїзд при його формуванні і відправці з сортувальної станції. При русі поїзда до наступної сортувальної станції, можлива його зміна за складом вагонів, що викликана виконанням різних технологічних операцій. Це можуть бути операції по додаванню або відчепленню вагона або групи вагонів на проміжних станціях. Зрозуміло, що всі технологічні операції, що виконуються з поїздом в процесі його руху, відображаються в ТГНЛ. Проте можливі затримки внесення змін в документацію чи де які помилки, в результаті чого состав вагонів поїзда не буде відповідати даним ТГНЛ при його прибутті на сортувальну станцію. Виконання подібних технологічних операцій вимагає коректування алгоритму ідентифікації.

Остаточний процес ідентифікації складається з наступних операцій:

- порівняння даних ТГЛН поїздів і даних вагонної ідентифікації поїзда;

- підрахунок кількості збігів даних ТГНЛ поїздів і даних повагонної ідентифікації поїзда;
- процес підрахунку збігів виконується до закінчення списку вагонів ТГНЛ або до моменту, коли кількість розбіжностей перевищить значення коефіцієнта якості ідентифікації;
- результатом ідентифікації буде обраний поїзд, що має максимальну кількість збігів.

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

$$Q_j = \frac{M_j}{\sum_{j=1}^N M_j} \quad (7)$$

де Q_j – показник збігів для j -го поїзда;

M_j – кількість збігів для j -го поїзда;

N – кількість поїздів.

Випробування, проведені на імітаційній моделі, показали достатньо високу ймовірність правильної ідентифікації поїздів. В якості об'єктів ідентифікації були зібрані ТГНЛ поїздів зі станції Запоріжжя–Ліве за дві доби. Даний метод не критичний до наступних факторів:

- висока погрішність роботи датчика (проводилися експерименти з похибкою датчика до 80 мм);
- збій одного з трьох датчиків;
- кількість ідентифікованих поїздів в групі;
- швидкість і прискорення руху поїзда;
- зміна складу поїзда в процесі його проходження.

При застосуванні методу слід приділити особливу увагу вибору коефіцієнта якості ідентифікації.

У разі знаходження в групі двох і більше однакових за характеристиками міжосьових відстаней поїздів, відповідних ідентифікованому поїзду, результат ідентифікації буде містити кілька рішень. При цьому ідентифікований поїзд однозначно буде одним з них.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі проведені дослідження, розрахунки і розроблені методи, спрямовані на підвищення якості та достовірності ідентифікації парку рухомого складу колії 1520 мм на сортувальних станціях та прилеглих до неї залізничних коліях, які дозволяють зробити наступні висновки:

1. При великій різноманітності систем автоматичного визначення номерів вагонів масштабного поширення в нашій країні і близькому зарубіжжі вони так і не отримали. Особливу увагу слід звернути на системи супутникової навігації, як на найбільш прогресивні на сьогоднішній день.

Системи визначення статичних характеристик і ходових властивостей рухомих одиниць досить широко поширені і використовуються на залізницях. При цьому має місце постійне поліпшення якості роботи і використання подібних систем.

2. Аналіз міжосьових відстаней рухомих одиниць показав, що найбільш важливим параметром для її ідентифікації (визначення типу) є відстань між внутрішніми осями. Другим по значущості параметром ідентифікації рухомої одиниці є відстань між головою автозчеплення і крайньої віссю. Цей параметр можна використовувати як допоміжний. Відстані між осями візка є найменш інформативними з точки зору визначення типу рухомих одиниць.

3. Досягнуто можливість розширення ідентифікації рухомих одиниць на одноточковій контрольній ділянці для різних видів руху, за рахунок введення корегувальних коефіцієнтів μ для цих видів руху (рівноприскорений рух: $\mu=1..1.213$; рівномірний рух: $\mu=1.153..2.224$; рівноуповільнений рух: $\mu=1..1.476$). Обчислення значень коефіцієнтів μ були виконані для прискорень в діапазоні від -0.6 до 0.6 м/с^2 , зміна початкової швидкості руху здійснювалася від 0 до 15 м/с . При цьому середньоквадратичне відхилення помилки датчика не повинна перевищувати 14 мм .

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

5. Виконано аналіз помилки визначення міжосьових відстаней рухомих одиниць на трьохточковій контрольній ділянці. Виявлено найбільш значущі фактори, що впливають на дану помилку:

- похибка роботи датчика;
- відстань між датчиками на контрольній ділянці;
- заміряна міжосьова відстань.

6. Підвищено ефективність визначення типу рухомих одиниць за рахунок використання отриманої функції похибки визначення міжосьових відстаней від відстані між датчиками, величини замірів 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 сформованій контрольній ділянці, а також, виходячи з допустимих значень похибки, сформулювати параметри контрольної ділянки.

7. Виконано порівняльний аналіз допустимих і можливих помилок визначення міжосьових відстаней. На підставі чого зроблено висновок про неможливість визначення типу рухомих одиниць на трьохточковій контрольній ділянці у разі однакових або близьких (менш 30 мм) значень міжосьових відстаней без використання додаткових засобів інформації.

8. Розроблено метод ідентифікації поїздів на підході до станції з використанням ТГНЛ. Метод дозволяє автоматизувати введення інформації про потяги, що надходять на сортувальну станцію.

9. Розроблено імітаційну модель ідентифікації поїзда трьохточковий контрольній ділянці з використанням ТГНЛ. Результати апробації методу ідентифікації поїзда показали високу надійність і правильність. В якості об'єктів ідентифікації були зібрані ТГНЛ поїздів зі станції Запоріжжя-Ліве за дві доби. Дана імітаційна модель дозволяє перевіряти і інші алгоритми ідентифікації поїздів.

10. Результати дисертаційної роботи були використані в науково-дослідній роботі «Інформаційно-управляючий комплекс сортувальної станції». Впровадження цієї роботи планується у 2013–2014рр. на станції Нижньодніпровськ-Вузол.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні роботи:

1. 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.
2. Егоров О. И. Определение статических характеристик подвижного состава в АСУ ТП на железнодорожных станциях / О. И. Егоров // Вісник Технологічного університету Поділля. — 2002. — том 1. — С. 162—166.
3. Егоров О. И. Имитационная модель трехточечного метода определения межосевых расстояний подвижной единицы / О. И. Егоров // Вісник Технологічного університету Поділля. — 2003. — том 1. — С. 64—68.
4. Єгоров О. Й. Імітаційна модель процесу ідентифікації вагонів у відчепі / О. Й. Єгоров // Вісник Тернопільського державного технічного університету. — 2003. — №2. — том 8. — С. 93—99.
5. Егоров О. И. Исследование погрешности определения типа подвижных единиц на железнодорожном транспорте / О. И. Егоров // Збірник наукових праць Київського університету економіки і технологій транспорту. — 2003. — випуск 4. — С. 36—41.
6. Егоров О. И. Горочное программно-задающее устройство на основе промышленных контроллеров / О. И. Егоров, И. В. Жуковичкий, Ю. А. Косорига // Вісник Хмельницького національного університету. — 2007. — №2. — С. 22—24.
7. Егоров О. И. Автоматизированная идентификация подвижных единиц и поезда в / О. И. Егоров, И. В. Жуковичкий // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. — 2012. — №6. — С. 77—82.

Праці апробаційного характеру:

8. Егоров, О. И. Исследование погрешности определения типа подвижных единиц на железнодорожном транспорте / О. И. Егоров // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка

- і управління: тези доповідей першої науково-практичної конференції – Київ, 2003. – С. 82 – 83.
9. Егоров, О. И. Исследование погрешности трехточечного метода определения межосевых расстояний подвижных единиц / О. И. Егоров // Проблемы економіки транспорту: тези доповідей III Міжнародної наукової конференції – Дніпропетровськ, 2003. – С. 152–153.
 10. Егоров, О. И. Использование метода планирования эксперимента для исследования погрешности определения межосевых расстояний / О. И. Егоров, А. Б. Мудрык // Проблемы економіки транспорту: тези доповідей IV Міжнародної наукової конференції – Дніпропетровськ, 2005. – С. 47–48.
 11. Егоров, О. И. Выбор параметров контрольного участка для заданной точности идентификации подвижного состава / О. И. Егоров // Современные информационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании: тезисы международной научно-практической конференции – Днепропетровск, 2007. – С. 41–42.
 12. Егоров, О. И. Повышение достоверности идентификации грузовых вагонов в АСУ технологическими процессами на железнодорожном транспорте / О. И. Егоров // Современные информационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании: тезисы международной научно-практической конференции – Днепропетровск, 2008. – С. 11–12.
 13. Егоров, О. И. Вероятностный подход идентификации подвижных единиц в АСУ ТП на железнодорожном транспорте / О. И. Егоров // Современные информационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании: тезисы международной научно-практической конференции – Днепропетровск, 2011. – С. 11–12.
 14. Егоров, О. И. Имитационная модель идентификации грузовых поездов с использованием ТГНЛ / О. И. Егоров // Современные информационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании: тезисы международной научно-практической конференции – Днепропетровск, 2012. – С. 9.
 15. Егоров, О. И. Идентификация поездов с использованием ТГНЛ / О. И. Егоров // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції – Херсон, 2012. – С. 17–18.

АНОТАЦІЯ

Єгоров О. Й. Підвищення достовірності ідентифікації рухомих одиниць на сортувальних станціях залізничного транспорту.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2013.

У дисертаційній роботі розроблено та удосконалено моделі і методи ідентифікації рухомого складу на сортувальних станціях і прилеглих до них залізничних коліях. Проведено дослідження і зроблені висновки про вплив різних факторів на процес ідентифікації рухомого складу.

Удосконалені математична модель процесу та процедура визначення кількості та осності рухомих одиниць на одноточковій і двоточковій контрольній ділянці.

Отримані нові наукові результати, що підвищують ефективність визначення типу рухомих одиниць за рахунок використання функції похибки визначення міжосьових відстаней від відстані між датчиками, величини заміряної міжосьової відстані, точності роботи точкових колійних датчиків.

Сформульовано завдання щодо дослідження, аналізу і видачі рекомендацій підвищення точності існуючих і запропонованих методів визначення типу рухомих одиниць по способу визначення міжосьових відстаней.

Розроблена математична модель процесу ідентифікації поїзда з використанням ТГНЛ на основі ймовірнісного підходу. Метод ідентифікації, заснований на даній моделі, дозволяє автоматизувати введення інформації про поїзди, які прибувають на сортувальну станцію, що дає можливість оперативного одержання інформації, підвищить якість роботи робочого персоналу при списуванні номерів вагонів поїзда.

Ключові слова: ідентифікація рухомого складу, ідентифікація поїзда, визначення міжосьових відстаней, моделі і методи ідентифікації, імітаційне модулювання, сортувальні станції.

АННОТАЦИЯ

Егоров О. И. Повышение достоверности идентификации подвижных единиц на сортировочных станциях железнодорожного транспорта.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, 2013.

В диссертационной работе разработаны и усовершенствованы модели и методы идентификации подвижного состава на сортировочных станциях и прилегающих к ним железнодорожных путях. Проведены исследования и сделаны выводы о влиянии различных факторов на процесс идентификации подвижного состава.

Выполнен сбор, анализ и систематизация информации о разных видах и способах идентификации подвижных единиц. Были выделены следующие основные виды идентификации подвижного состава:

- системы, определяющие номенклатурные номера подвижных единиц;
- системы, определяющие статические характеристики подвижных единиц;
- системы, определяющие динамические характеристики подвижных единиц.

Выполнен анализ параметров межосевых расстояний железнодорожных подвижных единиц колеи 1520мм, используемых на железных дорогах нашей страны и ближнего зарубежья, были отмечены следующие факторы:

- по межосевым расстояниям возможно определение осности, типа и длины подвижных единиц;
- главным параметром идентификации подвижных единиц являются расстояние между внутренними осями и осность подвижных единиц;
- в качестве второстепенного параметра идентификации возможно использование расстояний между осями тележки и от головки автосцепки до крайнего колеса.

Усовершенствованы математическая модель процесса и процедура определения количества и осности подвижных единиц на однотоочном и двухточечном контрольном участке. Расширены возможности однотоочного метода определения количества и осности подвижных единиц для разных видов движения, а также учтена погрешность работы датчика. Разработаны алгоритмы обработки сигналов для двухточечного метода идентификации подвижных единиц. Данный метод стабильно работает для всех типов подвижных единиц, используемых на железных дорогах нашей страны. При идентификации допускаются любые параметры движения (скорость и ускорение), остановка и реверсивные движения подвижных единиц.

Получены новые научные результаты, повышающие эффективность определения типа подвижных единиц за счет использования функции погрешности определения межосевых расстояний от расстояния между датчиками, величины измеряемого межосевого расстояния, точности работы точечных путевых датчиков. На основании этих результатов возможно решение следующих задач:

- вычисление возможных ошибок определения межосевых расстояний подвижных единиц при известных параметрах контрольного участка;
- определение параметров контрольного участка при заданных допустимых ошибках определения межосевых расстояний.

Сформулированы задачи по исследованию, анализу и выдаче рекомендаций по повышению точности существующих и предлагаемых методов определения типа подвижных единиц, по средству определения межосевых расстояний.

Разработана математическая модель процесса идентификации поезда с использованием ТГНЛ на основе вероятностного подхода. Метод идентификации, основанный на данной модели, позволяет автоматизировать ввод информации о поездах, прибывающих на сортировочную станцию, что дает возможность оперативного получения информации, повысит качество работы рабочего персонала при списывании номеров вагонов поезда.

Ключевые слова: идентификация подвижного состава, идентификация поезда, определение межосевых расстояний, модели и методы идентификации, имитационное моделирование, сортировочные станции.

ABSTRACT

Yehorov O.I. Increasing of rolling units identification accuracy at the marshalling yards of rail transport.

Thesis for candidate of technical sciences degree in speciality 05.22.20 - maintenance and repair of vehicles. - Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician Lazaryan, Dnepropetrovsk, 2013.

This thesis developed and improved models and methods of rolling stock identification at the marshalling yards and the adjacent railway tracks. The research into the impact of various factors on the process of rolling stock identification is conducted and the respective conclusions are made.

The mathematical model of the process and the number and wheel pair determination procedure for rolling units on one-point and two-point test area are improved.

The new scientific results are obtained that improve determination efficiency of rolling units types, by using the error function for definition of interaxial distance from the distance between the sensors, the measured interaxial distance, the accuracy of the point track sensors.

Tasks for research, analysis and recommendations as to accuracy improvement of the existing and the proposed methods for determination of rolling unit types and interaxial distance measurement are formulated.

The mathematical model of the train identification process using WLTG (wagon list telegram), based on the probabilistic approach, is developed. The identification method based on this model allows to automate entry of information about trains arriving at the marshalling yard, that gives an opportunity to obtain live data and improve the quality of work of the staff when copying carriage numbers.

Keywords: rolling stock identification, train identification, determination of interaxial distance, models and methods of identification, simulation, marshalling yards.

ЄГОРОВ ОЛЕГ ЙОСИПОВИЧ

ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХОМИХ ОДИНИЦЬ
НА СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЯХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку «18» січня 2013 р. Формат 60x84 1/16.
Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0. Тираж 100 прим.
Замовлення №86

Видавництво Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.
Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК № 1315 від 31.03.2003.

Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
49010, Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2.