

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

На правах рукопису

АНАНЬЄВА ОЛЬГА МИХАЙЛІВНА

УДК 621.391:681.518

**УДОСКОНАЛЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНИХ КОЛІЙНИХ
ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ
РУХОМИМ СКЛАДОМ ЗАЛІЗНИЦЬ**

05. 22. 20 - експлуатація та ремонт засобів транспорту

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник

Соболев Ю.В., д.т.н., професор

Харків 2008

ЗМІСТ

Вступ

Розділ 1. Сучасний стан і перспективи розвитку безперервних колійних перетворювачів автоматизованих систем управління рухомим складом залізниць

1.1. Особливості застосування безперервних колійних перетворювачів у системах електричної централізації й автоблокування

1.2. Аналіз вимог до критеріїв оцінки режимів роботи рейкових кіл

1.3. Класифікація й умови експлуатації сучасних рейкових кіл

1.4. Особливості експлуатації тональних рейкових кіл

1.5. Постановка задачі досліджень

Розділ 2. Теоретичні основи побудови хвильових методів контролю параметрів безперервних колійних перетворювачів

2.1. Аналіз структури й параметрів хвильових сигналів живильного кінця тональних рейкових кіл

2.2. Моделювання напруги генератора сигнального струму рейкового кола при наявності тріщини в рейці

2.3. Моделювання відбитої хвилі напруги сигнального струму рейкового кола

2.4. Оцінка параметрів відбитого сигналу, обумовленого наявністю тріщини

2.5. Висновки до розділу 2

Розділ 3. Синтез квазіоптимальних вимірювачів інформаційних сигналів тональних рейкових кіл

3.1. Оцінка сигнальної складової напруги живильного кінця ТРК

3.2. Апаратна реалізація алгоритму оцінки параметрів відбитого сигналу живильного кінця ТРК

3.3. Синтез пристрою оцінки хвильових параметрів ТРК

3.4 Уточнення оцінок параметрів інформаційних сигналів

3.5. Висновки до розділу 3

Розділ 4. Формування сукупності інформаційних даних про склад і параметри руху поїздів

4.1. Математичне моделювання впливу руху поїзда на частоту відбитих хвиль сигнального струму

4.2. Аналіз впливу рухомого складу на фазові характеристики інформаційних сигналів ТРК.

4.3. Синтез пристроїв формування оцінки початкових фаз інформаційних сигналів ТРК.

4.4. Визначення рухомих одиниць шляхом обробки послідовності оцінок осей

4.5. Висновки до розділу 4

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

Додаток А. Акт про впровадження результатів дисертаційної роботи на ЗАТ “Інститут Харківський Промтранспроєкт

Додаток Б. Акт про впровадження результатів дисертаційної роботи на ДП “Харківський метрополітен”

Додаток В. Акт про впровадження результатів дисертаційної роботи у навчальному процесі Інституту перепідготовки та підвищення кадрів Української державної академії залізничного транспорту

Додаток Д. Економічна ефективність впровадження результатів дисертаційної роботи “Удосконалення безперервних колійних перетворювачів автоматизованих систем управління рухомим складом залізниць”

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БКП	Безперервні колійні перетворювачі
БРК	Безстикові рейкові кола
ЕРС	Електрорушійна сила
ЕЦ	Електрична централізація
ІРО	Імпульси рахунку осей
ІРРП	Інтервальне регулювання рухом поїздів
КП	Колійний приймач
КТ	Колійний трансформатор
КЯ	Колійний ящик
ЛУ	Логічні умови
ПОО	Послідовність оцінок осей
ППО	Пристрій підрахунку кількості осей
ПС	Передавач струму
РК	Рейкове коло
РЛ	Рейкова лінія
СЦБ	Сигналізація, централізація й блокування
СЦП	Спектральна щільність потужності
ТРК	Тональне рейкове коло
УСАБ	Уніфікована система автоблокування
ФІН	Формувач імпульсів напруги
ФІС	Формувач імпульсів струму
Ш	Шунт

ВСТУП

Ефективність роботи залізничного транспорту, його надійність і конкурентоспроможність у значній мірі залежать від експлуатованих на залізничних дільницях технічних засобів керування рухомим складом, відповідності їхнього технічного рівня безпеки руху поїздів та забезпечення заданих показників функціональної безпеки. Але на теперішній час основні пристрої і системи залізничної автоматики, що експлуатуються на залізницях України, за своїми техніко-експлуатаційними характеристиками не можуть задовольнити сучасні вимоги до якості перевезень, особливо на лініях міжнародних залізничних транспортних коридорів та дільниць із прискореним та швидкісним рухом, впровадження яких передбачається Концепцією розвитку залізничної інфраструктури України. Тому вирішення науково-технічної задачі удосконалення безперервних колійних перетворювачів автоматизованих систем управління рухомим складом залізниць дозволить розширити функціональні можливості систем інтервального регулювання рухом поїздів (ІРРП), що у свою чергу сприятиме підвищенню безпеки руху та ефективності перевізного процесу.

Актуальність теми

Нинішній період для всіх провідних залізничних держав світу характеризується інтенсивними розробками та впровадженням пристроїв і систем залізничної автоматики, що реалізовані з використанням сучасних досягнень мікроелектроніки, комп'ютерної та мікропроцесорної техніки, сучасних інформаційних технологій, теорії передачі та обробки сигналів.

Стрімкий розвиток і складність систем залізничної автоматики, їх відповідальність за безпеку руху поїздів та необхідність підтримки постійної працездатності потребують корінної зміни методів їхньої експлуатації й технічного обслуговування – переходу від планово-профілактичного до

ремонтно-відновлюваного. Цьому сприяють можливості організації діагностики та самодіагностики пристроїв, побудованих на базі обчислювальної техніки.

На залізничному магістральному транспорті та метрополітенах України і країн СНД широке застосування в системах безпечного керування рухом поїздів знаходять пристрої контролю стану залізничних ділянок та визначення місцезнаходження рухомого складу – неперервні колійні перетворювачі, найбільш перспективними у теперішній час є безстиківі тональні рейкові кола (ТРК). З одного боку, колійні перетворювачі відносяться до роду пристроїв залізничної автоматики, що безпосередньо впливають на безпеку руху поїздів та експлуатаційні показники перевізного процесу, з іншого – незважаючи на їх вкрай важливу роль у підвищенні функціональної безпеки систем залізничної автоматики, вони знаходяться у дуже складних умовах експлуатації і підпадають під негативний вплив ряду дестабілізуювальних чинників, до основних з яких можна віднести електромагнітний вплив тягового струму (як постійного, так і змінного), який обов'язково присутній на дільницях підвищеного класу, грозових розрядів, високовольтних ліній електропередач, особливостей конструкції електрорухомого тягового складу та конструкції верхньої будови колії, кліматичних впливів зовнішнього середовища, механічних навантажень від рухомого складу, механічного та хімічного забруднення, які впливають на електричні параметри рейкової лінії.

Тому підвищення безпеки та надійності роботи неперервних колійних перетворювачів у таких складних умовах експлуатації є вкрай важливим.

Становить також інтерес дослідження можливості виявлення на основі аналізу прогнозованих специфічних відхилень параметрів сигналів, що циркулюють у рейкових колах, додаткових інформаційних ознак, за якими можливе прийняття достовірного рішення про стан рейкової лінії, визначення параметрів руху поїзда (швидкість і прискорення) та параметрів рухомого складу (кількості рухомих одиниць у поїзді та їхнього типу). Таке

додаткове інформаційне забезпечення може бути важливим у системах ІРРП, що використовуються на ділянках залізниць із змішаним рухом поїздів різних категорій – від вантажних та приміських до швидкісних.

Наявність такої додаткової інформації може бути використана при побудові координатних систем ІРРП на перегонах, у системах гіркової централізації, системах автоматичного регулювання швидкості руху поїздів на метрополітенах.

Таким чином, тема даної дисертаційної роботи, що спрямована на вирішення важливої науково-прикладної задачі удосконалення БКП автоматизованих систем ІРРП залізниць шляхом формування в реальному часі додаткового інформаційного забезпечення про їхній стан і умови експлуатації, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана на кафедрі “Автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів” Української державної академії залізничного транспорту згідно з планами науково-дослідних робіт академії, що проводяться в рамках галузевих програм у наукових напрямках Міністерства транспорту та зв'язку України за замовленням Державної адміністрації залізничного транспорту України за темами: “Теоретичні основи побудови координатної системи визначення місцезнаходження поїзда на залізничній ділянці” № ДР 0106U004116 (2006-2008 рр.) – провідний виконавець і “Дослідження та вибір систем інтервального регулювання руху поїздів для швидкісних та високошвидкісних залізниць України” № ДР 0101U002464 (2006-2008 рр.) – виконавець.

Мета і завдання дослідження. Мета дисертаційної роботи – удосконалення безперервних колійних перетворювачів автоматизованих систем управління рухомим складом залізниць шляхом формування в реальному часі додаткового інформаційного забезпечення про їхній стан і умови експлуатації.

Для досягнення заданої мети необхідно вирішити такі науково-технічні задачі:

- провести аналіз існуючих БКП для впровадження нових методів і засобів контролю їхнього стану та умов експлуатації, включаючи обґрунтування структури й параметрів хвильових сигналів ТРК для підвищення ступеня їхньої інформативності;

- розробити математичні моделі, що дозволять встановити залежність структури й параметрів сигнального струму ТРК від наявності тріщини в рейці на ранній стадії її розвитку для побудови хвильових методів контролю параметрів рейкових кіл;

- розробити математичні моделі для виявлення параметрів відбитих хвиль сигнального струму від кінця рейкового кола або шунта для наукового обґрунтування методів вимірювання реальної швидкості руху й координати поїзда на ділянці залізниці;

- провести синтез квазіоптимальних вимірювачів сигнального струму ТРК на основі хвильових методів контролю їхнього стану та умов експлуатації;

- удосконалити математичну модель рахунку осей і контролю складу рухомих одиниць за значеннями аргументу вхідного опору живильного кінця БКП;

- провести синтез пристроїв формування оцінки початкових фаз інформаційних сигналів ТРК для реалізації методу визначення рухомих одиниць шляхом обробки послідовності осей.

Об'єкт досліджень – процес експлуатації безперервних колійних перетворювачів.

Предмет досліджень – методи та засоби контролю технічного стану рейкових кіл і параметрів руху залізничного транспорту.

Методи дослідження. При розробленні математичних моделей, що встановлюють залежність структури й параметрів сигналу кінця живлення ТРК від наявності тріщини в рейці, в роботі використані теоретичні основи

електротехніки, а також теорія електричних кіл. При розробленні математичних моделей аналізу параметрів відбитих хвиль сигнального струму ТРК – теорія хвильових процесів, методи цифрового спектрального аналізу, теорія радіотехнічних кіл і сигналів. При проведенні синтезу квазіоптимальних вимірювачів інформаційних сигналів БКП – теорія оптимального прийому сигналів, теоретичні основи статистичної радіотехніки, виміри в техніці зв'язку, електричні виміри. При проведенні моделювання процесів обробки інформаційних сигналів від колійних перетворювачів – теорія еволюційного синтезу систем.

Наукова новизна одержаних результатів. Вирішена науково-практична задача удосконалення безперервних колійних перетворювачів автоматизованих систем управління рухомим складом залізниць шляхом формування в реальному часі додаткового інформаційного забезпечення про стан рейкових кіл і умови їхньої експлуатації.

Вперше:

- розроблено математичну модель, яка описує процеси формування відбитих хвиль сигнального струму у БКП, що дозволяє визначати появу тріщин на ранній стадії їхнього виникнення;

- розроблено математичну модель, яка дозволяє отримати та досліджувати залежності параметрів сигнального струму від наявності шунта чи тріщин у рейці для побудови методів і пристроїв контролю стану ТРК;

- синтезовано квазіоптимальні вимірювачі інформаційних сигналів БКП, що дозволяють за критерієм максимуму правдоподібності виділити із загальної суміші відбитих хвиль сигнального струму окремі сигнали, що відбиті від тріщини, шунта й кінця лінії.

Удосконалено математичну модель функціонування ТРК за рахунок урахування впливу рухомого складу на характеристики колійних інформаційних сигналів ТРК, що дозволяє отримати додаткову інформацію про параметри руху поїздів.

Одержала подальший розвиток математична модель рахунку осей і контролю складу рухомих одиниць шляхом визначення аргументу вхідного опору живильного кінця БКП, що дозволяє отримати інформацію про тип, кількість і місце розташування вагонів у поїздах.

Практичне значення одержаних результатів. Результати роботи впроваджено:

1. На ЗАТ “Інститут Харківський Промтранспроект” у 2007 р.:

- практичні рекомендації з розрахунку режимів роботи тональних рейкових кіл та їхніх первинних параметрів;
- практичні рекомендації щодо виявлення тріщини та місця її розташування в рейці безстикowego рейкового кола;
- алгоритми роботи та функціональні схеми засобів автоматичного формування “фізичного образу” рухомого складу та виявлення довгобазних вагонів.

У результаті впровадження вищевказаних розробок підвищується:

- безпека руху за рахунок поліпшення якості та надійності функціонування тональних рейкових кіл;
- функціональна безпека засобів інтервального регулювання руху поїздів за рахунок можливості автоматичного відновлення втраченої інформації при збоях у роботі устаткування систем залізничної автоматики;
- обсяг і вірогідність отриманої інформації про рух поїздів.

2. На ДП “Харківський метрополітен” у 2007 р.:

- математичні моделі тонального рейкового кола, що містять тріщину в рейці на ранній стадії її розвитку, та сигналів, відбитих від тріщини;
- методи аналізу, програмне забезпечення та алгоритми визначення стану рейки в місці ушкодження.

У результаті впровадження згаданих вище розробок підвищується рівень безпеки, а також безперервність руху електропоїздів за рахунок можливості своєчасного визначення появи дефектів рейкових ліній.

3. У навчальному процесі Інституту перепідготовки та підвищення кадрів Української державної академії залізничного транспорту:

3.1. При проведенні занять у групах факультету підвищення кваліфікації фахівців служб сигналізації та зв'язку:

- начальників дистанцій сигналізації та зв'язку;
- заступників ШЧ з СЦБ, головних інженерів ШЧ;
- інженерів, начальників дільниць, старших електромеханіків СЦБ;
- начальників, заступників начальників, головних інженерів служб сигналізації та зв'язку.

3.2. При підготовці спеціалістів та магістрів за спеціальністю „Автоматика та автоматизація на транспорті” зі спеціалізації „Автоматика та комп'ютерні системи управління рухом поїздів” з дисциплін:

- системи автоматики на перегонах у розділі „Сучасні системи автоматичного блокування”;
- спеціальні вимірювання та технічна діагностика пристроїв залізничної автоматики у розділі „Профілактичні та аварійні вимірювання в пристроях колійних датчиків”;
- колійні датчики у розділі „Тональні рейкові кола”.

Очікуваний економічний ефект від впровадження результатів дисертаційної роботи складає 170,1 тис. (сто сімдесят тисяч сто) гривень, що підтверджено відповідними актами.

Особистий внесок здобувача

Усі положення й результати роботи, які виносяться на захист, автором отримані самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, дисертанту належать: у роботі [4] – аналіз ступеня інформативності сигналів живильного кінця ТРК при наявності впливу неоднорідності рейкової лінії; у роботі [5] – математичний опис оцінки величини впливу широкосмугових перешкод на роботу квазіоптимальних вимірювачів інформаційних сигналів колійних перетворювачів; у роботі [8] – аналітичне та числове моделювання хвильових параметрів сигналів живильного кінця ТРК; у роботі [13] –

вимоги до сучасних засобів визначення місцезнаходження рухомого складу на ділянках залізниць; у роботі [14] – аналіз та обґрунтування умов забезпечення засобами залізничної автоматики безпеки руху поїздів на лініях різних класів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на:

- 17-20 міжнародних конференціях «Перспективні системи керування на залізничному, промисловому й міському транспорті» (м. Алушта, 2004-2007 рр.);

- 66-70 міжнародних науково-технічних конференціях кафедр Української державної академії залізничного транспорту та спеціалістів залізничного транспорту й підприємств (м. Харків, 2004-2008 рр.);

- LXVI міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми й перспективи розвитку залізничного транспорту» (м. Дніпропетровськ, 2006 р.);

- першій міжнародній конференції «Ресурсозберігаючі технології в експлуатації засобів транспорту в умовах реформування залізниць України» (м. Євпаторія, 2007 р.);

- першій міжнародній науково-практичній конференції «Електромагнітна сумісність на залізничному транспорті» (м. Дніпропетровськ, 2007 р.).

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковано в 15 наукових працях. З них: 9 – у наукових журналах і збірниках наукових праць, які затверджені ВАК України як фахові; 6 – у матеріалах і тезах міжнародних конференцій.

Структура й обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Основний зміст роботи викладено на 168 сторінках і включає 146 сторінок тексту, 34 рисунки, 1 таблицю, список літератури зі 138 назв на 15 сторінках, 4 додатки на 7 сторінках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Соболев Ю.В. Путевые преобразователи автоматизированных систем управления железнодорожного транспорта. – Харьков: ХФИ “Транспорт Украины”, 1999. – 200 с.
2. Бойник А.Б., Кошевой С.В., Панченко С.В., Сотник В.А. Системы интервального регулирования движения поездов на перегонах. – Харьков: Энергосберегающие технологии, 2005. – 256 с.
3. Бойник А.Б., Коваленко Г.В., Макаренко Р.В. Перспективные системы интервального регулирования движения поездов на перегонах // Залізн. трансп. України. – 2001. – № 6. – С. 23-25.
4. Тильк И.Г., Ляной В.В. Перспективы развития систем ИРДП // Автоматика, связь, информатика. – 2007. - №8. – С. 7-9.
5. Путевая блокировка и авторегулировка / Н.Ф. Котляренко, А.В. Шишляков, Ю.В. Соболев, И.З. Скрыпин. – М.: Транспорт, 1983. – 408 с.
6. Аркатов В.С., Баженов А.И., Котляренко Н.Ф. Рельсовые цепи магистральных железных дорог: [Справочник]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1992. – 384 с.
7. Аркатов В.С., Кравцов Ю.А., Степенский Б.М. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание. – М.: Транспорт, 1991. – 296 с.
8. Брылеев А.М., Кравцов Ю.А., Шишляков А.В. Теория, устройство и работа рельсовых цепей. – М.: Транспорт, 1978. – 344 с.
9. Г.Д. Казиев Обеспечение надежной работы рельсовых цепей // Железнодорожный транспорт. – 2006. – №4. – С. 39-43.
10. Кулик П.Д., Ивакин Н.С., Удовиков А.А. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надежности. – К.: ИД “Мануфактура”, 2004. – 288 с.

11. Федоров Н.Е., Современные системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями: Учеб. пособ. – Самара: СамГАПС, 2004. – 132 с.
12. Воронин В.А. Системы интервального регулирования // Автоматика, связь, информатика. – 2007. - №7. – С. 2-3.
13. Казаков А.А., Бубнов В.Д., Казаков Е.А. Системы интервального регулирования движения поездов. М.: Транспорт, 1986. – 315 с.
14. Ананьева О.М. Розроблення системи напівавтоматичного блокування з використанням сучасних інформаційних технологій // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – Вип. 68. – С.108-118.
15. Автоматизированные системы интервального регулирования движения поездов / А.А. Казаков и др.–М.: Транспорт, 1995.–320 с.
16. Лиясов А.Н., Шаманов В.И., Шабалин А.Н. Интервальное регулирование движения поездов // Железнодорожный транспорт. – 2003. – № 1. – С. 25-29.
17. Станционные системы автоматики и телемеханики: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Вл.В.Сапожников, Б.Н. Елкин, И.М. Кокурин и др.; Под ред. Вл.В.Сапожникова. – М.: Транспорт, 1997. – 432 с.
18. Воронин В.А. Системы интервального регулирования // Автоматика, связь, информатика. – 2007. – №7. – С. 2-3.
19. Беляков И.В., Неклюдов Ю.Н., Кочкин А.Г., Рыбаков А.А., Суханова Н.В. Микропроцессорная унифицированная система автоблокировки АБ-УЕ // Автоматика, связь, информатика. – 2002. – № 6. – С. 11-14.
20. Теткин А.Ю., Гимальтинов И.Р., Наринян О.Э. Единая аппаратно-программная платформа систем ИРДП // Автоматика, связь, информатика. – 2007. – №8. – С. 12-14.
21. Зорин В.И., Воронин В.А., Шухина Е.Е., Ковалев И.П. Микропроцессорная система автоблокировки с централизованным

размещением аппаратуры АБТЦ-М // Автоматика, связь, информатика. – 2003. – №9. – С. 8-10.

22. Зорин В.И., Воронин В.А., Кисельгоф Г.К. Технологические функции системы АБТЦ-М // Автоматика, связь, информатика. – 2003. – №12. – С. 6-7.

23. Koch Bernd. ETCS in Großbritannien // ETR: Eisenbahntechn. Rdsch. – 2002. – 51, № 7-8. P. 467-471.

24. Hänni Hanspeter. Die Einführung von ETCS in der Schweiz // ETR: Eisenbahntechn. Rdsch. – 2003. – 52, № 10. – P. 602-608.

25. Pottendorfer M., Rhein D. First commercial application of ERTMS/ETCS level 1: lessons learned // Alcatel Telecomm. Rev. – 2004. – № 2. P. 174-180.

26. ETCS and GSM-R open the way for seamless cross-border rail traffic // Panorama UIC. – 2004. – № 22. – P. 6-7.

27. Faab Jiirgen. Zugsteuerungssystem im conceptline-Gehäuse // Signal + Draht. – 2004. – 96, № 9. – P. 54-55.

28. ERTMS/ETCS in der Schweiz // Elek. Balmn. – 2006. – 104, № 8-9. – P. 457.

29. Ausbaustrecke Chemnitz-Leipzig in Betrieb // DVZ: Disch. Logist.-Ztg. – 2005. – 59, № 151. – P. 8.

30. Пономарев К.Ш. Скоростные поезда TGV // Наука и техника. – 2007. – № 12 (19). – С. 23-31.

31. Воронин В.А., Дмитриев В.С., Лучинин В.С. Проектирование рельсовых цепей тональной частоты на станциях // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – №9. – С. 20-23.

32. Заявка 2400222 Великобритания, МПК⁷ В 61 L 1/18. Railway train detection system: Заявка 2400222 Великобритания, МПК⁷ В 61 L 1/18 Clegg Trevor Edwin (Великобритания); № 0307509.0; Заявл. 01.04.2003; Опубл. 06.10.2004, НПК G4Q.

33. Stornig Gerald. SPHEROLOCK®-Praxisbericht eines revolutionären Verschlusssysteme // Signal + Draht. – 2004. – 96, № 3. P. 22-25.

34. Шаманов В.И., Березовский Г.С., Трофимов Ю.А. Помехи от тяговых токов в фазочувствительных рельсовых цепях // Автоматика, связь, информатика. – 2007. - №1. – С. 30-32.

35. Жуковицкий И.В., Разгонов С.А. К оценке предельных уровней помех в рельсовых цепях // [Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2005. – № 5.](#) – С. 112-113.

36. Шевердин И.Н., Шаманов В.И., Трофимов Ю.А. Влияние тяжеловесных поездов на рельсовые цепи и АЛС // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – №8. – С. 24-28.

37. Шевердин И.Н., Шаманов В.И., Трофимов Ю.А., Пультяков А.В. Влияние тяжеловесных поездов на рельсовые цепи и АЛСН // Автоматика, связь, информатика. – 2006. – №10. – С. 16-20.

38. Пат. 2245265 Россия, МПК⁷ В 61 L 1/18. Устройство рельсовой цепи: Пат. 2245265 Россия, МПК⁷ В 61 L 1/18 Ю.И. Зенкович, Ю.А. Кравцов, В.Н. Новиков, Е.Г. Щербина (Россия); № 2003101684/11; Заявл. 23.01.2003; Оpubл. 27.01.2005.

39. Пат. 2245810 Россия, МПК⁷ В 61 L 23/16. Устройство разветвленной рельсовой цепи: Пат. 2245810 Россия, МПК⁷ В 61 L 23/16 Н.А. Цыбуля, Ю.А. Барышев (Россия); Моск. гос. ун-т путей сообщ. (МИИТ) – № 2003111830/11; Заявл. 23.04.2003; Оpubл. 10.02.2005.

40. Пат. 2286276 Россия, МПК⁷ В 61 L 23/16. Способ контроля свободного состояния рельсовой линии: Пат. 2286276 Россия, МПК⁷ В 61 L 23/16 П.Ф. Бестемьянов, В.М. Лисенков, Ю.И. Полевой (Россия); № 2005104810/11; Заявл. 24.02.2005; Оpubл. 27.10.2006.

41. Полевой Ю.И., Полевая Л.В. Схема относительной рельсовой цепи // Вестник инженеров-электромехаников железнодорожного

транспорта. Самарская государственная академия путей сообщения. – 2003. – № 1. – С. 238-241.

42. Пат. 2250849 Россия, МПК⁷ В 61 L 23/16. Рельсовая цепь: Пат. 2250849 Россия, МПК⁷ В 61 L 23/16 Ю.И. Полевой, Л.В. Полевая, М.В. Трошина (Россия); Самар. гос. акад. путей сообщ. – № 2003125632/11; Заявл. 19.08.2003; Оpubл. 27.04.2005.

43. Пат. 2248289 Россия, МПК⁷ В 61 L 21/06, 23/16. Способ контроля свободности рельсовой линии: Пат. 2248289 Россия, МПК⁷ В 61 L 21/06, 23/16 Ю.И. Полевой (Россия); Самар. гос. акад. путей сообщ. – № 2003109212/11; Заявл. 01.04.2003; Оpubл. 20.03.2005.

44. Пат. 6533223 США, МПК⁷ В 61 L 25/00. Model railroad occupancy detection equipment: Пат. 6533223 США, МПК⁷ В 61 L 25/00 Ireland Anthony John (США); № 09/953741; Заявл. 17.09.2001; Оpubл. 18.03.2003; НПК 246/122А.

45. Nikolov N., Nedelchev N. Study on centre-fed boundless track circuits. // IEE Proc. Elec. Power Appl. – 2005. – 152, № 5. – P. 1049-1054.

46. Пат. 6230085 США, МПК⁷ В 61 L 1/18, В 61 L 3/08. Train detection system and a train detection method: Пат. 6230085 США, МПК⁷ В 61 L 1/18, В 61 L 3/08 Hitachi, Ltd, Oguma Kenji, Kawabata Atsushi, Tashiro Korefumi, Fujiwara Michio, Tanifuji Shinya; № 09/073851; Заявл. 07.05.1998; Оpubл. 08.05.2001; Приор. 15.05.1997, № 9-125261 (Япония); НПК 701/19.

47. Minea M., Dobre Octavia Adina. Adaptive signal for electrified railway digital track circuits // Sci. Bull. С "Politehn." Univ. Bucharest. – 2001. – 63, № 1. – P. 25-31.

48. Пат. 6766988 США, МПК⁷ В 61 L 21/00. Block occupancy detector for model railroads: Пат. 6766988 США, МПК⁷ В 61 L 21/00 Richley Edward A. (США); № 10/367270; Заявл. 15.02.2003; Оpubл. 27.07.2004; НПК 246/20.

49. Пат. 2264942 Россия, МПК⁷ В 61 L 23/16. Устройство разветвленной тональной рельсовой цепи без изолирующих стыков: Пат. 2264942 Россия, МПК⁷ В 61 L 23/16 Н.А. Цыбуля, Ю.А. Барышев (Россия); Моск. гос. ун-т путей сообщ. – № 2003107691/11; Заявл. 21.03.2003; Оpubл. 27.11.2005.

50. Панченко С.В. Анализ факторов, оказывающих воздействия на микропроцессорные путевые приемники бесстыковых рельсовых цепей // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2006. – № 2. – С. 22-25.

51. Uhlig Torsten, Wenzek Lars. Migration des Zulassungsprozesses von Mii 8004 zu CENELEC am Beispiel des Achszahlsystems ACS2000 // Signal + Draht. – 2006. – 98, № 5. – P. 13-16.

52. Пат. 2253585 Россия, МПК⁷ В 61 L 23/16. Приемник тональных сигналов рельсовых цепей: Пат. 2253585 Россия, МПК⁷ В 61 L 23/16 Б.М. Гордон, Е.Н. Розенберг, А.Н. Нечаев, С.Н. Чуркин, О.Ф. Кочева, В.И. Свешников (Россия); № 2004108782/11; Заявл. 25.03.2004; Оpubл. 10.06.2005.

53. Пат. 2287447 Россия, МПК⁷ В 61 L 23/16. Устройство автоблокировки с тональными рельсовыми цепями и централизованным размещением оборудования: Пат. 2287447 Россия, МПК⁷ В 61 L 23/16 М.Д. Рабинович, Б.Д. Никифоров, Ю.А. Кравцов, В.А. Згура (Россия); ООО АВП-Технология – № 2004132401/11; Заявл. 10.11.2004; Оpubл. 20.11.2006.

54. Полторац Н.Ф. Устройства СЦБ могут работать устойчиво // Автоматика, связь, информатика. – 2003. – №1. – С. 31-32.

55. Казиев Г.Д., Адашкин В.М. Повышать надежность рельсовых цепей // Автоматика, связь, информатика. – 2006. - №4. – С. 2-7.

56. Бушуев В.И. Изоляция рельсовых цепей на железобетонных шпалах // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – №9. – С. 31-32.

57. Бабаєв М.М., Прилипко А.А. Аналіз впливу зовнішніх факторів на роботу рейкового кола // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – Вип. 80. – С.102-113.

58. Жуковицкий И.В., Разгонов С.А. О влиянии электрооборудования пассажирских вагонов на рельсовые цепи устройств безопасности // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2005. – № 3. – С. 3-8.

59. Сердюк Т.Н., Гаврилюк В.И. Взаимодействие системы тягового электроснабжения постоянного тока с рельсовыми цепями // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2007. – №4. – С.108-112.

60. Кравцов Ю.А., Зенкович Ю.И., Антоненко В.С., Сафро В.М., Иваненко А.А. Оценка воздействия асимметрии на работу РЦ // Автоматика, связь, информатика. – 2007. – №7. – С. 30-32.

61. Сердюк Т.Н., Гаврилюк В.И. Экспериментальное исследование помех в рельсовых цепях // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. – 2005. – Вип.9. – С.15-18.

62. Кравцов Ю.А., Зенкович Ю.И., Щербина Е.Г., Антонов А.А., Бадёр М.П. Влияние выравнивания асимметрии рельсовых линий на обратную тяговую сеть // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – №12. – С. 14-16.

63. Сердюк Т.Н., Гаврилюк В.И. Электромагнитная совместимость системы тягового электроснабжения с рельсовыми цепями // Залізничний транспорт України. – 2005. – Спец. вип. 3/2. – С.176-180.

64. Суров В.П., Сукочев И.М. Резервная рельсовая цепь бессигнальной автоблокировки с тональными рельсовыми цепями // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – №3. – С. 4-5.

65. Чепцов М.Н. Безопасность программного обеспечения приемника прямого преобразования тональных рельсовых цепей // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2007. – № 1. – С. 19-22.

66. Василенко М.Н., Культин В.Б., Соколов М.Б. Электронное моделирование аппаратуры тональных рельсовых цепей // Вестник ПГУПС. – 2006. – № 3. – С. 28-32.

67. Есюнин В.И. Совершенствование эксплуатации тональных рельсовых цепей // Автоматика, связь, информатика. – 2006. – №3. – С. 14-16.

68. Чепцов М.Н. Безопасность программного обеспечения микропроцессорных тональных рельсовых цепей // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ. – 2006. – №4. – С. 54-61.

69. Кравцов Ю.А., Зенкович Ю.И., Кузнецов В.С., Щербина Е.Г., Антонов А.А. Методика расчета контрольного режима тональных рельсовых цепей // Наука и техника транспорта. – 2003. – № 2. – С. 68-72.

70. Скоков Р.Б. Защита рельсовых цепей тональной частоты от опасного влияния тяговой сети постоянного тока // Вестник инженеров-электромехаников железнодорожного транспорта. Самарская государственная академия путей сообщения. – 2003. – № 1. – С. 255-258.

71. Власенко С.В., Смирнов М.В., Заковряшин А.С, Сероштанов С.С. Опыт эксплуатации и перспективы внедрения тональных рельсовых цепей на станциях // Вестник инженеров-электромехаников железнодорожного транспорта. Самарская государственная академия путей сообщения. – 2003. – № 1. – С. 253-255.

72. Бушуев В.И., Бушуев С.В. Сопротивление изоляции рельсовых цепей – заблуждения и реальность // Автоматика, связь, информатика. – 2003. – №6. – С. 25-27.

73. Гундырев К.В. Искусственные нейронные сети в задачах диагностирования рельсовых цепей // Современные информационные технологии, электронные системы и приборы железнодорожного транспорта: Сб. науч. тр. Урал. гос. ун-т путей сообщ.– Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2005. – Вып. 36.– С. 39-45.

74. Воронин В.А., Молдавский М.М., Дмитриев В.С. Кодирование рельсовых цепей на станциях с ЭЦМ-КБЦШ // Автоматика, связь, информатика. – 2007. – №7. – С. 33-36.

75. Мойсеенко В.И., Поддубняк В.И., Бутенко В.М., Радковский С.А. Оценка технического состояния объектов ж/д автоматики с использованием нечетких множеств // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – № 6. – С. 33-37.

76. Костроминов А.М., Костроминов Ал-р А., Костроминов Ал-й А., Шабалин А.Н., Насонов Г.Ф., Никонов В.И. Анализ частотных помех от непреднамеренных электромагнитных процессов в RLC-цепях систем железнодорожной автоматики // Технологии электромагнитной совместимости. – 2004. – № 3. – С. 31-33.

77. Сердюк Т.Н., Гаврилюк В.И. Автоматизированная система для контроля параметров кодового тока в рельсах // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. – 2004. – Вип. 3. – С. 5 - 20.

78. Босый Н.Д. Электрические фильтры. – К.: Гос. Изд-во технич. литер. УССР, 1959. – 616 с.

79. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – М.: Гардарики, 2000. – 638 с.

80. Волков Е.А., Санковский Э.И., Сидорович Д.Ю. Теория линейных электрических цепей железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. – М.: Маршрут, 2005. – 510 с.

81. Гумен М.Б., Гуржій А.М., Співак В.М. Основи теорії електричних кіл: У 3 кн. Кн.2 Аналіз лінійних електричних кіл. Частотна область. – К.: Вища школа, 2004. – 358 с.

82. Сиберт У.М. Цепи, сигналы, системы: В 2-х ч. Ч. 2 / Пер. с англ. Э.Я. Петерсон, В.А. Усик. – М.: Мир, 1988. – 360 с.

83. Будников В.Ф. Основные положения теоретической электротехники в устройствах СЦБ. – М.: ВЗИИТ, 1986. – 78с.
84. Шимони К. Теоретическая электротехника. – М.: Мир, 1964. – 774 с.
85. Жуховицкий Б.Я., Негневицкий И.Б. Теоретические основы электротехники. Ч.2. Четырехполюсники, длинные линии, нелинейные цепи. – М.; Л.: Энергия, 1965. – 240с.
86. Поливанов К.М. Теоретические основы электротехники. Ч.1. Линейные электрические цепи с сосредоточенными постоянными. – М.;Л.: Энергия, 1965. – 360с.
87. Ананьева О.М. Моделювання напруги генератора сигнального струму рейкового кола при наявності тріщини в рейці // Удосконалення управління експлуатаційною роботою залізниць: Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – Вип. 85. – С. 253-261.
88. Тарасов Е.М. Математическое моделирование рельсовых цепей с распределенными параметрами рельсовых линий. – Самара: СамГАПС, 2003. – 118 с.
89. Яворский Б.М., Пинский А.А. Основы физики. Т.1. – М.: Наука, 1974. – 496 с.
90. Соболев Ю.В., Бабаев М.М., Давиденко М.Г. Теорія електричних і магнітних кіл: Навч. посіб. – Харків: ХФВ «Транспорт України», 2002. – 264 с.
91. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высш. школа, 2003. – 462 с.
92. Каллер М.Я., Соболев Ю.В., Богданов А.Г. Теория линейных электрических цепей железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. – М.: Транспорт, 1987. – 336 с.
93. Коломбет Е.А. Микроэлектронные средства обработки аналоговых сигналов. – М.: Радио и связь, 1991. – 376 с.

94. Бронников В.Н., Поддубняк В.И., Ларин В.Ю. Метод уменьшения размерности признакового пространства распознаваемых объектов // Радиоэлектроника. – 2005. – № 2. – С. 69-72.
95. Современная теория фильтров и их проектирование / Под ред. Г. Темеша и С. Митра. – М.: Мир, 1977. – 560 с.
96. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб: Питер, 2003. – 604 с.
97. Цифровые фильтры в электросвязи / Под ред. Л.М. Гольденберга. – М.: Радио и связь, 1982. – 224 с.
98. Хемминг Р.В. Цифровые фильтры. – М.: Сов.радио, 1980. – 224с.
99. Основы теории цепей / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. – М.: Энергия, 1975. – 750 с.
100. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. – М.: Радио и связь, 1983. – 320 с.
101. Фалькович С.Е., Хомяков Э.Н. Статистическая теория измерительных радиосистем. – М.: Радио и связь, 1981. – 288 с.
102. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Кн. 1. – М.: Сов. Радио, 1974. – 552 с.
103. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Кн. 2. – М.: Сов. Радио, 1975. – 392 с.
104. Статистическая радиотехника: Примеры и задачи / Под ред. В.И. Тихонова.- М.: Сов. Радио, 1980. – 544с.
105. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Сов. радио, 1971. – 671 с.
106. Бронников В.Н., Поддубняк В.И. Оценка помехоустойчивости и эффективности передачи сообщений с помощью модифицированной относительной фазоамплитудной модуляции и малоуровневого квантования // Искусственный интеллект. – 2005. – № 4. – С. 678-681.
107. Справочник по специальным функциям / Под ред. М. Абрамовица и И. Стиган. – М.: Наука, 1979. – 832 с.

108. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Наука; Лейпциг: Тойбнер, 1981. – 720 с.

109. Воеводин В.В., Кузнецов Ю.А. Матрицы и вычисления. – М.: Наука, 1984. – 320 с.

110. Кей С.М., Марпл С.Л. Современные методы спектрального анализа: обзор // Труды ин-та инженеров по электротехнике и электронике. Т. 69. – 1981, № 11. – С. 5-51.

111. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. Основные методы. – М.: Мир, 1982. – 428 с.

112. Марпл–мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990. – 584 с.

113. Хорн Р., Джонсон Ч. Матричный анализ. – М.: Мир, 1989. – 655 с.

114. Лінійні електричні кола пристроїв автоматики та зв'язку / М.М. Бабаєв, М.Г. Давиденко, Г.І. Загарій та ін.: Підручник. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. - 286 с.

115. Левин Б.Р., Шварц В. Вероятностные модели и методы в системах связи и управления. – М: Радио и связь, 1985. – 312 с.

116. Лавров А.С., Резников Г.Б. Антенно-фидерные устройства. – М.: Сов. Радио, 1974. – 368 с.

117. Электрические измерения / Байда Л.И., Добротворский Н.С., Душин Е.М. и др.; Под ред. А.В. Фремке и Е.М. Душина. – Л.: Энергия, 1980. – 392 с.

118. Соболев Ю.В., Ананьева О.М. Аналіз структури та параметрів сигналів колійних перетворювачів систем інтервального регулювання рухом поїздів // Перспективи розвитку рухомого складу залізниць: Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вип.76. - С.205-212;

119. Соболев Ю.В., Ананьева О.М. Синтез квазіоптимальних вимірювачів інформаційних сигналів колійних перетворювачів систем залізничної автоматики// Телекомунікаційні системи та мережі на

залізничному транспорту: Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вип.78. - С.184-195;

120. Ананьєва О.М. Синтез координатних систем інтервального регулювання рухом поїздів. Частина 1. Моделювання процесів управління // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2006. – № 2. – С. 63-66.

121. Ананьєва О.М. Частотний метод виміру швидкості руху шунта в тональних рейкових колах // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – Вип. 80. – С.149-155

122. Ананьєва О.М. Удосконалення засобів інтервального регулювання рухом поїздів. Частина 2. Визначення рухомих одиниць шляхом обробки послідовності оцінок осей // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2007. – № 1. – С. 68-71.

123. Соколов Ю.В., Ананьєва О.М. Моделювання відбитої хвилі напруження сигнального струму рейкового кола // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2007. – № 5,6. – С. 74-81.

124. Ананьєва О.М. Удосконалення засобів інтервального регулювання рухом поїздів // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2006. – № 4. – С. 15-18..

125. Ананьєва О.М. Анализ систем идентификации подвижного состава при ускоренном и скоростном движении поездов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. Матеріали 17-ї міжнародної науково-технічної конференції, м. Алушта, 20-25 вересня 2004. – 2004. – №4,5 – С.105.

126. Ананьєва О.М. Вероятностные характеристики двухдатчикового устройства // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. Матеріали 18-ї міжнародної науково-технічної конференції, м. Алушта. – 2005. – №5 – С.119.

127. Ананьєва О.М. Удосконалення технічних засобів автоматичного управління та інтервального регулювання рухом поїздів // Інформаційно-

керуючі системи на залізничному транспорті. Матеріали 19-й міжнародної школи-семинара, г. Алушта, 11-16 сентября 2006. –2006. – № 4 (додаток). – С. 3.

128. Кошевий С.В., Ананьєва О.М., Бойнік А.Б. Вимоги до сучасних систем інтервального регулювання руху поїздів. // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: Тезисы LXVI Международной научно-практической конференции. – Днепропетровск: ДИИТ, 2006. – С. 321.

129. Кошевий С.В., Соколов Ю.В., Ананьєва О.М. Основні напрямки розвитку засобів залізничної автоматики з урахуванням класу та категорії залізничних ліній. // Электромагнитная совместимость на железнодорожном транспорте: Тезисы 1 Международной научно-практической конференции. – Днепропетровск: ДИИТ, 2007. – С. 69.

130. Ананьєва О.М. Реалізація процедури формування сукупності даних про „фізичний образ” рухомого складу на основі нейромережних модельних структур // Ресурсозберігаючі технології в експлуатації засобів транспорту в умовах реформування залізниць України: Тези Першої міжнародної конференції, м. Євпаторія, 22-25 травня 2007 р. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – С. 49-50.

131. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: Учеб. / Под ред. Н.Д. Егупова; изд. 2-ое. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 744 с.

132. Балашов Е.П. Эволюционный синтез систем. – М.: Радио и связь, 1985. – 328 с.

133. Справочник по теоретическим основам радиоэлектроники: В 2 т. / Под ред. Б.Х. Кривицкого, В.Н. Дулина. – М.: Энергия, 1977. – 504 с. – Т.1.

134. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов: [Справочник]. –М: Радио и связь, 1985. – 312 с.

135. Егоров О.И. Метод определения осности и количества подвижных единиц в отцепе // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1999. - №4. – С. 6-8. Бюл. № 37-38.

136. Пат. 2000975 Россия, МКИ⁵ В 61L1/16. Способ счета вагонов: Пат. 2000975 Россия, МКИ⁵ В 61L1/16 В.М. Банников, Ю.Н. Котов, А.В. Понкин, И.В. Чуриков; Уральское ПКБ «Деталь». - № 4926548/11; Заявл. 08.04.91; Оpubл. 15.10.93,

137. Дмитриев В.А., Зеленков В.И., Шишков А.Д. Экономика промышленного железнодорожного транспорта / Под ред. В.А. Дмитриева. – М.: Транспорт, 1989. – 360 с.

138. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: Навч. посіб. / Є.І. Балака, О.І. Зоріна, Н.М. Колесникова та ін. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – 210 с.