

Міністерство освіти і науки України

Вінницький національний технічний університет

В. В. Грабко, Ю. В. Шевчук

**МЕТОДИ І ЗАСОБИ АВТОМАТИЗОВАНОГО
КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ
СИСТЕМИ ГАЛЬМУВАННЯ ТРАМВАЯ**

Монографія

Вінниця
ВНТУ
2015

УДК 681.518.52:629.4

ББК 32.965:392

Г75

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 4 від 27.11.2014 р.)

Рецензенти:

В. М. Кутін, доктор технічних наук, професор

О. В. Садовой, доктор технічних наук, професор

Грабко, В. В.

Г75 Методи і засоби автоматизованого контролю параметрів електромеханічної системи гальмування трамвая : монографія / В. В. Грабко, Ю. В. Шевчук. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 128 с.

ISBN 978-966-641-618-9

В монографії представлено методи контролю складових електромеханічної системи гальмування, структурні схеми пристроїв, які реалізують запропоновані методи. Проведено комп'ютерне моделювання роботи запропонованих методів. Здійснено мікропроцесорні реалізації пристроїв контролю на основі запропонованих структурних схем.

Розрахована на інженерно-технічних працівників електротранспортних компаній, студентів та аспірантів вузів, котрі спеціалізуються в галузі розробки систем контролю електротехнічних комплексів.

УДК 681.518.52:629.4

ББК 32.965:392

ISBN 978-966-641-618-9

© В. Грабко, Ю. Шевчук, 2015

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ГАЛЬМУВАННЯ	8
1.1 Методи контролю гальмівних систем трамвайних вагонів, регламентовані нормативними документами	8
1.1.1 Ефективність гальмування	8
1.1.2 Загальні вимоги до методів контролю	9
1.1.3 Контроль гальм за показниками гальмівного шляху	10
1.1.4 Контроль гальм за показами часу сповільнення.....	12
1.1.5 Контроль гальм при несприятливих метрологічних умовах.....	13
1.2 Аналіз існуючих методів та засобів контролю параметрів функціонування систем гальмування трамваїв.....	15
1.3 Аналіз методів і засобів виявлення юза колісних пар	23
1.4 Узагальнення результатів аналізу	28
РОЗДІЛ 2 КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ГАЛЬМУВАННЯ ТРАМВАЙНОГО ВАГОНА	29
2.1 Визначення механічного гальмівного моменту	29
2.2 Контроль зазорів, зумовлених спрацюванням в шарнірах важелів механічного привідного тракту та гальмівних накладок	36
2.3 Контроль технічного стану багатосекційного пуско-гальмівного реостата.....	43
2.4 Оцінка юза колісних пар трамвайного вагона.....	45
2.5 Застосування генетичних алгоритмів для настройки нечіткої моделі визначення юза колісних пар.....	56
РОЗДІЛ 3 СТРУКТУРНІ СХЕМИ ПРИСТРОЇВ КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ВУЗЛІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ГАЛЬМУВАННЯ ТРАМВАЯ ТА ЇХ КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ	59
3.1 Структурна схема пристрою визначення та контролю механічного гальмівного моменту трамвайного вагона на маршруті	59

3.2 Структурна схема пристрою визначення та контролю зазорів, зумовлених спрацюванням в шарнірах важелів механічного привідного тракту та гальмівних накладок	61
3.3 Синтез структури пристрою для контролю функціонування багатосекційного пуско-гальмівного реостата.....	64
3.4 Комп'ютерне моделювання процесу визначення дійсного механічного моменту трамвая на маршруті	69
3.5 Комп'ютерне моделювання функціонування барабанно-колодкового гальма трамвая з врахуванням наявності зазорів, зумовлених спрацюванням в шарнірах важелів механічного привідного тракту	78
3.6 Комп'ютерне моделювання процесу визначення коефіцієнта юза колісних пар трамвайного вагона	81
РОЗДІЛ 4 МІКРОПРОЦЕСОРНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	83
4.1 Розробка мікропроцесорного пристрою визначення та контролю дійсного гальмівного моменту трамвайного вагона на маршруті	83
4.2 Розробка мікропроцесорного пристрою визначення та контролю зазорів, зумовлених спрацюванням в шарнірах важелів механічного привідного тракту та гальмівних накладок	86
4.3 Експериментальні дослідження	89
ВИСНОВКИ	101
ЛІТЕРАТУРА.....	103
Додаток А Вікно програми L-graf 4 з результатами експерименту.....	116
Додаток Б Програма на Visual Basic 6 для перетворення сигналу швидкості	117
Додаток В Обробка результатів експерименту засобами Mathcad.....	119

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЦП –	аналого-цифровий перетворювач
БА –	блок апроксимації
БВК –	блок визначення коефіцієнтів
БВЧІ –	блок визначення часових інтервалів
БЗ –	блок запам'ятовування
БЗД –	блок збору даних
БЗМ –	блок задання функції механічного гальмівного моменту
БЗПМ –	блок задання зведених мас ланок
БП –	блок порівняння
БС –	блок сигналізації
БО –	блок обчислення
БФІ –	блок формування інтервалів інтегрування
ЕРС –	електрорушійна сила
ІН –	індикатор напруги привода гальма
ІП –	індикатор притискання гальмівної колодки
КП –	колісна пара
МГ –	механічне колодкове гальмо
МК –	мікроконтролер
МНК –	метод найменших квадратів
МП –	мультиплексор
НП –	нормований перетворювач
ПЕ –	пороговий елемент
ПК –	персональний комп'ютер
СЗ –	сенсор зусилля
СКШ –	сенсор кутової швидкості
СН –	сенсор напруги
СС –	сенсор струму
ТД –	тяговий двигун
ФН –	функція належності
ЧФ –	частотний фільтр

ВСТУП

В великих містах України існують необхідні можливості для підтримання та забезпечення розвитку міського електричного транспорту – збережено достатню інфраструктуру, є необхідні потужності енергогенеруючих підприємств, трамвайні вагони, тролейбуси та інше обладнання можуть виготовляти українські заводи. Тобто є всі необхідні передумови для успішного розвитку галузі, але протягом останніх років у роботі міського електротранспорту намітилася тенденція до зменшення обсягу перевезень пасажирів і погіршення показників якості та безпеки їх транспортного обслуговування [1]. Це спричинено значною фізичною зношеністю об'єктів міського електротранспорту, зокрема рухомого складу (понад 90 відсотків), підвищення рівня технічного оснащення підприємств та ефективності їх роботи [2].

Міський електричний транспорт залишається найбільш ефективним, економічним, екологічним і доступним видом транспорту. Його послугами користується переважна частина населення будь-якого міста. У той же час сучасний стан господарювання в цій підгалузі житлово-комунального господарства визначається як кризовий [3, 4].

Не дивлячись на те, що громадський транспорт в сучасному місті виконує соціальні функції і вимоги якісного обслуговування домінують над економічними показниками, безумовно, актуальною є мінімізація матеріальних та трудових затрат в сфері експлуатації при забезпеченні заданого рівня технічного стану електрорухомого складу. Втрати від низької надійності обслуговування населення досить значні, їх можна розділити на економічні (в сфері виробництва через запізнення на роботу та підвищення втомлюваності пасажирів), соціально-економічні (в сфері навчання, культури, побуту) і морально-психологічні (негативний вплив відмов в обслуговуванні на психологічний стан пасажирів особливо в часи пік). Тому підвищення ефективності системи керування технічним станом трамваїв безумовно впливає на безпечність, надійність і економіч-

ність їх роботи, а також є однією з важливих народногосподарських проблем, яка несе в собі економічні та соціальні аспекти.

Безпека перевезення пасажирів міським електротранспортом, як і іншими транспортними засобами, загалом залежить від надійності функціонування основних та допоміжних систем гальмування. Враховуючи те, що значна частка дорожньо-транспортних пригод за участю трамваїв стається через несправність систем гальмування, які експлуатуються в жорстких умовах і не захищені від дії навколишнього середовища, існує необхідність їх діагностування та підвищення надійності функціонування.

З урахуванням усіх умов, що створилися у цій сфері господарювання, одним із головних напрямків державної економічної політики України на законодавчому рівні є забезпечення високого рівня надійності та безпеки перевезення пасажирів колісними транспортними засобами. Останнім часом відбувається посилення вимог до безпечності конструкції та технічного стану транспортних засобів шляхом внесення змін до наказів Міністерства інфраструктури, які обґрунтовують порядок проведення технічного контролю та обсягів перевірки технічного стану колісних транспортних засобів [5].

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ГАЛЬМУВАННЯ

1.1 Методи контролю гальмівних систем трамвайних вагонів, регламентовані нормативними документами

1.1.1 Ефективність гальмування

При оцінці роботи існуючих засобів гальмування важливо визначити гальмівну ефективність електрорухомого складу та допустимі умови його експлуатації [6–10]. Широко вживаний термін «гальмівна ефективність» не має кількісного значення, а довжина гальмівного шляху, яка найчастіше розуміється під цим поняттям, залежить від низки додаткових факторів: швидкість гальмування, нахил траєкторії, тип гальмування. Опосередковані показники гальмівної ефективності такі, як розрахунковий гальмівний коефіцієнт та питома гальмівна сила, дають лише приблизну оцінку стану гальмівних засобів.

В зв'язку з цим в роботі [8] вводиться інтегральний показник – коефіцієнт використання зчеплення η_{ψ} , який можна представити графічно (рис. 1.1) у вигляді відношення площ залежностей зміни гальмівних сил та сил опору руху до потенційних сил зчеплення колеса з рейкою та визначити за формулою

$$\eta_{\psi} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} (B_T(t) + W(t)) dt}{\int_{t_1}^{t_2} F_{\psi}(t) dt}, \quad (1.1)$$

де $B_T(t)$ – гальмівна сила колеса; $W(t)$ – сила опору руху як функція часу; $F_{\psi}(t)$ – потенційна сила зчеплення як функція часу; t_1, t_2 – час початку та закінчення процесу гальмування.

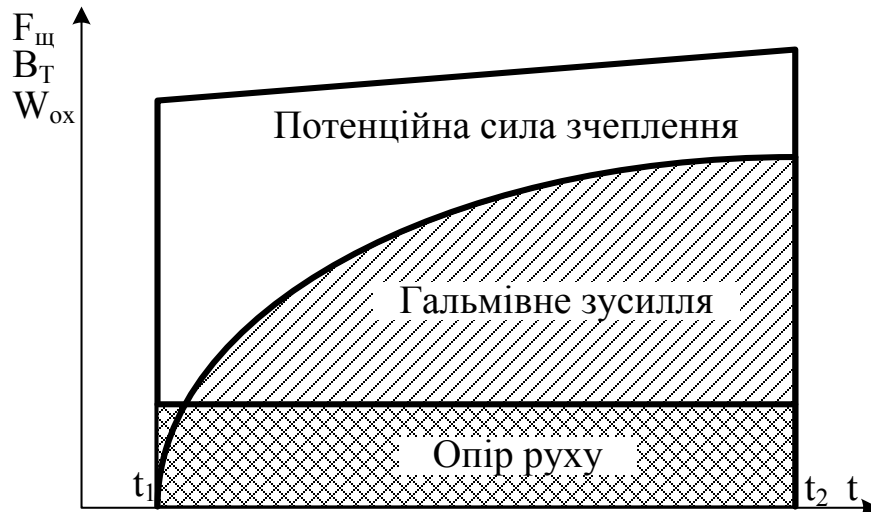


Рисунок 1.1 – Залежності сил опору руху, гальмівних сил та потенційної сили зчеплення від часу при гальмуванні

1.1.2 Загальні вимоги до методів контролю

Гальма електрорухомого складу, які відповідають всім нормативним вимогам, гарантують безаварійне перевезення пасажирів, тому при виконанні технічних оглядів та ремонтів трамвайних вагонів необхідно дотримуватись відповідної технологічної дисципліни та відповідної підготовки технічного персоналу. Водій, в свою чергу, при виїзді на маршрут повинен переконатися в надійності всіх видів гальм та відповідної ефективності їх функціонування на виділеній тестовій ділянці шляху, користуючись методами, які прописані в місцевих, галузевих комунальних нормативних документах [9–12]. На методи контролю накладається низка загальних вимог [13, 14]:

1. Контролю справності перед виїздом на маршрут підлягає електродинамічне, механічне та рейкове гальмо трамвайних вагонів.

2. Оцінка справності гальмівних механізмів повинна виконуватися за одним із параметрів: гальмівний шлях, сповільнення, час гальмування та пусковий струм.

3. Параметри гальмівних систем трамвайних вагонів визначаються за результатами гальмування: службового, екстреного, механічним гальмом (гальмо стоянки), аварійного.

4. Вибір методу контролю виконується на основі наявності умов для його виконання, а саме: спідометра, спеціальної ділянки для галь-

мування та пристроїв для вимірювання параметрів гальмування. Перевага надається інструментальним методам контролю.

5. Загальний порядок проведення контролю гальмівних систем повинен відповідати вимогам правил експлуатації трамвая та тролейбуса.

6. Контроль справності гальмівних систем тролейбуса і трамвайного вагона повинен виконуватися на рухомому складі із спорядженою масою.

7. Для контролю гальмівних властивостей трамвая рейки на ділянці повинні бути сухими та чистими.

8. Розмітка ділянки рейок для проведення випробувань показана на рис. 1.2. На рисунку V_1-V_n – швидкості вагона на відстанях L_1-L_n .

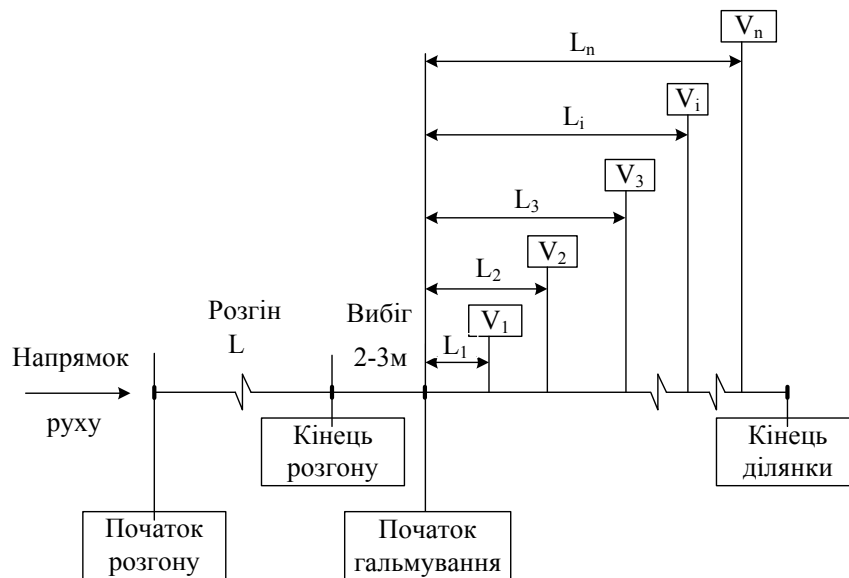


Рисунок 1.2 – Розмітка контрольної ділянки

1.1.3 Контроль гальм за показниками гальмівного шляху

Контроль гальм водієм за показниками гальмівного шляху повинен проводитися [9, 15, 16]:

- на ділянці колії, яка відповідає вимогам;
- при наявності бортового пристрою контролю, який визначає гальмівний шлях від початку приведення в дію органу керування гальмівною системою до зупинки транспортного засобу або до моменту

зменшення швидкості до 10–15 км/год у випадку контролю електродинамічного гальма.

За показниками гальмівного шляху можна контролювати параметри гальм в службовому, екстреному, механічному (гальмо стоянки), аварійному режимах гальмування.

Випробування систем гальмування повинно проводитись під час досягнення вагоном швидкості в діапазоні від V_{\min} до V_{\max} включно в залежності від довжини ділянки гальмування табл. 1.1.

Гальмівна система чи гальмівний механізм вважаються справними, якщо виконуються такі пункти [12]:

1. Всі осі вагона, які не мають протизового захисту чи регулятора гальмівних сил, ввійшли в режим юзу.

2. Для вагонів, на борту яких наявний пристрій для вимірювання гальмівного шляху, його величина не повинна перевищувати нормативного значення, яке розраховується за формулою

$$S = V_0 \left(\alpha + \frac{V_0}{26\beta} \right), \quad (1.2)$$

де V_0 – швидкість початку гальмування, км/год; S – гальмівний шлях, м; α – час спрацювання гальмівного механізму, с; β – сповільнення транспортного засобу, м/с².

Таблиця 1.1 – Діапазон швидкостей початку та кінця гальмування

Режим гальмування	V_{\min} , км/год	V_{\max} , км/год
Службове гальмування	20	40
Екстрене гальмування	20	40
Механічне (стоянкове гальмо)	10	20
Аварійне гальмування	10	20

3. Для вагонів, які не мають засобу визначення гальмівного шляху і гальмування починається в момент проїзду контрольної точки початку гальмування, повинна виконуватись їх зупинка в межах ділянки, яка має довжину [9]:

$$S_L = V_0 \left(\alpha + \frac{V_0}{\beta} \right) + \frac{V \cdot T_Z}{3,6}, \quad (1.3)$$

де T_Z – затримка часу зумовлена проїздом контрольної відмітки початку гальмування, с (рекомендується прийняти 0,2 с); V – поточна швидкість, км/год; S_L – довжина ділянки, на якій проводиться випробування, м.

Значення коефіцієнтів спрацювання гальмівного механізму та сповільнення вагона представлено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Значення коефіцієнтів гальмування

Режим гальмування	α , с	β , м/с ²
Службове гальмування	1,0	1,5
Екстрене гальмування	1,0	2,3
Механічне (гальмування стоянки)	1,0	1,3
Аварійне гальмування	0,2	2,3

Для трамваїв, які не мають спідометра або він несправний, ділянка розгону орієнтовно забезпечує вибрану початкову швидкість (залежно від характеру рельєфу та місцевості функціонування одиниць рухомого складу, встановлюється кваліфікованим персоналом депо) і повинна мати довжину, яка наведена в табл. 1.3. Уточнене значення швидкості початку гальмування в кінці ділянки розгону в випадку необхідності можна визначити за методикою [9].

Таблиця 1.3 – Рекомендована довжина ділянки розгону для трамвайних вагонів

Швидкість початку гальмування, км/год	15	20	25	30	35	40
Довжина ділянки розгону, м	7	12	20	33	52	78

1.1.4 Контроль гальм за показами часу сповільнення

Випробування систем гальмування водієм трамвая за показами часу гальмування повинно проводитись при умові наявності бортового чи мобільного пристроїв вимірювання часу гальмування. Контроль проводиться на ділянці сухих та чистих рейок. Швидкість початку га-

льмування повинна бути в діапазоні від V_{\min} до V_{\max} , значення яких наведені в табл. 1.1 [12, 17–22].

Гальмівна система вважається справною, якщо фактичний час гальмування для різних моделей трамваїв не перевищує нормативного значення, які наведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Нормативні значення сповільнення

Режим гальмування	T3	T-3M	КТМ-5МЗ	Інші типи
Службове гальмування	1,12	1,5	1,84	Згідно з документацією
Екстрене гальмування	2,12	2,5	2,84	-
Механічне (гальмування стоянки)	2,27	2,27	1,4	-
Аварійне гальмування	2,35	2,61	2,35	-

1.1.5 Контроль гальм при несприятливих метрологічних умовах

Випробування службового гальма при наявності амперметра в колі тягового двигуна повинно виконуватись гальмуванням вагона з швидкості 20–30 км/год. Під час гальмування контролюються покази амперметра. Якщо вони знаходяться в діапазоні, вказаному в табл. 1.5, то гальма вважаються справними [13, 15, 23].

Таблиця 1.5 – Нормативні значення сповільнення

Тип трамвайного вагона	T3	T-3M	КТМ-5МЗ	Інші типи
Покази амперметра	20–360	20–490	20–420	Згідно з документацією

При відсутності амперметра оцінка сповільнення при службовому гальмуванні може бути оцінена суб'єктивно водієм, починаючи зі швидкості 15–20 км/год.

Оцінка параметрів екстреного гальмування трамвайного вагона під час несприятливих метрологічних умов виконується під час гальмування вагона зі швидкості 15–20 км/год. Гальмівна система вважається справною, якщо спостерігається юз вагона.

Випробування аварійного гальма виконується оглядом рейкових гальм у ввімкненому стані. Гальма вважаються справними, якщо за результатами огляду всі рейкові гальма притиснуті до рейки, а попередній огляд не дав негативних результатів.

Контроль параметрів механічного гальма трамвайного вагона може бути проведений методом при ввімкнених гальмах. Механічне гальмо вважається роботоздатним, якщо при імітації пуску вагона він залишається нерухомим.

В відповідності з вимогами [11, 14] механічні гальма мають утримувати трамвайний вагон з максимальним завантаженням (10 пасаж/м²) на схилі 9 %. Сила, яка скочує вагон на вказаному схилі, визначається за формулою [24–26]

$$F_{CX} = m_{\max} \cdot g \cdot i, \quad (1.4)$$

де m_{\max} – маса вагона при максимальному завантаженні, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²; i – величина схилу, %.

Для утримання вагона нерухомим на вказаному схилі гальмівна сила, яка розвивається механічним гальмом, повинна бути більша сили, яка скочує вагон.

$$F_G \geq F_{CX}, \quad (1.5)$$

де F_G – гальмівна сила, Н; F_{CX} – сила, яка скочує вагон, Н.

При перевірці механічних гальм сила, яка скочує вагон, імітується силою тяги, яка розвивається тяговими двигунами.

$$F_T \geq F_{CX}, \quad (1.6)$$

де F_T – сила тяги, Н.

$$F_T \geq m_{\max} \cdot g \cdot i. \quad (1.7)$$

Вказаній величині сили тяги відповідає пусковий струм, який можна визначити за допомогою електромеханічних характеристик тягових двигунів $F_T = f(I)$. За характеристикою знаходиться такий пусковий струм, при якому вагон, призупинений механічними гальмами, залишається нерухомим. У випадку, якщо електромеханічна характеристика приведена не до обода колеса, а до валу тягового двигуна і дана в вигляді функції $M = f(I)$, де M – момент на валу тягового двигуна, то необхідно робити розрахунок моменту двигуна $M_{ДВ}$, що відповідає силі на ободі колеса F_T , за формулою:

$$M_{ДВ} = \frac{F_T \cdot R}{i_{ред} \cdot \eta_{ред}}, \quad (1.8)$$

де R – радіус колеса, м; $i_{ред}$ – передаточне число редуктора; $\eta_{ред}$ – коефіцієнт корисної дії редуктора.

За результатами розрахунків знаходимо відповідний пусковий струм, при якому вагон має залишатися нерухомим.

1.2 Аналіз існуючих методів та засобів контролю параметрів функціонування систем гальмування трамваїв

Розглянута в роботі [27] система гальмування тролейбуса, як замкнута система автоматичного керування, та запропонована відповідна конструкція регулятора гальмівних сил тролейбуса дозволяють підвищити ефективність аварійного гальмування шляхом розподілу гальмівного зусилля несправного гальмівного механізму, який вийшов з ладу, між справними. Наведену вище систему недоцільно використовувати при гальмуванні трамвайних вагонів, оскільки при електричному гальмуванні уже реалізується замкнута система автоматичного керування, а при механічному гальмуванні розподілити зусилля несправного механізму між справними гальмівними механізмами з електромагнітним приводом неможливо.

Удосконалення гальмівних систем тролейбусів, які знаходяться в експлуатації, описано в роботі [28], безумовно, з точки зору резервування підвищує надійність системи гальмування за рахунок четвертого контуру гальмування. Крім того, дублювання робочого контуру за-

безпечить пропорційність між інтенсивністю гальмування та величиною зусилля, яке прикладається до педалі гальма завдяки клапанам швидкого розгальмовування. Але наведене удосконалення системи гальмування не дозволяє проводити контроль параметрів гальмування та робити висновки про справність тієї чи іншої системи гальмування.

В роботі [29] описано спосіб визначення спрацювання фрикційних накладок гальм автомобіля, в основу якого покладено вимірювання часу запізнення гальмівного привода. Доводиться, що при одному і тому ж зазорі між барабаном та накладкою величина тиску P при зношеній накладці буде більшою, ніж при новій, та за її величиною в момент доторкання накладки з барабаном можна визначити зазор. Отже суть цього способу полягає у визначенні тиску в приводі в момент доторкання фрикційної накладки до гальмівного барабана

$$P = \frac{C_{сп}(X_{п} + X) + Q}{F_{д} \cdot S}, \quad (1.9)$$

де $C_{сп}$ – коефіцієнт жорсткості стяжної пружини; $X_{п}$ – лінійне видовження пружини, яке відповідає попередньому натягу пружини; Q – сила тертя в опорах розтискного кулака; $F_{д}$ – активна площа діафрагми гальмівної камери; S – силове передаточне відношення розтискного механізму; X – переміщення верхньої частини гальмівних колодок, які жорстко кінематично зв'язані зі штоком гальмівної камери.

Пристрій для сигналізації зносу фрикційної накладки [30] складається із сигналізатора виконаного зі сталеві смуги та зафіксованого на накладці за допомогою штифта. При стиранні накладки до рівня, на якому розташований сигналізатор та контакті його з гальмівним барабаном лунає звуковий сигнал. Описаний в роботі [31] пристрій за принципом функціонування схожий на попередній, але відрізняється тим, що в товщу гальмівної накладки певним чином вмонтовано кілька металевих стержнів на різній відстані від гальмівної поверхні, що дає можливість контролювати рівень спрацювання на кількох етапах. В статті [32] наведено принципову електричну схему пристрою [31] на основі мікроконтролера та алгоритм його роботи. Також для індикації зносу фрикційних накладок в гальмах транспортних засобів [33]

запропонований пристрій, реалізований на принципі визначення кутового переміщення автоматичного гальмівного важеля (лінійного переміщення штовхача гальмівного циліндра), із застосуванням сенсора Холла та диска з магнітними смугами, який жорстко закріплений на валу кутового важеля.

В роботі [34] проведено комплексні дослідження дефектів фрикційного контакту чавунних і композиційних гальмівних колодок та обода колеса вагона. Доведено, що гальмівні дефекти, як правило, приводять до порушення мікрогеометрії, «некруглості» поверхонь кочення коліс залізничних вагонів, підсилення динамічної дії на візки, а також знижується надійність та викликаються дискомфортні стани пасажирів на маршруті. Це, в свою чергу, підвищує необхідність контролю параметрів функціонування механізмів гальм.

Стенди для випробування автоматичних гальмівних регуляторів пневматичних гальмівних систем залізничних вагонів запропоновані та описані в роботах [35, 36]. Стенд, описаний в [35], дозволяє випробувати гальмівні авторегулятори залізничних вагонів типу № 536М, № 574Б, РКЗТ-675, РТПП-675, РТПП-675М, але при цьому містить недолік щодо великої витрати стисненого повітря. В роботі [36] пропонується стенд, який може бути використаний для випробувань будь-яких гальмівних авторегуляторів залізничних вагонів в межах регламентованих операцій Укрзалізниці, в тому числі випробування механічної міцності авторегуляторів. Запропонований стенд можна використати для випробування функціональних складових пневматичних гальмівних систем трамвайних вагонів. Але у випадку із електромагнітно-механічними приводами гальмівних систем для випробування, а тим більше для контролю параметрів функціонування та оцінки надійності, все обмежується на рівні місцевих розробок і рацпропозицій інженерів та кваліфікованого персоналу депо.

Спосіб та пристрій для контролю колодкового гальма запропоновано в роботі [37]. До складу пристрою входять сенсори для визначення положення гальмівних колодок, сенсори визначення спрацювання фрикційних накладок, реле, яке спрацьовує при дефекті, а саме: у випадку коли сенсори положення та спрацювання колодок виявляють недостатнє вивільнення (залипання) колодок або спрацювання накладок.

Спосіб для визначення справності гальмівної системи транспортного засобу та пристрій для його реалізації запропоновані в роботі [38]. Він полягає в тому, що вводяться еталонні значення перевантаження для n початкових умов виникнення перевантажень, в тому числі по параметру температури гальмівної накладки. Поточне значення і напрямок перевантаження в момент початку гальмування визначають шляхом порівняння поточних та заданих значень швидкості руху, маси транспортного засобу та зусилля натискання на педаль. В результаті вибираються еталонні значення перевантажень для цих початкових умов і на основі отриманих даних формується висновок про справність гальмівної системи. На основі цього способу запропоновано структурну схему пристрою для визначення справності гальмівної системи на рис. 1.3.

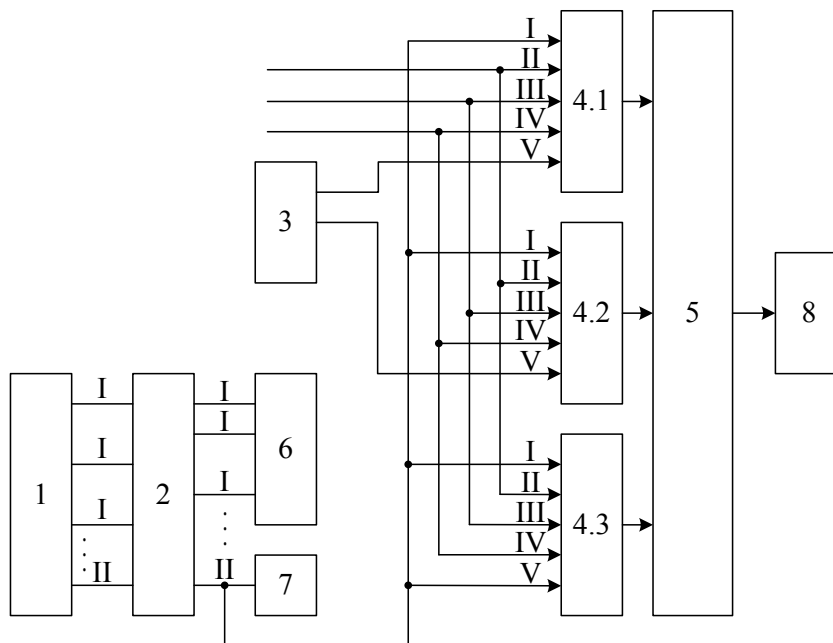


Рисунок 1.3 – Структурна схема пристрою визначення справності гальмівної системи транспортного засобу

Пристрій складається з електроконтактного сенсора 1 [39]; обчислювача 2; сенсора температури 3; блоків обробки сигналів 4.1–4.3; елемента АБО 5; індикатора напрямку перевантаження 6; індикатора

величини перевантаження 7; індикатора підвищення рівня перевантаження 8.

В описаному в роботі [40] пристрої пропонується періодично вимірювати прискорення транспортного засобу за допомогою акселерометра та зіставляти його з положенням гальмівної педалі та відповідним значенням для справної системи гальмування. Але застосування цього пристрою обмежене тим, що для отримання достовірної інформації про поточний стан гальмівної системи потрібно проводити екстрене (різке) гальмування транспортного засобу. Тому описаний в нашій роботі пристрій не може бути використаний для робочого тестування та контролю гальмівної системи.

В роботі [41] описана система гальмування, до складу якої входить контролер, який отримує сигнал від акселерометра та порівнює отриманий сигнал прискорення транспортного засобу з еталонним значенням і, залежно від помилки, корегує сигнал керування гальмами. Подібна система, будучи справною, може забезпечити задані характеристики гальмування, але не містить засобів самодіагностики, що знижує її надійність.

Структурна схема пристрою, описаного в роботі [42], представлена на рис. 1.4: 1 – сенсор прийому зовнішньої команди гальмування (значення швидкості руху); 2 – формувач команди; 3 – процесор; 4 – блок виконавчої електроніки; 5 – механізм гальмування; 6 – акселерометр; 7 – виконавчий механізм; 8 – задавач системи безпечного гальмування; 9 – задавач штатної системи керування; 10 – контролер штатної системи керування.

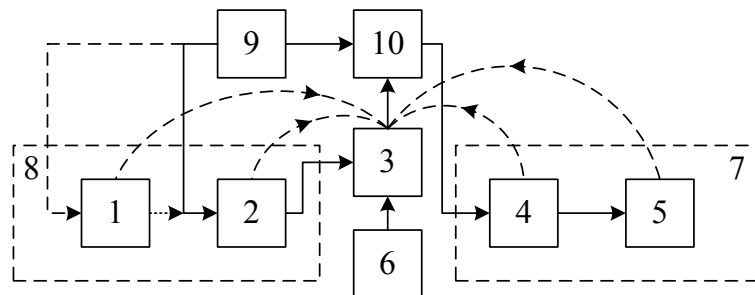


Рисунок 1.4 – Структурна схема пристрою для контролю параметрів гальмування транспортного засобу

За принципом функціонування пристрій, що на рис. 1.4, [42] схожий на попередні два пристрої [40, 41], але покращує їх і, завдяки введенню нових елементів та зв'язків, підвищується безпека системи гальмування за рахунок перевірки стану гальм та справності електронних кіл і механіки безпосередньо при русі, в динамічному режимі та реальну часі, а також за рахунок реєстрації даних, що надходять через контури зворотних зв'язків про величину прискорення транспортного засобу, приймаються рішення про найбільш безпечний режим руху.

Система контролю ослаблення гальмівного зусилля, описана в роботі [43], відноситься до динамічної стабілізації транспортних засобів. До складу системи входять: сенсори обертання коліс, сили натискання на педаль гальма, положення педалі гальма, положення педалі газу, відстані до найближчого об'єкта, прискорення (сповільнення); блок керування; гідравлічний модулятор.

Пристрій для контролю параметрів гальмування [44], який може бути використаний для контролю та діагностування гальмівних систем колісних транспортних засобів в процесі їх ремонту, ТО та виготовлення, складається з (рис. 1.5): блока формування інформаційного параметра 1; вимірювального вузла 2; генератора імпульсів 3; синхронізуючого блока 4; індикатора початку вимірювання 5; кнопки керування 6; блока керування гальмуванням 7; блока керування вузлом реєстрації 8; блока реєстрації 9; блока попереднього запису 10 та блока керування зчитуванням 11. Діагностичні параметри, крім гальмівного шляху, визначаються за характером сповільнення підвішеного колеса транспортного засобу, що робить неможливим застосування цього пристрою, який побудований на основі способу [45].

Стенд для випробування вагонів (рис. 1.6), описаний в роботі [46], складається з встановленого на фундаменті 1 каркасу корпусу 2, на якому закріплені бортові приводні зірочки 3 з гусеничним рушієм 4, трансмісії 5, підтримувальних роликів 7 нижньої частини гусеничного рушія 4, механізму натягу 8 гусеничного рушія 4 з бортовими зірочками 9. На стенді встановлений автозчепний пристрій 10 з влаштова-

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів № 1855 від 29.12.06 «Про затвердження Державної програми розвитку міського електротранспорту на 2007–2015 роки». – Режим доступу до документу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/law2/main.cgi?nreg=1855-2006-%EF&key=dCCMfOm7xBWMxq2EZirFatpeHI4Qos80msh8Ie6>.
2. Розводюк М. П. Математичні моделі для вдосконалення методів оцінки стану та відновлення основних електротехнічних систем міських трамваїв : дис. ... канд. техн. наук : 05.09.03 / Розводюк М. П. ; Вінницький національний технічний ун-т. – Вінниця, 2004. – 158 с.
3. Далека В. Х. Наукові основи ресурсозбереження при експлуатації міського електричного транспорту : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.22 / В. Х. Далека ; Нац. транспортний ун-т. – К., 2005. – 40 с.
4. Мокін Б. І. Проблеми та перспективи експлуатації засобів електротранспорту в функції їх стану / Б. І. Мокін, С. І. Бурденюк, Н. В. Гурильова // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2000. – № 6. – С. 22–25.
5. Державна цільова економічна програма розвитку автомобільного та міського електричного транспорту на 2012–2015 роки. – Режим доступу до документу: www.insat.org.ua/files/project/programa.doc.
6. Асадченко В. Р. Автоматические тормоза подвижного состава / В. Р. Асадченко. – М. : Маршрут, 2006. – 392 с.
7. Афонин С. Г. Устройство и эксплуатация тормозного оборудования подвижного состава : учеб. / С. Г. Афонин, В. Н. Барщенков, Н. В. Кондратьев. – М. : Академия, 2006. – 304 с.
8. Асадченко В. Р. Закономерности, алгоритмы и критерии реализации свойств сцепления при торможении подвижного состава / В. Р. Асадченко // Вестник инженеров-электромехаников железнодорожного транспорта. – 2003. – № 1. – С. 110–115.
9. Практикум по технической эксплуатации городского электрического транспорта : учеб. пособие / В. Ф. Далека, В. Б. Будниченко, В. И. Коваленко и др. – 2-е издание, испр. и перераб. – Харьков : ХНАГХ, 2007. – 222 с.

10. Веклич В.Д. Диагностирование технического состояния троллейбусов / В. Д. Веклич. – М. : Транспорт, 1990. – 295 с.
11. Правила експлуатації трамвая та троллейбуса : затверджено Наказом Держжитлокомунгоспу України № 103 від 10.12.96 р. : зареєстровано в Мінюсті України № 66/1870 від 19.03.97 р. : введено в дію з 16.03.97 р. – К. : Держжитлокомунгосп, 1997. – 104 с.
12. ДСТУ 204.04.05.002:2004. Системи гальмівні трамвайних вагонів та троллейбусів. Експлуатаційні вимоги до ефективності гальмування та методи контролю. – Чинний від 2004-06-21. – К. : Державний комітет України з питань житлово-комунального господарства, 2004. – 24 с. (Стандарт Держжитлокомунгоспу України)
13. ДСТУ 4224:2003. Трамвайні вагони. Системи гальмівні. Загальні технічні вимоги. – Чинний з 2003-09-15. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 16 с. (Національний стандарт України).
14. ГОСТ 8802-78. Вагоны трамвайные пассажирские. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1979. – 11 с.
15. КТ4СУ. Описание и инструкция по уходу за электрооборудованием. – СКД ПРАНА : Zavod TRAKCE, 1989. – 231 с.
16. ДСТУ 3649-97. Засоби транспорті дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю : чинний з 1997-09-29. – К. : Держстандарт України, 1998. – 20 с.
17. ДСТУ 2886-94. Автотранспортні засоби. Гальмівні властивості. Терміни та визначення. – Чинний від 01.01.97. – К. : Держстандарт України, 1997. – 20 с.
18. Коган Л. Я. Эксплуатация и ремонт трамваев и троллейбусов / Л. Я. Коган. – М. : Транспорт, 1979. – 272 с.
19. Корягина Е. Е. Электрооборудование трамваев и троллейбусов : учебное пособие / Е. Е. Корягина, О. А. Коськин. – М. : Транспорт, 1982. – 296 с.
20. Ефремов И. С. Технические средства городского электрического транспорта : учебное пособие для студ. вузов / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. В. Шевченко. – М. : Высшая школа, 1985. – 448 с.
21. ДСТУ 3587-97. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. : Чинний від 1997-09-29. – К. : Держстандарт України, 1998. – 20 с.

22. Шелухин В. И. Сенсоры для измерения и контроля устройств железнодорожного транспорта / В. И. Шелухин. – М. : Транспорт, 1990. – 119 с.

23. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Термины и определения. – М. : Гос. комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. – 38 с.

24. Крылов В. И. Тормоза подвижного состава. / В. И. Крылов, Е. В. Клыков, В. Ф. Ясенцев. – М. : Транспорт, 1980. – 272 с.

25. Швалов Д. В. Системы диагностики подвижного состава : учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта / Д. В. Швалов, В. В. Шаповалов. – М. : Маршрут, 2005. – 268 с.

26. ДСТУ 2919-94. Автотранспортні засоби. Гальмівні системи. Терміни та визначення. – Чинний від 1996.01.01. – К. : Держстандарт України, 1995. – 19 с.

27. Богомолов В. А. Тормозная система как замкнутая система автоматического управления / В. А. Богомолов // Коммунальное хозяйство городов. – 2000. – Вып. 23. – С. 186–190.

28. Удосконалення гальмівних систем тролейбусів, які знаходяться в експлуатації / І. Л. Скурихін, В. Б. Будниченко, Л. І. Кулагіна, Р. М. Берлізев // Коммунальное хозяйство городов. – 2006. – Вып. 72. – С. 234–239.

29. Пат. №2224148 Российская Федерация, МПК F16D66/02. Способ определения износа фрикционных накладок автомобиля / В. И. Васильев, В. В. Грачев, А. В. Шарыпов, Г. В. Осипов. – № 2001101361/11 ; заявл. 15.01.2001 ; опубл. 20.03.2003.

30. Пат. №2136982 Российская Федерация, МПК F16D66/02. Устройство для сигнализации износа фрикционной накладки / Б. А. Логинов, Г. С. Андриевский, С. А. Жеглов. – № 98118688/28 ; заявл. 15.10.1999 ; опубл. 10.09.1999.

31. Пат. №17393 Україна, МПК B60T17/18. Пристрій для контролю зношення гальмівних накладок / Мокін Б. І., Грабко В. В., Розвюк М. П., Шевчук Ю. В. – № u200604094 ; заявл. 13.04.2006 ; опубл. 15.09.2006, Бюл. № 9.

32. Мокін Б. І. Математична модель та мікроконтролерний пристрій для діагностування барабанно-колодкового гальма трамвая /

Б. І. Мокін, М. П. Розводюк, Ю.В. Шевчук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. - №6. – С.97–100.

33. Пат. №2155891 Российская Федерация, МПК F16D66/02, B60T17/22. Устройство для индикации износа фрикционных тормозных накладок в тормозе транспортного средства / Матс Екерот – № 98100092/28 ; заявл. 29.05.1996 ; опубл. 10.09.2000.

34. Исследование эксплуатационных дефектов фрикционного сопряжения тормозной колодки с колесом вагона / Б. М. Асташкевич, С. Г. Иванов, И. Н. Воронин [и др.] // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2004. – № 4 . – С. 45–49.

35. Крылов В. И. Автоматические тормоза подвижного состава / В. И. Крылов, В. В. Крылов. – М. : Транспорт, 1983. – 360с.

36. Пат. 65385 Україна, МПК B61H15/00. Стенд для випробувань безкулісних авторегуляторів гальмових важільних передач залізничних вагонів / Кельріх М. Б., Валігура М. Я., Дмитрієв Д. В. ; заявник та патентовласник Державний економіко-технологічний університет транспорту. – № u201104150 ; заявл. 06.04.2011 ; опубл. 12.12.2011, Бюл. № 23.

37. Пат. №2081013 Российская Федерация, МПК B60T17/22, F16D66/00. Способ контроля работы колодочного тормоза и устройство для контроля работы колодочного тормоза / Ален Верийон, Жан Луи Ковалло.; заявитель и патентообладатель Отис Илмивейтор Компани. – № 5010930/28 ; заявл. 06.03.1992 ; опубл. 10.06.1997.

38. Пат. №2395067 Российская Федерация, МПК G01L5/28. Способ определения исправности тормозной системы транспортного средства и устройство для его осуществления / В. В. Ефанов. – № 2009123174/28 ; заявл. 17.06.2009 ; опубл. 20.07.2010.

39. Пат. №2044286 Российская Федерация, МПК G01H17/00. Вибрационный сенсор / В. В. Ефанов, В. И. Винокуров, С. М. Мужичек, В. С. Коряковцев, – № 4862205/28 ; заявл. 27.08.1990 ; опубл. 20.09.1995.

40. Pat. № 6405117 US, IC B60T8/88, G01L5/28, B60T17/18, B60T17/22, G06G7/76(0), G06F19/0(0). Method of diagnosing a vehicle brake system using brake pedal position and vehicle deceleration / Allen John Walenty, Kevin Gerard Leppek, David Alan Thatcher.; applicantand

the patentee General Motors Corporation ; claimed 21.06.2001 ; published 11.06.2002.

41. Пат. № 2008124073 Switzerland, IC B60T 7/12, B60T 7/12, G05D 1/00. Towed equipment brake controller / MICHAEL J MCCANN.; applicant and the patentee *WIPO* located in Geneva, *Switzerland* ; claimed Apr 3, 2008 ; published Oct 16, 2008.

42. Пат. 2432272 Российская Федерация, МПК В60Т8/17, В60Т17/22. Система безопасного торможения / заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «АВТЭКС». – № 2010117005/11 ; заявл. 29.04.2010 ; опубл. 27.10.2011.

43. Пат. 2376170 Российская Федерация, МПК В60Т8/00. Система контроля ослабления тормозного усилия / Лудилов А. А. ; заявитель и патентообладатель Лудилов А. А. – № 2008105516/11 ; заявл. 18.02.2008 ; опубл. 20.12.2009.

44. Пат. №2038237 Российская Федерация, МПК В60Т17/22, G01M17/00. Устройство для определения параметров тормозного процесса транспортного средства / А. А. Отставнов, А. А. Бойко. – № 93000698/11 ; заявл. 11.06.01.1993 ; опубл. 27.06.1995.

45. Пат. №2024413 Российская Федерация, МПК В60Т17/22, G01M17/00. Способ диагностирования тормозных систем транспортных средств / А. А. Отставнов. – № 5023715/11 ; заявл. 23.08.1991 ; опубл. 23.08.1991.

46. Пат. 55044 Україна, МПК G01M17/00. Стенд для випробування вагонів / Плютін І. І., Приходько В. І., Прохоров В. М., Воронович В. П., Катрич М. Д., Єрмаков В. В., Шкабров О. А. ; заявник та патентовласник ВАТ «Крюківський вагонобудівний завод». – № 2002065036 ; заявл. 18.06.2002 ; опубл. 17.03.2003, Бюл. № 3.

47. Пат. 66334 Україна, МПК G06F17/00, B61C11/00, B61L3/00. Спосіб контролю тягово-енергетичних параметрів роботи локомотива зі складом поїзда / Матвієнко С. А., Крашенінін О. С., Черняк Ю. В. ; заявник та патентовласник Донецький інститут залізничного транспорту Державної академії залізничного транспорту. – № 201109151 ; заявл. 21.07.2011 ; опубл. 26.12.2011, Бюл. № 24.

48. Пат. 71264 Україна, МПК В60L3/12. Пристрій для автоматичного діагностування прискорювача трамвая / Мокін Б. І., Розво-

дюк М. П. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № 20031211552 ; заявл. 15.12.2003 ; опубл. 15.11.2004, Бюл. № 11.

49. Мокін Б. І. Синтез структури системи для діагностування прискорювача трамвая / Б. І. Мокін, М. П. Розводюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2004. – № 1. – С. 41–45.

50. Пат. 11970 Україна, МПК В60L3/12. Пристрій для технічного діагностування прискорювача трамвая / Мокін Б. І., Розводюк М. П. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u200507039 ; заявл. 15.07.2005 ; опубл. 16.01.2006, Бюл. № 1.

51. Мокін Б. І. Математична модель, алгоритм та пристрій для діагностування прискорювача трамвая КТ4СУ з релейно-контакторною системою керування / Б. І. Мокін, М. П. Розводюк, Ю. В. Шевчук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 5. – С. 7–11.

52. Андрейченко В. П. Пути повышения эффективности использования реостатного торможения троллейбусов / И. Л. Скурихин, В. Б. Будниченко, В. П. Андрейченко, М. Л. Глебова // Коммунальное хозяйство городов. – 2008. – Вып. 81. – С. 295–299.

53. Experimental investigation of dither control on effective braking torque. – Режим доступу до документу: <http://www.mendeley.com/research/experimental-investigation-dither-control-effective-braking-torque/>.

54. Pat. № 5390992 US, IC B60T13/34. Vehicle electric brake system with static brake torque control / Allen J. Walenty, Kevin G. Leppek, Rochester Hills. ; applicant and patentee General Motors Corp. ; claimed Mar. 4, 1993 ; published Feb. 21, 1995.

55. Шелейко Т. В. Дослідження пошкоджуваності колісних пар вантажних вагонів в експлуатації через вплив колодкової гальмівної системи / Т. В. Шелейко // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2011. – № 123. – С. 152–159.

56. Проців В. Ознаки переходу локомотива в юз при гальмуванні пристроями з обмеженим фрикційним моментом на колесі / В. Проців, О. Гончар // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2010. – № 5. – С. 77–73.

57. Проців В. В. Динамічна модель гальмівних систем, що реалізують гальмівну силу в контакті колеса та рейки / В. В. Проців, О. Є. Гончар // Шахтний рейковий транспорт : зб. наук. праць. – Дніпропетровськ : РВК НГУ, 2010. – Т. 2, № 34. – С. 160–171.

58. Проців В. В. Вплив забрудненості рейкової колії на гальмування пристроями з обмеженим фрикційним моментом на колесі / В. В. Проців // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2011. – № 1. – С. 70–74.

59. An Antilock-Braking Systems (ABS) Control: A Technical Review / Ayman A. Aly, El-Shafei Zeidan, Ahmed Hamed, Farhan Salem // Intelligent Control and Automation. – 2011. – № 2. – P. 186–195.

60. Friction control between wheel and rail by means of on-board lubrication. – Режим доступу до документу: <http://144.206.159.178/FT/1095/72729/1243256.pdf>.

61. Пат. 77580 Российская Федерация, МПК В60L3/10. Устройство для защиты от буксования и юза колесных пара / Прокофьев С. Н., Кадыров И. Ф. ; заявитель и патентообладатель ОАО «Российские железные дороги». – № 2008123755/22 ; заявл. 18.06.2008; опубл. 27.10.2008.

62. Пат. 67519 Российская Федерация, МПК В60L3/10. Устройство для контроля скорости скольжения колесных пар / Мазнев А. С., Естафьев А. М. ; заявитель и патентообладатель Петербургский государственный университет путей сообщения. – № 2007123641/22 ; заявл. 22.06.2007 ; опубл. 27.10.2007.

63. Пат. 2337839 Российская Федерация, МПК В60L3/10. Устройство для контроля скорости скольжения колесных пар / Мазнев А. С., Естафьев А. М. ; заявитель и патентообладатель Петербургский государственный университет путей сообщения. – № 2007127950/11 ; заявл. 20.07.2007 ; опубл. 10.11.2008.

64. Пат. 2292277 Российская Федерация, МПК В60Т8/1755. Способ и устройство парирования юзования колесных пар рельсового транспортного средства / Никонов А. М., Глущенко Я. В., Пузанков В. Д., Гинзбург Б. И. ; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт транспортного машиностроения. – № 2002117981/11 ; заявл. 04.07.2002 ; опубл. 27.01.2007.

65. Пат. 2025310 Российская Федерация, МПК В60L3/10. Устройство для защиты от боксования и юза колесных пар электроподвижного состава / Наумов Б. М., Логинов И. Я., Малютин В. А. ; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт электровозостроения. – № 5027600/11 ; заявл. 22.07.1991 ; опубл. 30.12.1994.

66. Пат. 2017632 Российская Федерация, МПК В60L3/10. Устройство для предотвращения пробуксовки и юза колесных пар рельсового транспортного средства / Иоффе В. М., Иоффе Г.А. ; заявитель и патентообладатель Иркутский политехнический институт. – № 4919144/11 ; заявл. 15.03.1991 ; опубл. 15.08.1994.

67. Пат. 82134 Україна, МПК В60L3/10, В61С15/00. Пристрій для захисту від надлишкового проковзування колісних пар рухомого складу при гальмуванні / Яцько С. І., Яцько Р. С. ; заявник та патенто-власник Українська державна академія залізничного транспорту. – № а200606542 ; заявл. 13.06.2006 ; опубл. 11.03.2008, Бюл. № 5.

68. Пат. 53269 Україна, МПК В60L3/10, В61С15/00. Спосіб виявлення буксування чи юза колісних пар транспортного засобу / Гривнак А. Я., Зарецький М. Л., Повійчук Б. П., Повійчук О. А. ; заявник та патентовласник Український науково-дослідний, проектно-конструкторський та технологічний інститут електровозобудування. – № а2002043154 ; заявл. 17.04.2002 ; опубл. 15.01.2003, Бюл. № 1.

69. Проценко Д. П. Система виявлення буксування колісних пар трамвая / Д. П. Проценко // Коммунальное хозяйство городов. – 2009. – № 90. – С. 427–430.

70. Харченко В. Ф. Удосконалення вузлів виявлення буксування колісних пар рухомого складу електротранспорту / В. Ф. Харченко, Ю. В. Мінеєва, О. О. Верхушка // Коммунальное хозяйство городов. – 2009. – № 86. – С. 304–308.

71. Пат. 31265А Україна, МПК В60А3/10. Протиюзовий пристрій / Гайдуков В. Є., Далека В.Х., Папуга М.Д., Мінеєва Ю.В. ; заявник та патентовласник Харківська державна академія міського господарства – № 98074095 ; заявл. 27.08.1998 ; опубл. 15.12.2000, Бюл. № 7.

72. Яцько С. І. Принцип побудови системи захисту від надлишкового проковзування колісних пар на базі нечіткого контролера /

С. І. Яцько, Б. Т. Ситнік, О. В. Устенко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2011. – № 2. – С. 24–27.

73. Martin Ringdorfer. A robust wheel slip controller for a hybrid braking system. / Martin Ringdorfer, Martin Horn // World academy of science, engineering and technology. – 2011. – № 59. – P. 1653–1657.

74. Олофинская В. П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий : учебное пособие / В. П. Олофинская. – 2-е изд. – М. : ФОРУМ, 2007. – 349 с.

75. Трофимова Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. – 7-е изд. – М. : Высшая школа, 2001. – 542 с.

76. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники / Л. А. Бессонов. – 7-е изд. переработанное и доп. – М. : Высшая школа, 1978. – 528 с.

77. Павленко Ю. Г. Лекции по теоретической механике / Ю. Г. Павленко. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 392 с.

78. Шевчук Ю. В. Математична модель для визначення дійсного гальмівного моменту трамвая на маршруті / Ю. В. Шевчук // Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах : I Міжнародна наукова конф., 18–20 жовтня 2011р. : тези доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 160 с.

79. Шевчук Ю. В. Визначення дійсного гальмівного моменту трамвайного вагона на маршруті / Ю. В. Шевчук // Електротехнічні і комп'ютерні системи. – 2011. – № 3(79). – С. 155–156.

80. Мокін Б. І. Математичні методи ідентифікації динамічних систем : навчальний посібник / Б. І. Мокін, В. Б. Мокін, О. Б. Мокін. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 260 с.

81. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Определения, теоремы, формулы / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1984. – 831 с.

82. Шевчук Ю. В. Математична модель та структура пристрою для діагностування барабанно-колодкового гальма трамвая / Ю. В. Шевчук // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2011. – №1. Режим доступу до журн: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2011_1/2011-1.files/uk/11yvstot_ua.pdf.

83. Грабко В. Математична модель для діагностування барабанно-колодкового гальма трамвая / В. Грабко, Ю. Шевчук // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2011. – № 2. – С. 141–144.

84. Иванов М. Д. Устройство и эксплуатация трамвая : учеб. пособие для сред. ПТУ / М.Д. Иванов, А.П. Алпаткин, Б. К. Иерпольский. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1978. – 528 с.

85. Грабко В.В. Математична модель для діагностування барабанно-колодкового гальма трамвая / В. В. Грабко, Ю. В. Шевчук // Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. XIII Міжнародна науково-технічна конференція, 18–20 травня 2011 р. : тези доповідей. – Кременчук : КНУ, 2011. – Вип. 1/2011(1). – С. 156–157.

86. Розводюк М. П. Математична модель та структура пристрою для діагностування прискорювача трамвая / М. П. Розводюк, Ю. В. Шевчук, М. А. Солонінко // Вісник Кременчуцького державного університету ім. М. Остроградського. – 2010. – № 4, ч. 2. – С. 130–132.

87. Шевчук Ю. В. Математична модель пристрою для діагностування прискорювача трамвая / Ю. В. Шевчук, М. А. Солонінко, В. М. Злотницький // Современные информационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании : Міжнар. наук.-практ. конф., 13–14 травня 2010 р. : тези доп. – Дніпропетровськ, 2010. – С. 66.

88. Шевчук Ю. В. Математична модель пристрою для діагностування прискорювача трамвая / Ю. В. Шевчук, В. П. Базалицький, М. А. Солонінко // Контроль і управління в складних системах : Міжнар. конф. 19–21 жовтня 2010 р. : тези доп. – Вінниця, 2010. – С. 78. Режим доступу: http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2010/materials/-subsection_2.1.pdf.

89. Twin disc assessment of wheel/rail adhesion. – Режим доступу до документу: http://eprints.whiterose.ac.uk/8587/2/Lewis_wheel.rail.pdf.

90. Теоретические основы антиблокировочных и противобуксовочных систем нового поколения / Н. Н. Гурский, Ю. И. Слабко, Р. И. Фурунжиев, [та ін.] // Вестник БНТУ. – 2009. – № 3. – С. 46–49.

91. А. с. 1772022 СССР, МКИ В60Т8100. Способ адаптивного управления колесными тормозами по условиям сцепления антиблоки-

ровочной системой / В. Р. Асадченко, В. Г. Иноземцев (СССР). – № 4870334/11 ; заявл. 14.09.90 ; опубл. 30.10.92, Бюл. № 40.

92. Асташкевич Б. М. Перспективы использования металлокерамических материалов во фрикционных узлах подвижного состава / Б. М. Асташкевич, И. Н. Воронин // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2000. – № 5. – С. 31–37.

93. Теория электрической тяги / В. Е. Розенфельд, И. П. Исаев, Н. Н. Сидоров, М. И. Озеров. – М. : Транспорт, 1995. – 328 с.

94. Байрышева Л.С. Теория электрической тяги : методическое пособие / Л. С. Байрышева, А. В. Прокопович. – МЭИ, 2004. – 40 с.

95. Гребенюк П. Т. Тяговые расчеты : справочник. / П. Т. Гребенюк, А. Н. Долганов, А. И. Скворцова ; под ред. П. Т. Гребенюка. – М. : Транспорт, 1987. – 272.

96. Friction in Wheel – Rail Contacts. – Режим доступа до документа: http://www.utwente.nl/ctw/tr/Research/Publications/PhDTheses/Thesis_Porovicic.pdf.

97. Круглов В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В. В. Круглов. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 224 с.

98. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 1999. – 320 с.

99. Прикладные нечеткие системы : пер. с япон. / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др. ; под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно. – М. : Мир, 1993. – 368 с.

100. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

101. Sivanandam S. N. Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB / Sivanandam S. N., Sumathi S., Deepa S. N. – Berlin : Springer, 2007. – 430 p.

102. Чиликин М. Г. Общий курс электропривода : учебник для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. – 6-е изд. – М. : Энергоиздат, 1981. – 576 с.

103. Фираго Б. И. Теория электропривода : учебное пособие / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик. – Мн. : Техноперспектива, 2004. – 527 с.

104. Вольдек А. И. Электрические машины / Вольдек А. И. – 2-е изд. – Л. : Энергия, 1974. – 840 с.

105. ADXL330 small, low power, 3-axis, +-3g imems accelerometer. – Режим доступа до документу: <http://www.analog.com/en/mems-sensors/mems-inertial-sensors/adxl330/products/product.html>.

106. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности / Г. К. Вороновский, К. В. Мохотило, С. Н. Петрашев, С. А. Сергеев. – Харьков : Основа, 1997. – 112 с.

107. Рутковская Д. С. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. С. Рутковская, М. А. Пилиньский, Л. В. Рутковский. – М. : Горячая линия-Телеком, 2006. – 452 с.

108. Шевчук Ю.В. Алгоритм та пристрій для визначення дійсного механічного гальмівного моменту трамвайного вагона на маршруті / Ю. В. Шевчук // Оптимальне керування електроустановками : І міжнародна науково-техн. конф., 25–27 жовтня 2011 р. : тези допов. – Режим доступу : http://conf.vntu.edu.ua/energo/2011/tezy_dopov.pdf.

109. Пат. 66885 Україна, МПК В60Т17/32. Пристрій для діагностування барабанно-колодкового гальма трамвая / Грабко В. В., Шевчук Ю. В., Проценко Д. П., Бабій С. М., Базалицький В. П. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u201107419 ; заявл. 14.06.2011 ; опубл. 25.01.2012, Бюл. № 2.

110. Захаров В. Н. Автоматы с распределенной памятью / В. Н. Захаров. – М. : Энергия, 1975. – 136 с.

111. Грабко В. В. Синтез структуры пристрою для технічного діагностування прискорювача трамвая / В. В. Грабко, Ю. В. Шевчук, В. П. Базалицький, М. А. Солонінко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2010. – № 28. – С. 423–425.

112. Безуглов Д. А. Цифровые устройства и микропроцессоры / Д. А. Безуглов, И. В. Калиенко. – 2-е изд. – Ростов н/Д : Феникс, 2008. – 468 с.

113. Пат. 54811 Україна, МПК В60L3/12. Пристрій для діагностування прискорювача трамвая / Розводюк М. П., Шевчук Ю. В., Солонінко М. А., Злотніцкий В. М. ; заявник та патентовласник Вінниць-

кий національний технічний університет. – № u201006151 ; заявл. 21.05.2010 ; опубл. 25.11.2010, Бюл. № 22.

114. Дяконов В. П. Simulink 4. Специальный справочник / В. П. Дьяконов. – СПб. : Питер, 2002. – 528 с.

115. Потемкин В. Г. Система MATLAB 5 для студентов / В. Г. Потемкин, П. И. Рудаков. – 2-е изд. – М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 1999. – 448 с.

116. Шевчук Ю. В. Моделювання процесу визначення механічного гальмівного моменту з урахуванням зовнішніх впливів на маршруті / Ю. В. Шевчук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 1. – С. 151–156.

117. Выбор микроконтроллера. – Режим доступа до документу : <http://microchipinf.com/articles/45/138>.

118. Datasheet AtMega8. – Режим доступа до документу : <http://www.atmel.com>.

119. Берд Дж. Инженерная математика. / – М. : Додэка-XXI, 2008. – 544 с. (Серия «Карманный справочник»).

120. Документация на сенсор LV 25-P. – Режим доступа до документу : http://img.chipfind.ru/pdf/lem_usa/lv_25-p.pdf.

121. Сенсор измерения тока ДСТ-500. – Режим доступа до документу: <http://www.chezara.com/rus/products/sensor/dst500.php>.

Наукове видання

**Грабко Володимир Віталійович
Шевчук Юрій Володимирович**

**МЕТОДИ І ЗАСОБИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ
ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ
ГАЛЬМУВАННЯ ТРАМВАЯ**

Монографія

Редактор С. Малішевська

Оригінал-макет підготовлено Ю. Шевчуком

Підписано до друку 20.04.2015 р.

Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman.

Друк різнографічний. Ум. др. арк. 7,39

Наклад 300 (1-й запуск 1–75) пр. Зам № В2015-16

Вінницький національний технічний університет,
КІВЦ ВНТУ,

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Тел. (0432) 59-85-32.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано ФОП Барановська Т. П.

21021, м. Вінниця, вул. Порики, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 4377 від 31.07.2012 р.