

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ  
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ В.А.ЛАЗАРЯНА

ГОНЧАРОВ КОСТЯНТИН ВІКТОРОВИЧ



УДК 656.259.1

**ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ  
ПРИСТРОЇВ ПІДРАХУНКУ ВІСЕЙ РУХОМОГО СКЛАДУ**

05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ - 2002

НТБ  
ДНУЗТ

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі автоматики, телемеханіки та зв'язку Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені В.А.Лазаряна (ДНУЗТ) Міністерства транспорту України.

**Науковий керівник:** доктор фізико-математичних наук, професор  
*ГАВРИЛЮК Володимир Ілліч,*  
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені В.А.Лазаряна Міністерства транспорту України, завідувач кафедри автоматики, телемеханіки та зв'язку.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
*БАБАЄВ Михайло Михайлович,*  
Українська державна академія залізничного транспорту Міністерства транспорту України, завідувач кафедри електротехніки;

кандидат технічних наук, доцент  
*СКАЛОЗУБ Владислав Васильович,*  
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту Міністерства транспорту України,  
доцент кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій.

національний університет імені  
Міністерства освіти і науки України,  
технології", м. Луганськ.

р. о 12<sup>30</sup> годині на засіданні  
Дніпропетровського національного  
В.А.Лазаряна за адресою 49010,  
4.

і Дніпропетровського національного  
В.А.Лазаряна.

Жуковицький І.В.

НТБ  
ДНУЗТ

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Безпека руху поїздів багато в чому залежить від надійності роботи колійних датчиків, що реєструють проходження поїзду. Поряд з неперервними колійними датчиками – рейковими колами, останнім часом в світі поширюється використання точкових колійних датчиків (ТКД) як додаткових джерел інформації в системах інтервального керування рухом поїздів, горочної автоматичної централізації, автоматичної переїзної сигналізації, системах контролю ходових частин рухомого складу та ін.

Точкові колійні датчики є одними з основних елементів пристроїв підрахунку вісей рухомого складу (ППВ РС). На теперішній час перспективним є використання ППВ РС для контролю вільності малодіяльних ділянок, ділянок з низьким опором ізоляції баласту, з металевими шпалами та ін. Застосування пристроїв підрахунку вісей на ділянках, обладнаних системою напівавтоматичного блокування дозволяє автоматично контролювати прибуття поїзда на станцію у повному складі. Завдяки цьому забезпечується можливість використання на таких ділянках пристроїв диспетчерської централізації, що дозволяє значно знизити експлуатаційні витрати. Разом з тим надійність ТКД, виготовлення яких освоєно промисловими підприємствами України, та достовірність отриманої за їх допомогою інформації недостатні для застосування вітчизняних ТКД в системах контролю вільності колійних ділянок методом підрахунку вісей. Необхідність розвитку вітчизняних ППВ РС відзначена в Концепції розвитку комплексної автоматизованої системи керування і регулювання рухом поїздів (затверджена першим заступником Міністра транспорту України, Генеральним директором Укрзалізниці А.В.Слободяном 24 вересня 1998 р.).

Викладене визначає актуальність дисертаційної роботи, спрямованої на удосконалення пристроїв підрахунку вісей рухомого складу, що дозволить підвищити безпеку руху поїздів.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Обраний напрямок досліджень пов'язаний з планом виконання науково-дослідних робіт у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені В.А.Лазаряна (ДНУТ) по темі 46.02.01.02 (номер держреєстрації 0102U005872).

Робота виконана у відповідності з Концепцією реструктуризації на залізничному транспорті України (схвалена Радою Укрзалізниці, протокол №5 від 24 квітня 1997 р., затверджена рішенням Колегії Міністерства транспорту України, протокол №14 від 18 червня 1997 р.) та Концепцією розвитку комплексної автоматизованої системи керування і регулювання рухом поїздів (затверджена першим заступником Міністра транспорту України, Генеральним директором Укрзалізниці А.В.Слободяном 24 вересня 1998 р.).

Мета і задачі дослідження. Метою досліджень є підвищення безпеки руху поїздів при використанні пристроїв підрахунку вісей рухомого складу для контролю

Інститут інженерів  
залізничного  
транспорту  
БІБЛІОТЕКА

81690

ДНУТ

вільності колійних ділянок за рахунок удосконалення цих пристроїв та підвищення достовірності підрахунку вісей.

Для досягнення вказаної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- 1) провести аналіз факторів, що впливають на достовірність підрахунку вісей та розробити методи підвищення достовірності;
- 2) на основі аналізу існуючих ТКД та ППВ РС, а також вимог до них обґрунтувати вибір конструкції ТКД та запропонувати структурну схему ППВ РС;
- 3) на основі теоретичних та експериментальних досліджень точкового колійного датчика виробити методи щодо вибору його конструкційних та електричних параметрів, що дозволить підвищити достовірність реєстрації проїзду вісі;
- 4) запропонувати методи підвищення завадостійкості пристроїв підрахунку вісей;
- 5) розробити адаптивний алгоритм роботи пристроїв підрахунку, який дозволить зменшити кількість помилок, обумовлених впливом повільно змінюючихся дестабілізуючих факторів (кліматичних умов, старіння елементів та ін.);
- 6) розробити метод самотестування працездатності ППВ РС;
- 7) на основі аналізу різних видів структурного резервування пристроїв підрахунку вісей розробити рекомендації по підвищенню достовірності підрахунку.

**Об'єкт дослідження** – процес підрахунку вісей рухомого складу.

**Предмет дослідження** – достовірність підрахунку вісей рухомого складу.

**Методи дослідження.** Для вирішення поставлених задач в роботі використані:

- 1) методи теорії електричних кіл та електродинаміки для дослідження впливу металеві маси колеса рухомого складу на електромагнітне поле датчика та визначення вихідного сигналу датчика;
- 2) методи статистичної радіотехніки для вирішення задачі синтезу завадостійкого приймача сигналів від колійного датчика;
- 3) теорію кінцевих автоматів для розробки алгоритмів роботи пристрою підрахунку вісей;
- 4) елементи теорії імовірності та надійності.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

1. Вперше розроблена математична модель трансформаторного диференційного колійного датчика, яка дозволяє дослідити вплив проїзду колеса рухомого складу на електромагнітне поле датчика.

2. Вперше одержані аналітичні залежності напруги на виході трансформаторного диференційного датчика від його конструкційних та електричних параметрів, що дозволяє раціонально вибрати ці параметри при проектуванні датчика.

3. Науково обґрунтовано принципи побудови завадостійких пристроїв підрахунку вісей, що дозволяє зменшити вплив як зосереджених по спектру, флуктуаційних, так і імпульсних завад.

НТБ  
ДНУЗТ

У цілому наукова новизна одержаних результатів полягає в розробці науково-обґрунтованих методів підвищення достовірності підрахунку вісей.

Достовірність одержаних в дисертації положень, висновків і рекомендацій підтверджується строгістю теоретичного обґрунтування, достатньою збіжністю результатів аналітичного розрахунку з результатами математичного моделювання та експериментальних досліджень.

**Практичне значення одержаних результатів.** В роботі одержані наступні результати, які можуть використовуватись при проектуванні нових та удосконаленні існуючих систем інтервального керування рухом поїздів, горочної автоматичної централізації, систем контролю ходових частин рухомого складу та ін.:

- 1) запропоновано структурну схему ППВ РС та конструкцію ТКД;
- 2) запропоновано рекомендації щодо вибору конструкційних та електричних параметрів трансформаторного диференційного ТКД, застосування яких дозволить підвищити достовірність підрахунку вісей рухомого складу;
- 3) розроблена структурна схема та одержані параметри заводостійкого приймача для обробки сигналів колійного датчика;
- 4) розроблено адаптивний алгоритм функціонування та метод самотестування працездатності пристроїв підрахунку вісей;
- 5) запропоновано рекомендації по підвищенню достовірності підрахунку вісей за допомогою структурного резервування ППВ РС.

Економічний ефект за рік від впровадження системи автоблокування з використанням пристроїв підрахунку вісей на ділянці довжиною 30 км складає приблизно 31,4 тис. грн.

**Особистий внесок здобувача** полягає в плануванні та проведенні теоретичних і експериментальних досліджень, обробці отриманого матеріалу, формулюванні наукових положень і висновків, підготовці публікацій і доповідей. Постановку мети та задач дослідження виконано спільно з науковим керівником.

Автор дисертації виконав: аналіз впливу основних експлуатаційних факторів на достовірність підрахунку вісей [4,5]; математичне моделювання електромагнітних процесів в системі "колійний датчик-рейка-колесо" [1,8,9]; дослідження по підвищенню заводостійкості пристроїв підрахунку вісей [2,10,11]; розробку алгоритмів роботи ППВ РС [3]; розробку та виготовлення ППВ РС [6,7].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідались на: 2-ій міжнародній галузевій науково-технічній конференції "Актуальні проблеми розвитку залізничного транспорту і роль молодих вчених в їх вирішенні" (Ростов-на-Дону, РДУШС, 2000); 7-ій міжнародній конференції залізничних експертів "Южел-2000" (Врн'ячка Баня, Сербська академія наук, Югославія, 2000); науковій конференції "Інформаційні технології військово-повітряних сил України у XXI сторіччі" (Харків, ХАІ ВПС, 2001); міжнародній конференції "Materialy i technologie XXI wieku" (Катовіци, Politechnika Slaska, Польща,

2001); 1-й міжнародній конференції “Telematyka Systemow transportowych” (Устрон, Politechnika Slaska, Польща, 2001); міжнародній конференції з керування “Автоматика-2001” (Одеса, ОДПУ, 2001); 14-й Міжнародній школі-семінарі “Перспективні системи керування на залізничному транспорті” (Харків-Алушта, ХарДАЗТ, 2001); 5-й міжнародній науковій конференції “Railway Wheel Sets” (Катовіци, Silesian Technical University, Польща, 2002).

**Публікації.** За основними результатами дисертації опубліковано 7 основних та 4 додаткових наукових роботи, в тому числі 5 статей у фахових виданнях, 2 патенти на винахід та 4 тези доповідей.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів та висновків, що викладені на **139** сторінках машинописного тексту і які містять 48 рисунків та 3 таблиці, переліку літературних джерел із 134 найменувань, викладеного на 13 сторінках, 6 додатків на **26** сторінках. Рисунки, які розміщені на окремих сторінках дисертації, займають 12 сторінок. Повний обсяг дисертації складає **163** сторінки.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність досліджень, сформульовано мету і задачі досліджень, наведено основні наукові положення та результати, що винесено на захист, а також відомості про практичне значення результатів роботи, їх апробацію і публікацію матеріалів досліджень.

В першому розділі розглянуто функціональні можливості пристроїв підрахунку вісей рухомого складу, умови їх експлуатації та вимоги до них, проведено аналіз існуючих пристроїв підрахунку вісей та точкових колійних датчиків.

Значний внесок в розвиток теорії та розробку пристроїв підрахунку вісей належить вченим залізничного транспорту: В.П.Бухгольцу, Г.А.Красовському, А.Е.Штанке, В.І.Шелухіну, Г.Г.Валєєву, В.І.Самодурову, Ю.В.Соболеву, М.М.Бабасєву, Г.І.Загарію, С.А.Щіголеву, І.Г.Тільку та ін.

Поряд з неперервними колійними датчиками – рейковими колами, для отримання первинної інформації о місцезнаходженні та параметрах руху поїздів в системах залізничної автоматики використовуються точкові колійні датчики. Шляхом обробки електричних сигналів від ТКД можна визначати напрям, швидкість, прискорення руху поїздів, тип та кількість рухомих одиниць, що проїхали контрольну ділянку. ТКД є одними з основних елементів ППВ РС. Перспективним є використання пристроїв підрахунку вісей для контролю вільності ділянок, обладнаних системою напівавтоматичного блокування, що дозволяє автоматично контролювати прибуття поїзда на станцію у повному складі. Завдяки цьому забезпечується можливість застосування на таких ділянках пристроїв диспетчерської централізації, що дозволяє значно знизити експлуатаційні витрати.

НТД  
ДНУЗТ

Для контролю вільності ділянки методом підрахунку вісей визначається кількість вісей рухомого складу, що знаходяться на ділянці. Якщо кількість вісей дорівнює нулю, то ділянка в даний час вважається вільною. Помилки в підрахунку вісей можуть привести до реєстрації вільності при фактичній зайнятості ділянки, що порушує безпеку руху поїздів. Таким чином, при використанні ППВ РС для контролю вільності ділянок безпека руху поїздів залежить від достовірності підрахунку вісей.

Аналіз різних типів ТКД показав, що найбільш придатними для використання в ППВ РС є електромагнітні датчики. Такі датчики мають відносно просту конструкцію і забезпечують високу завадостійкість та чутливість, дозволяють контролювати проїзд поїзда з високою швидкістю руху. Особливо це стосується трансформаторних диференціальних датчиків, до яких відноситься датчик ДП150-80, що випускається в Україні. Разом з тим ДП150-80 має ряд суттєвих недоліків: низька максимальна швидкість руху, при якій контролюється проїзд колісної пари (36 км/год), велика потужність, що витрачається датчиком (24 Вт), нестабільна довжина зони чутливості (0,35-0,65 м), значне розсіяння значень потужності вихідного сигналу датчика (0,4-20 мВт) та ін. Вказані недоліки, пов'язані з конструкційними особливостями датчика та низькою робочою частотою (50 Гц), не дозволяють використовувати датчик ДП150-80 в системах контролю вільності ділянок методом підрахунку вісей.

Пристрої підрахунку вісей рухомого складу функціонують у складних умовах експлуатації, що характеризуються впливом значних зовнішніх електромагнітних полів, зміною кліматичних умов (температури та вологості), значними ударними та вібраційними навантаженнями на колійні датчики, знаходженням сторонніх металевих предметів в зоні дії датчиків та ін. Вказані зовнішні по відношенню до пристроїв підрахунку вісей фактори дестабілізують їх роботу та зменшують достовірність підрахунку вісей. До факторів, що впливають на достовірність, відноситься також різний вплив металевої маси коліс рухомого складу на електромагнітне поле ТКД, пов'язаний з різницею коліс по типу та стану (ступінь зносу ободу та гребеня, дефекти по колу катання), різною швидкістю руху коліс. Внаслідок цього амплітуда та тривалість вихідного сигналу датчика є випадковими величинами. При виявленні такого сигналу на фоні завад виникають помилки. До внутрішніх факторів, що впливають на достовірність підрахунку вісей, відносяться апаратурні відмови та порушення алгоритму функціонування ППВ РС.

Для підвищення достовірності інформації від пристроїв підрахунку вісей необхідно науково обґрунтувати вибір конструкції та параметрів ТКД, структури ППВ РС, розробити методи підвищення завадостійкості та апаратурної надійності, розробити адаптивні алгоритми функціонування пристроїв підрахунку вісей, що і визначає напрямок досліджень дисертаційної роботи.

У другому розділі запропоновано структурну схему ППВ РС, обґрунтовано вибір конструкції ТКД, на основі математичного моделювання впливу металевої маси колеса рухомого складу на електромагнітне поле датчика одержано аналітичні

залежності вихідної напруги датчика від його конструкційних та електричних параметрів, запропоновано рекомендації щодо вибору параметрів ТКД.

До складу запропонованого ППВ РС входять точкові колійні датчики, приймач сигналів від датчиків, блок логічної обробки, блок діагностування та блок передачі даних. Колійні датчики розташовуються біля рейки, а електронні блоки пристрою – на відстані до 10 м від датчиків. Приймач сигналів від ТКД виконує фільтрацію, підсилення та нормування сигналів. У блоці логічної обробки реєструється проїзд вісі рухомого складу, визначається напрям руху та підраховується кількість вісей. За допомогою блока передачі даних відбувається передача інформації о кількості вісей та прийняття сигналів керування. Блок діагностування використовується для перевірки працездатності пристрою.

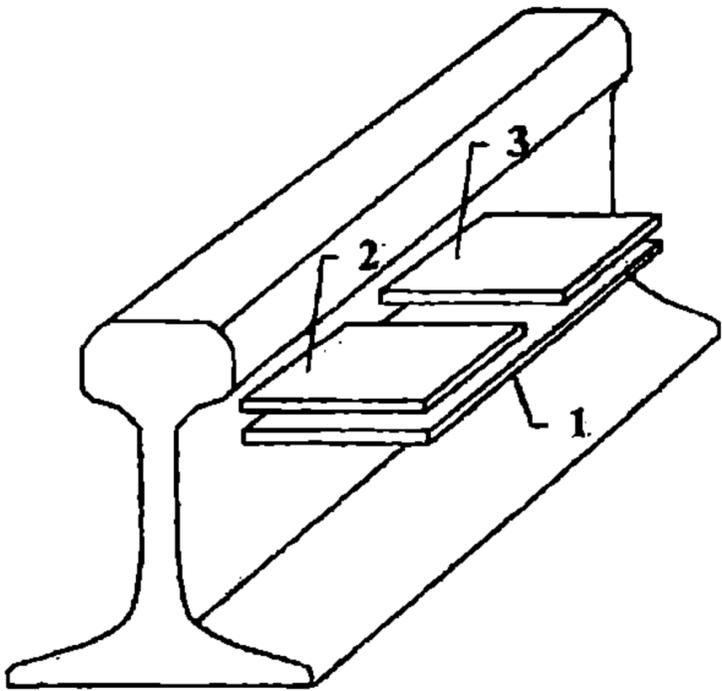


Рис. 1. Розташування котушок трансформаторного диференційного датчика: 1 – передаюча котушка; 2,3 – приймальні

Конструкція точкового колійного датчика була вибрана з урахуванням умов його експлуатації та вимог до нього. Датчик містить передаючу та дві приймальні котушки, розташовані в горизонтальній площині (рис. 1). Передаюча котушка підключається до генератора синусоїдальних коливань, а приймальні, з яких знімається вихідна напруга датчика, з'єднані з приймачем сигналів від ТКД. Завдяки диференційному включенню приймальних котушок забезпечується висока завадостійкість та чутливість датчика. Використання двох приймальних котушок дозволяє також визначати напрям руху кожної колісної пари по сигналу від одного датчика. Відсутність феромагнітного сердечника забезпечує температурну стабільність та до-

зволяє використовувати високу робочу частоту, що підвищує максимальну швидкість руху, при якій контролюється проїзд колісної пари.

При розробці математичної моделі для дослідження впливу проїзду колеса над датчиком на його електромагнітне поле поверхні рейки та гребеня колеса заміняли площиною та циліндром, відповідно, а, для зведення задачі до двомірної, передаючу котушку датчика заміняли дводротовою лінією (рис. 2). Для такої розрахункової моделі векторні потенціали магнітного поля мають лише одну складову  $A_x$ . Оскільки навантаження датчика має високій опір, то вважали, що поле датчика створюється лише передаючою котушкою. Обрана розрахункова модель враховує постійну дію рейки та тимчасову дію гребеня колеса на електромагнітне поле датчика, а також дозволяє дослідити вплив ширини котушок датчика, відстані від них до рейки, ширини та положення гребеня колеса, робочої частоти датчика, сили струму в переда-

ючій котушці на процес взаємодії металевої маси колеса з електромагнітним полем датчика.

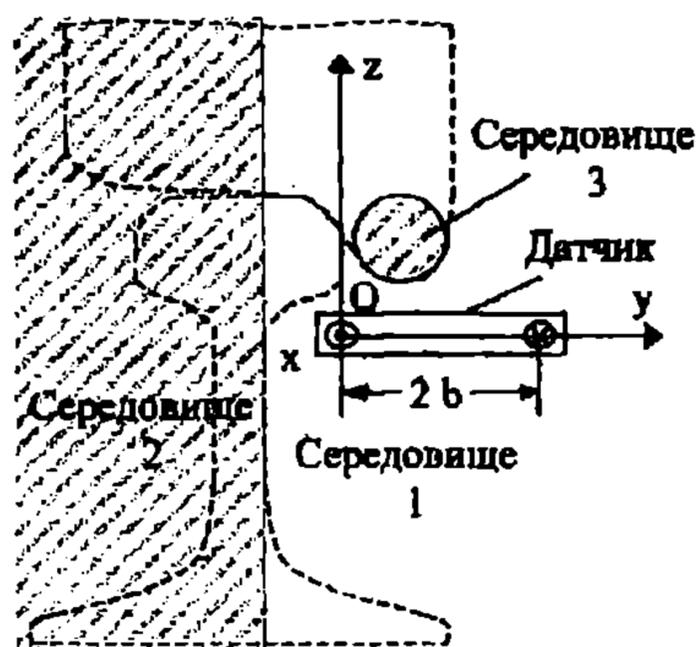


Рис. 2. Розрахункова модель системи "датчик-рейка-колесо"

Електромагнітне поле в системі "датчик-рейка-колесо" (рис. 2) описується системою рівнянь Гельмгольца для векторних потенціалів магнітного поля

$$\nabla^2 A_1 = -\mu_0 \dot{J}_{\text{стор}}, \quad (1)$$

$$\nabla^2 A_2 + \tilde{k}_2^2 A_2 = 0, \quad (2)$$

$$\nabla^2 A_3 + \tilde{k}_3^2 A_3 = 0, \quad (3)$$

де  $A_1, A_2, A_3$  – векторні потенціали магнітного поля в середовищах 1 (область розташування датчика), 2 (рейка), 3 (колесо), відповідно;  $\mu_0$  – магнітна стала;  $J_{\text{стор}}$  – щільність струму в передаючій котушці;

$\tilde{k}_2^2 = -j\omega\mu_r\mu_0\sigma_r$ ;  $\tilde{k}_3^2 = -j\omega\mu_k\mu_0\sigma_k$ ;  $j$  – мнима одиниця;  $\omega = 2\pi f$ ;  $f$  – робоча частота датчика;  $\sigma_r$  та  $\mu_r$  – електропровідність та магнітна проникність рейкової сталі;  $\sigma_k$  та  $\mu_k$  – електропровідність та магнітна проникність колісної сталі. Вважали, що векторний потенціал в середовищі 1 дорівнює суперпозиції  $A_1 = A_0 + A_r + A_k$ , де  $A_0$  – векторний потенціал передаючої котушки без впливу рейки та колеса;  $A_r$  та  $A_k$  – векторні потенціали магнітного поля, яке створюється рейкою та колесом, відповідно.

Рівняння (1)-(3) були вирішені методом Фур'є з урахуванням граничних умов для векторних потенціалів. При цьому окремо було розглянуто системи „датчик-рейка” та „датчик-колесо”. В результаті було одержано вираз для векторного потенціалу магнітного поля, що вноситься колесом

$$\dot{A}_k(r, \varphi) = \sum_{n=0}^{\infty} r^{-n} (A_n \cos(n\varphi) + B_n \sin(n\varphi)). \quad (4)$$

Коефіцієнти  $A_n, B_n$  були знайдені з одержаних виразів для потенціалів  $A_k, A_3, A_r$ , відомого виразу для потенціалу  $A_0$  та граничних умов.

Для визначення напруги на виході датчика при проїзді колісної пари використовували вираз

$$\dot{U}_c = 2aj\omega W_1 W_2 \left( A_k(r_1, \varphi_1) - A_k(r_2, \varphi_2) \right), \quad (5)$$

де  $a$  – половина довжини передаючої котушки;  $W_1, W_2$  – число витків в передаючій та приймальних котушках, відповідно;  $(r_1, \varphi_1), (r_2, \varphi_2)$  – координати провідників однієї з приймальних котушок. Для перевірки адекватності запропонованої моделі було

визначено відносний вихідний сигнал датчика за допомогою математичної моделі та експериментально. При визначенні векторного потенціалу  $A_x$  враховували п'ять перших доданків суми (4). При різних умовах визначення вихідного сигналу відмінність між експериментальними даними та результатами розрахунку складає 4-6%.

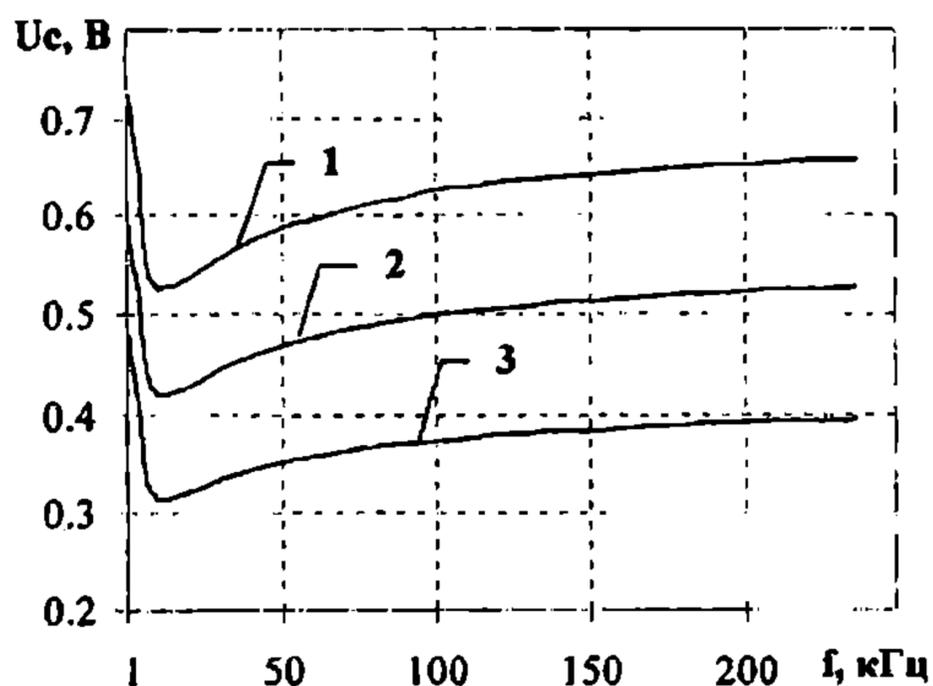


Рис. 3. Залежність вихідного сигналу ТКД від його робочої частоти: 1 –  $W_2/W_1=5$ ; 2 –  $W_2/W_1=4$ ; 3 –  $W_2/W_1=3$

мовихровий ефект). При збільшенні частоти понад 150 кГц вихідний сигнал змінюється слабо. Експериментальні дослідження показали, що на частоті понад 150 кГц починають проявлятися резонансні властивості котушок датчика, що погіршує стабільність його роботи. Разом з тим при роботі на низьких частотах час проходження колесом зони чутливості датчика при максимальній швидкості руху стає близьким до періоду електромагнітних коливань в котушках датчика, що зменшує імовірність вірного виявлення сигналу приймачем. Таким чином, можна рекомендувати обирати частоту рівною 150 кГц.

В залежності від типу та стану (ступеню зносу ободу, дефектів по колу катання) коліс рухомого складу відстань між гребенем колеса та датчиком змінюється від  $\delta_{\min}=4$  мм до  $\delta_{\max}=19$  мм. Горизонтальне положення гребеня колеса залежить від динаміки руху поїзда. Враховуючи можливе поширення залізничної колії, допуск на ширину колісної пари, та можливий підріз гребеня, визначено, що горизонтальне зміщення нижньої точки гребеня колеса по відношенню до бокової грані головки рейки може змінюватись від  $D_{\min}=12,5$  мм до  $D_{\max}=66,5$  мм. Внаслідок різного положення гребеня колеса по відношенню до датчика амплітуда його вихідного сигналу є випадковою величиною. При виявленні такого сигналу на фоні завад виникають помилки. Як показує залежність, одержана на основі розробленої математичної моделі (рис. 4), для зменшення відношення найбільшої вихідної напруги датчика до

Вирази (4) та (5) дозволяють дослідити вплив конструкційних та електричних параметрів датчика на його вихідний сигнал та раціонально вибрати параметри датчика при його проектуванні. Отримана залежність вихідного сигналу датчика від його робочої частоти (рис. 3) показує, що найменше значення сигналу має місце на частоті 10 кГц. При зменшенні частоти від 10 кГц до 1 кГц вихідний сигнал збільшується в 1,33 рази (проявляються феромагнітні властивості колісної сталі), а при збільшенні частоти від 10 кГц до 150 кГц – збільшується в 1,22 рази (проявляється стру-

найменшої, а отже і для збільшення достовірності реєстрації проїзду колісної пари, необхідно вибрати ширину котушок рівною 80 мм.

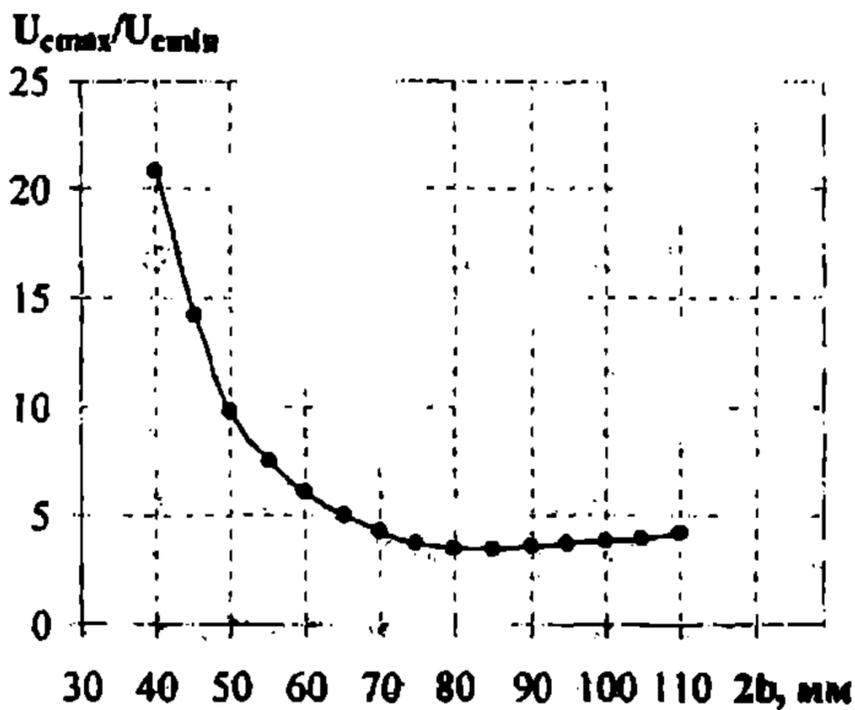


Рис. 4. Залежність відношення найбільшої вихідної напруги датчика до найменшої від ширини його котушок

В результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень ТКД були вибрані такі параметри датчика: ширина котушок – 80 мм, довжина передаючої котушки – 120 мм, приймальних – 55 мм, число витків в передаючій котушці – 20, в приймальних – 100, частота – 150 кГц, сила струму в передаючій котушці – 0,2 А.

У третьому розділі наведено результати досліджень по підвищенню завадостійкості пристроїв підрахунку вісей, синтезовано оптимальний та квазіоптимальний приймач сигналів від трансформаторного диференційно-

го датчика, одержані кількісні характеристики виявлення вихідного сигналу датчика, досліджено вплив імпульсних завад на роботу пристроїв підрахунку вісей.

При проїзді колісної пари над трансформаторним диференційним колійним датчиком на його виході з'являється високочастотний сигнал  $s(t) = A \cdot s_0(t) \cos(\omega t)$ , огинаюча якого може бути описана виразом:

$$s_0(t) = \exp\left\{-\frac{(m(t-t_s))^2}{2a^2}\right\} - \exp\left\{-\frac{(m(t-t_s)-\tau)^2}{2a^2}\right\}, \quad (6)$$

де  $A$  – амплітуда сигналу;  $m = v/v_{ном}$ ;  $v$  – швидкість рухомого складу;  $v_{ном}$  – номінальна швидкість рухомого складу;  $t_s$  – час появи сигналу;  $a$  – час, за який значення  $s_0(t)$  збільшується від 0,606 до 1 або зменшується від 1 до 0,606 при  $m=1$ ;  $\tau$  – інтервал часу між максимумом та мінімумом функції  $s_0(t)$  при  $m=1$ . Параметр  $a$  залежить від довжини приймальних котушок ТКД, а параметр  $\tau$  – від відстані між осями приймальних котушок.

При вирішенні задачі виявлення сигналу від датчика на фоні завад було прийнято, що амплітуда сигналу розподілена по нормальному закону з математичним сподіванням  $m_A$  і дисперсією  $\sigma_A^2$ , а випадкові величини  $m$  і  $t_s$  розподілені рівномірно. Прийнято також, що на вхід приймача разом з сигналом від датчика поступає адитивна завада у вигляді білого гаусового шуму з нульовим математичним сподіванням та односторонньою спектральною щільністю потужності  $N$ . За таких умов було визначено відношення правдоподібності

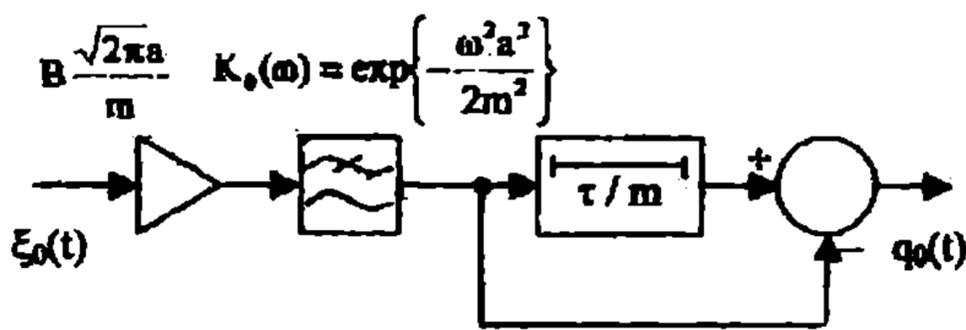
НТБ  
ДНУЗТ

$$k(m, t_s) = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{N}{N + \alpha(m)\sigma_A^2}} \exp \left[ \frac{\left( \frac{m_A}{\sigma_A^2} + 2 \frac{X(m, t_s)}{N} \right)^2 - \frac{m_A^2}{\sigma_A^2} \left( \frac{1}{\sigma_A^2} + \frac{\alpha(m)}{N} \right)}{\frac{2}{\sigma_A^2} + \frac{2\alpha(m)}{N}} \right] \left[ \operatorname{erf} \left( \frac{\frac{m_A}{\sigma_A^2} + 2 \frac{X(m, t_s)}{N}}{\sqrt{\frac{1}{2\sigma_A^2} + \frac{\alpha(m)}{2N}}} \right) + 1 \right], \quad (7)$$

де  $X(m, t_s) = \int_0^T \xi(t) \cdot s_0(t, m, t_s) \cos(\omega t) dt$ ;  $\xi(t)$  – коливання, яке поступає на вхід приймача;  $\alpha(m)$  – еквівалентна тривалість вихідного сигналу датчика.

Згідно з теорією оптимального прийому сигналів рішення о наявності сигналу від датчика у коливанні  $\xi(t)$  повинно прийматись, якщо відношення правдоподібності перевищує певний граничний рівень. Так як функції  $\exp(x)$  і  $\operatorname{erf}(x)$ , які входять до виразу (7), монотонні, а від прийнятого коливання  $\xi(t)$  залежить лише кореляційний інтеграл  $X$ , то для прийняття рішення о наявності сигналу від датчика достатньо порівняти кореляційний інтеграл  $X$  з деяким граничним рівнем. Це справедливо лише у випадку, коли тривалість сигналу є детермінованою величиною.

Для визначення кореляційного інтегралу запропоновано використовувати у приймачі узгоджений фільтр. В результаті аналізу спектральної щільності сигналу



$s_0(t)$  синтезовано структурну схему узгодженого фільтра (рис. 5), до складу якого входять підсилювач, фільтр низької частоти, лінія затримки та суматор. Характеристики фільтра низької частоти та лінії затримки залежать від тривалості вихідного сигналу датчика.

Рис. 5. Структурна схема узгодженого фільтра датчика.

Так як швидкість руху поїзду є випадковою величиною, то і тривалість вихідного сигналу датчика також є випадковою величиною. Тому оптимальний приймач для виявлення сигналу від датчика повинен бути багатоканальним, в якому для різних можливих значень тривалості сигналу використовується відповідний узгоджений фільтр. Крім цього до складу оптимального приймача повинні входити детектор огинаючої, блок визначення найбільшого значення та граничний елемент. Так як ре-

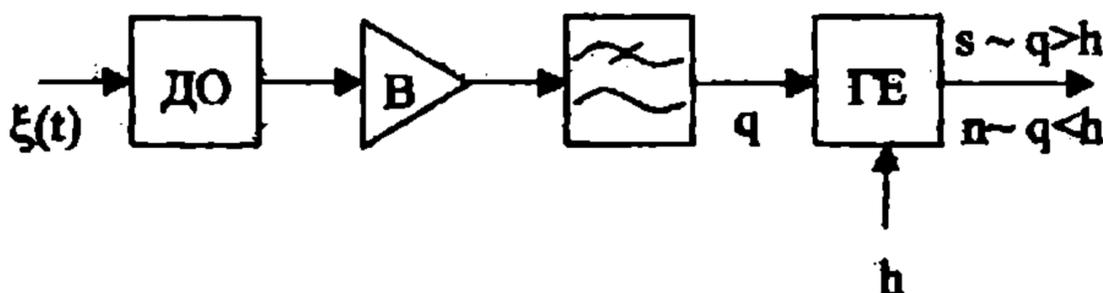


Рис. 6. Структурна схема квазіоптимального приймача сигналів від ТКД

алізувати оптимальний приймач складно, то на практиці можуть застосовуватись різні квазіоптимальні приймачі. Запропоновано одноканальний квазіоптимальний приймач (рис. 6), до складу якого входять детектор огинаю-

чої (ДО), підсилювач, фільтр низької частоти (ФНЧ) та граничний елемент (ГЕ). ФНЧ має наступну амплітудно-частотну характеристику (АЧХ)

$$K(\omega) = \exp\left\{-\frac{\omega^2 a^2}{2M^2}\right\}, \quad (8)$$

де  $M$  – максимально можливе значення параметру  $m$ . Аналіз АЧХ (8) показав, що найбільш близьку до неї характеристику має фільтр Батерворта другого порядку. У відповідності з АЧХ (8) було синтезовано цифровий фільтр та розроблено програму цифрової фільтрації сигналу для мікроконтролера сім'ї MCS 51.

Для запропонованого квазіоптимального приймача були одержані математичні вирази для визначення імовірності загальної (сумарної) помилки при виявленні вихідного сигналу трансформаторного диференційного ТКД. Досліджено вплив граничного рівня та спектральної щільності потужності шуму на імовірність помилки. Так як помилки „пропуск вісі рухомого складу” та „невірна фіксація вісі” приводять до однакових наслідків – невірний контроль вільності ділянки, то для вибору опти-

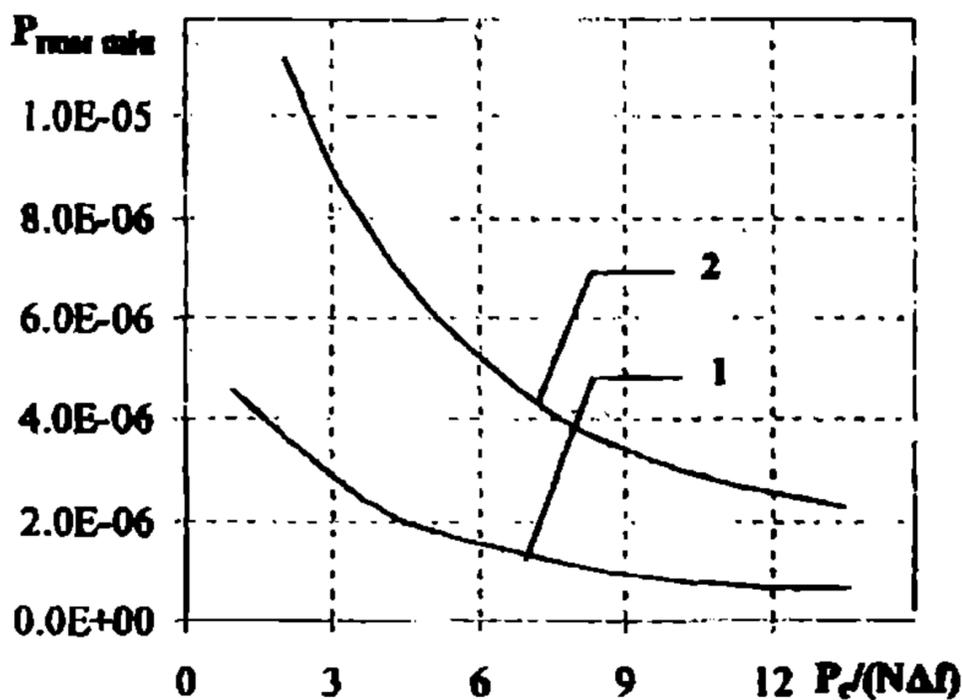


Рис. 7. Залежність імовірності помилки від відношення сигнал/шум: 1 – при використанні квазіоптимального приймача; 2 – без квазіоптимального приймача

імовірність загальної помилки збільшується в 3,7 рази.

Було визначено, що імпульсні завади приводять до ударного збудження приймальних контурів ТКД, а також смугового вхідного фільтру приймача. Для захисту від імпульсних завад запропоновано: 1) використовувати ТКД з диференціальним включенням приймальних котушок, завдяки чому забезпечується компенсація впливу завад; 2) використовувати синхронно-фазове детектування; 3) будувати приймач по принципу широкосмуговий фільтр – обмежувач – вузькосмуговий фільтр. Визна-

чального граничного рівня запропоновано використовувати критерій мінімуму імовірності загальної помилки. Встановлено, що застосування квазіоптимального приймача дозволяє зменшити імовірність загальної помилки більш ніж у три рази (рис. 7) ( $\Delta f$  – смуга пропускання вхідного фільтру приймача). Визначено, що при відношенні потужності сигналу до потужності шуму рівному десяти та оптимальному виборі граничного рівня імовірність загальної помилки при виявленні сигналу від датчика квазіоптимальним приймачем складає  $\sim 10^{-6}$ . При зменшенні відношення сигнал/шум від 10 до 3

чено, що для зменшення впливу наведених імпульсних завад необхідно вибрати смугу пропускання вхідного фільтра приймача – більше 3,8 кГц.

Запропоновано квазіоптимальний приймач доповнити вузлом, що містить широкосмуговий фільтр, обмежувач, вузькосмуговий фільтр. Для оцінки завадостійкості такого приймача за допомогою пакету ORCAD 9.1 було проведене комп'ютерне моделювання впливу на вхід приймача сигналу з мінімально можливою довжиною від датчика, а також різних імпульсних завад. При виборі параметрів завад використовували технічні характеристики відомого імітатора завад, що застосовується для перевірки мікроелектронних засобів на електромагнітну сумісність. Результати моделювання показали, що відгук на виході фільтра низької частоти від впливу вихідного сигналу датчика значно більший, ніж від впливу завад.

Четвертий розділ присвячений розробці алгоритмів функціонування пристроїв підрахунку вісей, дослідженню показників надійності цих пристроїв та достовірності підрахунку вісей.

Використовуючи одержані практичні результати та рекомендації щодо вибору конструкції та параметрів точкового колійного датчика, а також структури завадостійкого приймача було розроблено пристрій підрахунку вісей рухомого складу (рис. 8). До складу пристрою входять генератор синусоїдальних коливань з підсилювачем, трансформаторний диференційний датчик, приймач сигналів від датчика, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), мікроконтролер (МК), блок прийняття та передачі даних (Пр/Пер). Приймач містить вхідні смугові фільтри, регулюємий підсилювач, диференційний підсилювач, амплітудний обмежувач, фазоздвигаюче коло та синхронний детектор (СД). Функції фільтру низької частоти та операції порівняння вихідної напруги приймача з граничними рівнями виконує мікроконтролер. Для перевірки працездатності пристрою до його складу введені

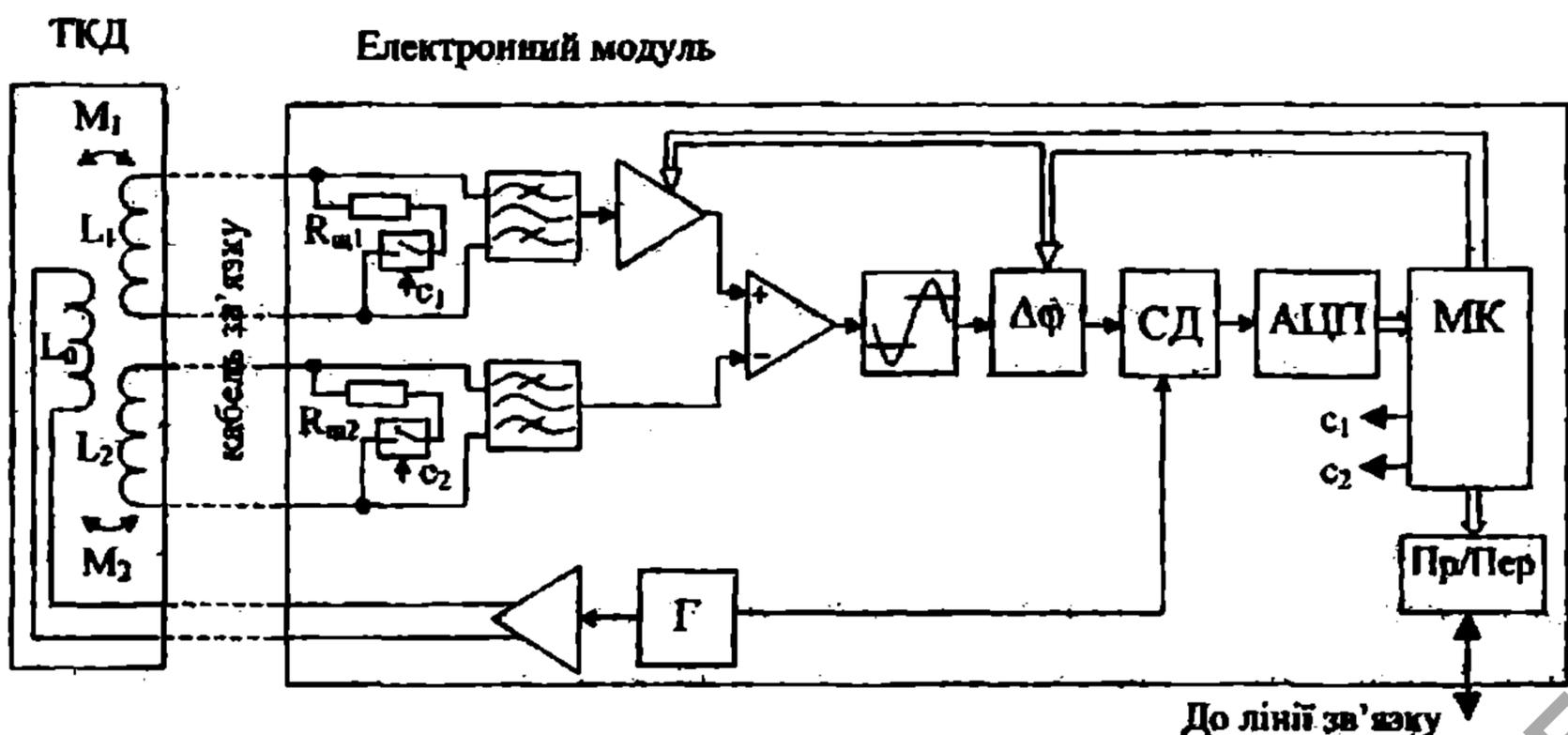


Рис. 8. Структурна схема пристрою підрахунку вісей рухомого складу

ключі імітації проїзду колісної пари, що включені паралельно до приймальних котушок датчика.

У ідеально збалансованого диференційного ТКД вихідний сигнал у відсутності колеса дорівнює нулю. Але із-за неідентичності приймальних котушок ТКД та неоднакового зв'язку приймальних котушок з передаючою завжди існує сигнал розбалансу. При цьому на виході приймача діє відмінна від нуля постійна напруга. Під впливом повільно змінюючихся дестабілізуючих факторів (кліматичних умов, старіння елементів та ін.) відбувається зміна вихідної напруги приймача, що може привести к помилкам у підрахунку числа вісей. Для запобігання таких помилок розроблено адаптивний алгоритм роботи пристрою. Відповідно до даного алгоритму мікроконтролер визначає початкове значення вихідного сигналу приймача і аналізує подальші значення сигналу через однакові проміжки часу. Якщо поточне значення сигналу відрізняється від початкового на величину меншу заданої, тобто швидкість зміни сигналу менша за задану, то поточне значення приймається в якості початкового. Якщо ж поточне значення відрізняється від початкового на величину більшу заданої, то мікроконтролер переходить до виконання підпрограми підрахунку вісей. Рішення о проїзді колісної пари приймається у разі послідовного збільшення вихідної напруги приймача на граничне значення відносно початкового значення, а потім – зменшення на граничне значення або навпаки. Після реєстрації проїзду колеса мікроконтролер повертається до виконання адаптивного алгоритму. У випадку коли початкове значення виходить за допустимі межі, під керування мікроконтролеру відбувається зміна коефіцієнту підсилення регулюємого підсилювача, завдяки чому забезпечується балансування пристрою. Через однакові проміжки часу відбувається також програмне перестроювання фазоздвигаючого кола до отримання максимальної вихідної напруги на виході приймача.

Запропоновано алгоритм підрахунку вісей по сигналам від двох трансформаторних диференційних датчиків, який враховує можливу зупинку, зміну напрямку та коливальні рухи колісної пари в зоні дії датчиків. Для запобігання помилок від дії металевих предметів, що звішуються з рухомого складу, необхідно розташовувати датчики на різних рейках.

Був проведений аналіз роботи мікроконтролера, використовуючи методи теорії кінцевих автоматів. Побудовано граф автомата, який характеризує роботу мікроконтролера при підрахунку вісей та тестуванні працездатності. Для перевірки працездатності мікроконтролер періодично виробляє сигнали тестування, які приводять до послідовного замкнення ключів імітації проїзду колеса. В результаті цього послідовно шунтуються приймальні котушки датчика і напруга на виході приймача спочатку перевищує верхній граничний рівень, а потім стає меншою за нижній граничний рівень. По значенню вихідної напруги мікроконтролер аналізує працездатність пристрою. В процесі тестування цифрова фільтрація сигналу не виконується, що дозволяє зменшити час тестування. Значення шунтуючих опорів вибрано таким, що

шунтування однієї з приймальних котушок приводить до перевищення вихідною напругою приймача відповідного граничного рівня навіть при проїзді у цей час колеса над іншою приймальною котушкою. Час виконання тесту контролюється за допомогою таймера. При порушенні працездатності одного із вузлів пристрою (генератора, ТКД, приймача та ін.), а також при порушенні алгоритму функціонування мікроконтролера час виконання програми тестування перевищує заданий. В цих випадках по сигналу від таймера відбувається припинення програми тестування та передача до вирішального приладу сигналу „помилка”. Так як кожний етап тесту, пов’язаний із шунтуванням однієї з приймальних котушок, відбувається на протязі короткого проміжку часу, то при проведенні тесту виключається можливість пропуску вісі рухомого складу.

Визначено, що дублювання колійного датчика при застосуванні елемента порівняння „і” дозволяє збільшити достовірність підрахунку вісей, якщо для одного датчика імовірність помилки “невірна реєстрація вісі” перевищує імовірність помилки “пропуск вісі”. В протилежному випадку достовірність підрахунку вісей може бути збільшена при використанні дублювання ТКД та елемента порівняння „або”.

Для розробленого пристрою підрахунку вісей були визначені показники надійності: інтенсивність відмов –  $4,2 \cdot 10^{-5}$  1/год, середнє напрацювання на відмову – 23810 год, імовірність безвідмовної роботи на протязі 1000 год – 0,959.

Так як апаратурні відмови ППВ РС та помилки, пов’язані з впливом дестабілізуючих факторів, незалежні один від одних, то імовірність достовірного підрахунку вісей на протязі часу  $t$  визначається виразом

$$P_d(t) = P_a(t)(1 - P_{\text{пом}} Nt) , \quad (9)$$

де  $P_a(t)$  – імовірність відсутності апаратурних відмов на протязі часу  $t$ ;  $P_{\text{пом}}$  – імовірність помилки при виявленні однієї вісі рухомого складу;  $N$  – інтенсивність руху.

Були визначені показники апаратурної безвідмовності та достовірності підрахунку вісей для одного пристрою підрахунку та при використанні різних видів структурного резервування (табл. 1). При цьому вважали, що інтенсивність руху

Таблиця 1

Показники апаратурної безвідмовності та достовірності підрахунку вісей при використанні різних видів структурного резервування пристроїв підрахунку

Вид структурного резервування	Імовірність відсутності апаратурних відмов на протязі			Імовірність достовірного підрахунку вісей на протязі		
	500год	1000год	2500год	500год	1000год	2500год
Один комплект ППВ РС	0,9792	0,9589	0,9003	0,9303	0,8630	0,6752

Вид структурного резервування		Імовірність відсутності апаратурних відмов на протязі			Імовірність достовірного підрахунку вісей на протязі		
		500год	1000год	2500год	500год	1000год	2500год
Загальне дублювання заміщенням	навантажений резерв	0,9995	0,9984	0,9900	0,9495	0,8986	0,7425
	ненавантажений резерв	0,9998	0,9991	0,9949	0,9498	0,8992	0,7462
Мажоритарне резервування		—	—	—	0,9861	0,9488	0,7520
Розділене дублювання заміщенням ненавантажений резерв		0,9999	0,9995	0,9974	0,9499	0,8996	0,7481
Мажоритарне резервування ТКД		—	—	—	0,9794	0,9412	0,7577
Мажоритарне резервування ТКД та дублювання блока логічної обробки		—	—	—	0,9897	0,9612	0,7985

складає 100 вісей/год, а імовірність помилки при виявленні однієї вісі –  $10^{-6}$ . При виконанні розрахунків розглядали узагальнений колійний датчик, до складу якого окрім електромагнітної системи входять генератор та приймач. Розрахунки показують, що найбільша імовірність достовірного підрахунку забезпечується при використанні мажоритарного резервування колійного датчика та дублювання блока логічної обробки. Таке комплексне резервування дозволяє зменшити імовірність невірної підрахунку вісей на протязі 500 год в 6,8 рази, на протязі 1000 год – в 3,5 рази.

## ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі на основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень вирішено важливу науково-технічну задачу підвищення безпеки руху поїздів при використанні пристроїв підрахунку вісей рухомого складу для контролю вільності колійних ділянок шляхом удосконалення цих пристроїв та підвищення достовірності підрахунку вісей. Основні наукові результати, висновки і практичні рекомендації полягають в наступному:

1. На основі аналізу існуючих пристроїв підрахунку вісей рухомого складу, а також вимог до них та умов їх експлуатації запропоновано структурну схему пристрою підрахунку вісей, конструкцію точкового колійного датчика та методи під-

вищевня достовірності підрахунку вісей: метод вибору параметрів датчика, методи завадостійкого прийому та адаптивної обробки вихідного сигналу датчика, метод самотестування працездатності пристрою підрахунку вісей.

2. Розроблено математичну модель трансформаторного диференційного колійного датчика, на основі якої досліджено вплив конструкційних та електричних параметрів датчика на його вихідний сигнал.

3. Встановлено, що при зменшенні робочої частоти датчика від 10 кГц до 1 кГц його вихідний сигнал збільшується в 1,33 рази, а при збільшенні частоти від 10 кГц до 150 кГц – збільшується в 1,22 рази. З урахуванням максимально можливої швидкості рухомого складу та резонансної частоти котушок датчика рекомендовано обирати частоту рівною 150 кГц.

4. Досліджено вплив відстані між гребенем колеса та датчиком, що лежить у межах від 4 мм до 19 мм, та горизонтального положення гребеня колеса по відношенню до датчика, що змінюється від 12,5 мм до 66,5 мм, на вихідний сигнал датчика. Визначено, що для зменшення впливу положення колеса, а отже і для підвищення достовірності реєстрації проїзду колісної пари, необхідно обирати ширину котушок датчика рівною 80 мм.

5. Отримано структурну схему оптимального приймача для виявлення вихідного сигналу колійного датчика, що містить детектор огинаючої, узгоджені фільтри для різних можливих значень тривалості сигналу, блок виявлення найбільшого значення та граничний елемент. Запропоновано квазіоптимальний приймач, до складу якого входять детектор огинаючої, підсилювач, фільтр низької частоти, граничний елемент, та використання якого дозволяє зменшити імовірність загальної помилки виявлення сигналу більш ніж у три рази.

6. Розроблено пристрій підрахунку вісей, завадостійкість якого підтверджується результатами комп'ютерного моделювання. Встановлено, що для захисту від імпульсних завад необхідно обирати смугу пропускання вхідних фільтрів пристрою більшу за 3,8 кГц.

7. Розроблено адаптивний алгоритм роботи та метод самотестування пристрою підрахунку вісей, що дозволяють майже уникнути помилок, обумовлених впливом повільних дестабілізуючих факторів (кліматичних умов, старіння елементів та ін.), та своєчасно визначати порушення працездатності пристрою.

8. Встановлено, що серед можливих видів структурного резервування пристроїв підрахунку вісей найбільшу достовірність підрахунку дозволяє досягти мажоритарне резервування колійного датчика та дублювання блока логічної обробки. Таке комплексне резервування дозволяє зменшити імовірність невірної підрахунку вісей на протязі 500 год в 6,8 рази, на протязі 1000 год – в 3,5 рази.

9. Отримані в роботі практичні результати та рекомендації можуть використовуватись при проектуванні нових та удосконаленні існуючих систем інтервального керування рухом поїздів, систем горочної автоматичної централізації, систем ко-

нтролю ходових частин рухомого складу та ін. Економічний ефект за рік від впровадження системи автоблокування з використанням пристроїв підрахунку вісей на двоколійній ділянці довжиною 30 км складає приблизно 31,4 тис. грн.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Основні роботи:

1. Гаврилюк В.И., Гончаров К.В. Математическое моделирование работы токовихревого путевого датчика // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – №2. – С.3-6.

2. Гаврилюк В.И., Гончаров К.В. Синтез приемного устройства для обнаружения сигнала от точечного путевого преобразователя на фоне помех // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – №4. – С.75-79.

3. Гаврилюк В.И., Гончаров К.В. Алгоритм функционирования цифрового устройства счета осей подвижного состава // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – №6. – С.42-45.

4. Гаврилюк В.И., Гончаров К.В. Влияние состояния колес подвижного состава на выходной сигнал путевого датчика // Залізничний транспорт України. – 2002. – №4. – С.28-30.

5. Гаврилюк В.І., Кізяков В.Я., Гончаров К.В. Аналіз впливу основних експлуатаційних факторів на стабільність роботи точкових колійних датчиків // Вісник транспортної академії України / Збірн. наук. праць. – К.: ТАУ, 2002. – №6. – С.115-121.

6. Пат.36700А Україна, МКІ В61 L1/16. Пристрій для контролю проїзду залізничного рухомого складу: Пат.36700А Україна, МКІ В61 L1/16 / Гаврилюк В.І., Гончаров К.В. (Україна). – №2000010497; Заявл.31.01.2000; Опубл.16.04.2001, Бюл.№3. – 3с.

7. Пат. 38081А Україна, МПК В61 L1/16. Пристрій для контролю проходження колісної пари залізничного рухомого складу: Пат. 38081 А Україна, МПК В61 L1/16 / В.І.Гаврилюк, К.В.Гончаров, А.М.Байдуж (Україна). – №2000053001; Заявл. 26.05.2000; Опубл. 15.05.2001, Бюл.№4. – 3с.: 1 іл.

### Додаткові роботи:

8. Гаврилюк В.И., Гончаров К.В. Математическое моделирование процессов в системе «токовихревой датчик-рельс-колесо» // Сб. трудов 7-ой международной конференции специалистов железных дорог «Южел». – Врњьячка Баня (Югославия). – 2000. – С.506-509.

Дніпропетровський  
інститут інженерів  
залізничного  
транспорту  
БІБЛІОТЕКА

НТБ  
ДНУЗТ

699a

9. Гаврилук В.И., Гончаров К.В. Вопросы выбора параметров токовихревого путевого датчика // Сб. трудов 2-ой международной конференции «Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта и роль молодых ученых в их решении». – Ростов: РГУПС. – 2000. – С.7-9.

10. Гончаров К.В., Гаврилук В.И. Обнаружение сигнала со случайными параметрами от точечного путевого преобразователя на фоне помех // Збірн. праць наукової конференції “Автоматика-2001”. – Одеса: ОДПУ. – 2001. – С.81-82.

11. Gavrylyuk V.I., Goncharov K.V. The detecting of the signal from inductive wheel detector // I Międzynarodowa konferencja «Telematyka systemow transportowych». – Ustron (Poland). – 2001. – P.77-81.

## АНОТАЦІЯ

Гончаров К.В. Підвищення безпеки руху поїздів шляхом удосконалення пристроїв підрахунку вісей рухомого складу. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту, Дніпропетровськ, 2002.

Дисертація присвячена підвищенню достовірності підрахунку вісей рухомого складу, удосконаленню пристроїв підрахунку вісей. Вирішення даних задач дозволить підвищити безпеку руху поїздів при використанні методу підрахунку вісей для контролю вільності колійних ділянок. Запропоновано методи підвищення достовірності підрахунку вісей, конструкцію точкового колійного датчика, структурну схему пристрою підрахунку вісей.

Розроблена математична модель трансформаторного диференційного колійного датчика, на основі якої досліджено вплив конструкційних та електричних параметрів датчика на його вихідний сигнал. Запропоновано рекомендації щодо вибору цих параметрів.

Синтезовано оптимальний та запропоновано квазіоптимальний приймач для виявлення вихідного сигналу колійного датчика на фоні завад. Розроблено адаптивний алгоритм та метод самотестування працездатності пристроїв підрахунку вісей. Проаналізовано вплив різних видів структурного резервування на достовірність підрахунку вісей.

Ключові слова: безпека руху поїздів, достовірність контролю вільності ділянки, достовірність підрахунку вісей рухомого складу, пристрій підрахунку вісей, точковий колійний датчик.

## АННОТАЦИЯ

Гончаров К.В. Повышение безопасности движения поездов путем совершенствования устройств счета осей подвижного состава. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта, Днепропетровск, 2002.

Диссертация посвящена повышению достоверности счета осей подвижного состава, совершенствованию устройств счета осей. Решение данных задач позволит повысить безопасность движения поездов при использовании метода счета осей для контроля свободности путевых участков.

На основе проведенного анализа существующих устройств счета осей и точечных путевых датчиков, а также предъявляемых к ним требований и условий их эксплуатации предложены методы повышения достоверности счета осей, конструкция точечного путевого датчика и структура устройства счета осей.

Разработана математическая модель трансформаторного дифференциального путевого датчика, на основании которой исследовано влияние положения гребня колеса по отношению к датчику, электрических и конструктивных параметров датчика на его выходной сигнал. Предложены рекомендации по выбору параметров датчика.

Синтезирована структурная схема оптимального приемника для обнаружения выходного сигнала датчика на фоне помех. Предложен квазиоптимальный приемник, применение которого позволяет уменьшить вероятность общей ошибки обнаружения выходного сигнала датчика более чем в три раза. Исследован механизм воздействия импульсных помех на устройство счета осей и предложены методы защиты от них. Предложено устройство счета осей, помехоустойчивость которого подтверждается результатами компьютерного моделирования.

Для уменьшения влияния медленно изменяющихся дестабилизирующих факторов (климатических условий, старения электронных элементов и др.) предложен адаптивный алгоритм работы устройства счета осей. С целью своевременного выявления неисправностей устройства счета осей разработан метод самотестирования его работоспособности.

Определены показатели достоверности счета для разработанного устройства. Проведен анализ влияния различных видов структурного резервирования устройств на достоверность счета.

Ключевые слова: безопасность движения поездов, достоверность контроля свободности участка, достоверность счета осей подвижного состава, устройство счета осей, точечный путевой датчик.

НТБ  
ДНУЗТ

**ABSTRACT**

**Goncharov K.V. Raising of trains movement safety by means of improvement of the devices for rolling-stock wheels counting. – Manuscript**

**The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.22.20 – Exploitation and repair of transport means. Dnipropetrovsk national university of railway transport, Dnipropetrovsk, 2002.**

**The dissertation is devoted to raising of the reliability of rolling-stock wheels counting and the devices improvement for wheels counting. Deciding of these tasks will allow to raise of the trains movement safety at using for check of the railway track freedom the method of wheels counting. The methods of the raise of wheels count reliability, the construction of discrete track detector and the structure of device for wheel count have been suggested.**

**The mathematical model of transformer differential track detector has been developed. On base this model the influence of construction and electrical parameters of the detector on its output signal has been investigated. The recommendations concerning choice of the detector's parameters have been suggested.**

**The optimal receiver for identification of the output signal of track detector at action of electromagnetic interferences has been synthesized. The suboptimal receiver has been suggested. The adaptive algorithm of operation and method for self-check of functionality of the wheels count devices have been developed. The analysis of influence of various types structural reserving of devices on the wheels count reliability has been carried out.**

**Key words: trains movement safety, reliability of the track freedom check, reliability of wheels count, device for wheels count, discrete track detector.**

Гончаров Костянтин Вікторович

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ  
ПРИСТРОЇВ ПІДРАХУНКУ ВІСЕЙ РУХОМОГО СКЛАДУ

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Підписано до друку "28 10" 2002 р.  
Формат 60x84 1/16. Папір для множних апаратів. Різограф.  
Ум. др. арк. 1,2. Обл.-вид. арк. 1,0. Тираж 100 екз.  
Замовлення № 1230. Безкоштовно.

Дніпропетровський національний університет  
залізничного транспорту імені В.А.Лазаряна

Адреса університету і дільниці оперативної поліграфії:  
49010, Дніпропетровськ, вул. Ак. В.А.Лазаряна 2.