

Український державний університет залізничного транспорту
Міністерства освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту
Міністерства освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

АНАНЬЄВА ОЛЬГА МИХАЙЛІВНА

УДК 621.391:681.518

ДИСЕРТАЦІЯ

РОЗВИТОК ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ПОБУДОВИ ЗАВАДОСТІЙКИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту
27 – транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____О.М. Ананьєва

Науковий консультант

Панченко Сергій Володимирович
доктор технічних наук, професор

Харків 2018

АНОТАЦІЯ

Ананьєва О.М. Розвиток теоретичних основ побудови завадостійких систем управління залізничним транспортом – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» (27 – «Транспорт»). – Український державний університет залізничного транспорту, МОН України, Харків, 2018.

Дисертація присвячена вирішенню науково-прикладної проблеми побудови завадостійких систем управління залізничним транспортом шляхом подальшого розвитку науково обгрунтованих методів, моделей, технічних засобів та стратегій прогнозування процесу розповсюдження, передачі, прийому та обробки інформаційних сигналів в каналах зв'язку систем залізничної автоматики.

Встановлено, що при швидкісному й високошвидкісному русі на безпеку залізничного транспорту значно впливає надійна робота існуючих систем інтервального регулювання руху поїздів, тональних рейкових кіл, систем автоматичної локомотивної сигналізації, небажані електромагнітні процеси в яких можуть відбуватися через неконтрольовані флуктуації параметрів у їхніх каналах зв'язку. Проведено теоретичні дослідження характеру розподілу магнітного поля, що створено рейковою ниткою, та встановлено аналітичні залежності параметрів даного поля від його геометричних розмірів і намагніченості, що дало змогу визначити вплив неоднорідностей рейкової лінії на розповсюдження інформаційних сигналів у рейкових колах та каналах зв'язку систем автоматичної локомотивної сигналізації. Встановлено електромагнітний зв'язок між рухомим складом і рейками для випадку, коли рейкове полотно і транспортний засіб переміщуються один відносно одного зі швидкістю руху поїзда, а саме – при переході від інерційної системи відліку, пов'язаної із транспортним засобом, до інерційної системи відліку, розташованої на залізничному полотні, усі

вектори електромагнітного поля змінюють свою величину й напрямок. Незмінними залишаються тільки «поздовжні компоненти», тобто компоненти за напрямком відносного руху.

Проведено теоретичні дослідження взаємної кореляції компонентів завад роботі тональних рейкових з метою виявлення умов, при яких крос-кореляційні компоненти завад, що впливають на підсумкові оцінки параметрів корисного сигналу й самих завад, мають знехтувано малий вплив на зазначені підсумкові оцінки, що дало змогу розробити завадостійкі пристрої прийому та обробки інформаційних сигналів рейкових кіл.

Побудовано математичну модель базового процесу приймання числових кодів автоматичної локомотивної сигналізації, а саме протікання струму крізь рейкову лінію у перерізі приймання, яка припускає частотний метод аналізу електромагнітних параметрів рейкових кіл і на відміну від існуючих дозволяє отримати схему заміщення блок-діляниці у вигляді структури, яка враховує як електричні властивості рейкової лінії, так і динаміку руху поїзда.

Розроблено узагальнену динамічну модель каналу передачі сигналів автоматичної локомотивної сигналізації, яка враховує рух поїзда і на відміну від існуючих дала змогу встановити залежність впливу швидкості руху поїздів на роботу систем автоматичного керування рухомим складом.

Отримано математичну модель для часової залежності струму шунта при русі локомотива на підділянці прямої колії з урахуванням його електромагнітного зв'язку з підділянкою відгалуження, що на відміну від існуючих дозволила визначити комплексну передатну функцію по струму контрольованої діляниці з урахуванням частотної залежності опорів і діючого значення розглянутої гармоніки електрорушійної сили генератора.

Отримано математичну модель двокомпонентної адитивної завади у вигляді марківського процесу, що дало можливість врахувати її вплив на роботу систем управління залізничним транспортом при синтезі завадостійких пристроїв приймання числових кодів автоматичної

локомотивної сигналізації та інформаційних сигналів тональних рейкових кіл.

Виконано синтез приймача числових кодів автоматичної локомотивної сигналізації, що спостерігаються на фоні двокомпонентної гауссівської марківської завади, у якого операції обчислення зваженої кореляційної суми й зваженої енергетичної суми базуються на використанні нелінійних інерційних перетворювачів. При цьому отримано математичні вирази для перетворень над відліками напруги спостережуваної суміші сигналу й завади.

Отримано критерій оптимальності обробки адитивної суміші кодових сигналів автоматичної локомотивної сигналізації й трикомпонентної завади, що дало змогу на основі реалістичних припущень про статистичні взаємозв'язки сигналу й компонент завади встановити, що цільова функція являє собою взятую зі зворотним знаком суму, у якій кількість доданків обмежена кількістю ізольованих логарифмів відношення правдоподібності й поправкових функцій.

Синтезовано пристрій обробки числових кодів автоматичної локомотивної сигналізації в умовах адитивного впливу імпульсної завади, безперервної завади від лінії електропередач і безперервного гауссівського шуму, у якому реалізовано метод спільної оцінки параметрів сигналу й структурно детермінованих завад. Пристрій є гнучким до зміни параметрів завад і виконує розпізнавання прийнятого інформаційного сигналу шляхом багатопараметричної мінімізації цільової функції, що дозволило забезпечити скорочення обчислювальних витрат шляхом багатокрокової редукції розмірності та високу завадостійкість розрізнення кодових сигналів у широкому діапазоні параметрів завад.

Результати окремих розділів дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі на кафедрі автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів, кафедрі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки і Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Українського державного університету залізничного транспорту при

підготовці начальників, заступників начальників, головних інженерів служб сигналізації та зв'язку. Основні наукові результати дисертації передані для впровадження в 2016–2017 рр. на ДП «Південна залізниця» на ділянках прискореного руху Гребінка–Полтава та Полтава–Лозова, а саме:

1. Методи дослідження взаємної кореляції компонентів завад роботі ТРК.
2. Математичні моделі базового процесу приймання числових кодів АЛСН.
3. Методи аналізу завадозахищеності індуктивних каналів передачі сигналів АЛСН.
4. Методи підвищення завадостійкості пристроїв приймання та обробки числових кодів АЛСН в умовах адитивного впливу імпульсної завади, безперервної завади від лінії електропередач і безперервного гауссівського шуму.
5. Рекомендації з оптимальної обробки адитивної суміші сигналів АЛСН й трикомпонентної завади.

Упровадження вищевказаних розробок дає змогу зменшити збитки від затримок поїздів внаслідок відмов пристроїв СЦБ, які залежно від їхнього характеру призводять до порушень графіка руху поїздів. Очікується, що загальна сума економічного ефекту від впровадження запропонованих методів та засобів побудови завадостійких систем управління залізничним транспортом і застосування їх протягом шести років складатиме 3230,7 тис. грн.

Ключові слова: рухомий склад, рейкова лінія, електромагнітна завада, тяговий струм, індуктивний канал зв'язку, числовий код, математична модель.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні наукові праці

1. Соболев Ю. В., Давиденко М. Г., Ананьева О. М., Сотник В. О. Математична модель каналу передачі сигналів числового коду АЛСН. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2010. № 119. С. 78-88.
2. Ананьева О. М. Динамічна модель каналу передачі сигналів АЛСН. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2011. № 121. С. 120-132.
3. Ананьева О. М. Математична модель блок-ділянки рейкового кола як формувача струму в перерізі приймання сигналів АЛСН. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2011. № 122. С. 43-51.
4. Ананьева О. М., Сотник В. О. Вплив неоднорідностей рейкової лінії на приймання сигналів АЛСН. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2011. № 124. С. 77-83.
5. Ананьева О. М., Сотник В. О., Соболев Ю. В. Математична модель вхідного сигнального струму локомотивного приймача числових кодів АЛСН. *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту*. 2011. № 26. С. 67-70.
6. Ананьева О. М., Давиденко М. Г., Сотник В. О., Бабаєв М. М. Часові характеристики струму шунта та електрорушійної сили локомотивних котушок системи АЛСН. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2011. № 127. С. 56-78.
7. Придубков П. Я., Прогонный А. Н., Ананьева О. М. Магнитное поле рельсовых цепей и электромагнитные параметры систем транспортных средств. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2012. № 128. С. 174-181.
8. Бабаєв М. М., Ананьева О. М., Давиденко, М. Г., Сотник В. О. Математична модель каналу передачі сигналів числових кодів АЛСН. *Збірник*

наукових праць Української державної академії залізничного транспорту.
2012. № 134. С. 187-198.

Публікації у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз

9. Ананьева О. М., Давиденко М. Г. Временные зависимости сигнального тока локомотивного приемника числовых кодов АЛСН. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту.* 2015. № 154. С. 126-135.

10. Ананьева О. М., Давиденко М. Г. Прием сигналов АЛСН в условиях действия двухкомпонентной помехи. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.* 2015. № 5. С. 52-56.

11. Ананьева О. М., Давиденко М. Г. Синтез нелинейного приемника сигналов АЛСН в условиях действия аддитивной двухкомпонентной помехи. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.* 2015. № 6. С. 46-50.

12. Ананьева О. М., Давиденко М. Г., Бабаев М. М. Математическая модель двухкомпонентной аддитивной помехи в виде марковского процесса. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.* 2016. № 4. С. 20-24.

13. Ананьева О. М., Давиденко М. Г., Бабаев М. М. Виды и параметры помех, действующих в канале связи системы автоматической локомотивной сигнализации. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту.* 2016. № 163. С. 20-25.

14. Ананьева О. М., Давиденко М. Г., Бабаев М. М. Аппроксимация функции правдоподобия аддитивной смеси сигнала и двухкомпонентной помехи. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.* 2016. № 5. С. 9-13.

15. Панченко С. В., Ананьева О. М., Давиденко М. Г., Бабаев М. М. Инженерная интерпретация функции правдоподобия аддитивной смеси сигнала и двухкомпонентной помехи. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2017. № 1. С. 3-11.

16. Ananieva O., Babaiev M., Blyndiuk V., Davidenko M. Design of a device for optimal reception of signals against the background of a two-component Markov interference *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 6, Issue 9 (90). P. 4 – 9. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.118869 (видання індексується у базі Scopus).

17. Ананьева О. М. Математическая модель смеси сигнала и многокомпонентной помехи на входе путевых устройств железнодорожной автоматики. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. – № 6. 2017. С. 16-19.

18. Ананьева О. М. Приём информационных сигналов систем железнодорожной автоматики в условиях действия трёхкомпонентной помехи. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. № 1. 2018. С. 24-28.

Патенти

19. Рельсове коло: пат. на винахід 101093 Україна. МПК В 61 L 23/00 / Бабаєв М. М., Кошевий С. В., Сотник В. О., Романчук В. Б., Ананьева О. М., Саяпіна І. О.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № а 2011 10949; заявл. 13.09.2011; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4. 5 с.

20. Пристрій для прийому сигналу з рейкового кола: пат. на винахід 105586 Україна. МПК В 61 L 23/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Чепцов М. М., Ананьева О. М., Саяпіна І. О.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № а 2013 04049; заявл. 01.04.2013; опубл. 26.05.2014, Бюл. № 10. 4 с.

21. Індуктивно-дротовий датчик для виявлення транспортного засобу в межах певної ділянки шляху: пат. на винахід 101096 Україна. МПК В 61 L 1/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Ананьєва О. М., Гребенюк В. Ю.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № а 201111355 заявл. 26.09.2011; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4. 5 с.

Праці апробаційного характеру

22. Ананьєва О. М. Формування сукупності інформаційних даних про склад і параметри руху поїздів. *Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины*. Матеріали 22-ї міжнародної науково-практичної конференції, (м. Алушта, вересень 2009 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2009. № 4 (додаток). С. 9.

23. Ананьєва О. М. Давиденко М. Г., Сотник В. О. Математичні моделі каналу передачі сигналів числових кодів автоматичної локомотивної сигналізації. *Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте*. Тезисы IV Международной научно-практической конференции (15-19 февраля 2011 г.). Днепропетровск: ДНУЖТ, 2011. С. 8.

24. Ананьєва О. М. Модель каналу передачі сигналів автоматичної локомотивної сигналізації. *Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины*. Матеріали 24-ї міжнародної науково-практичної конференції (м. Алушта, вересень 2011 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2011. № 5. С. 121.

25. Ананьєва О. М., Сотник В. О. Математична модель вхідного сигналу локомотивного приймача системи АЛСН. *Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железных дорог Украины*. Материалы стендовых докладов 25

международной конференции (м. Алушта, 24-29 вересня 2012 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2012. № 4 (додаток). С. 111.

26. Ананьєва О. М. Математичні моделі блок-ділянки рейкового кола як формувача струму в перерізі приймання сигналів АЛСН. *Внедрение перспективных микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и средств телекоммуникаций на базе цифровизации*. Тезиси докладов 26 международной научно-практической конференции (м. Алушта, 23-28 вересня 2013 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2013. № 4 (додаток). С. 98.

27. Ананьєва О. М. Дослідження додаткових інформаційних ознак стану рейкової лінії за рахунок удосконалення безперервних колійних перетворювачів. Тези доповідей 75-ї міжнародної науково-технічної конференції (м. Харків, 24-25 квітня 2013 р.). *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2013. № 136. С. 286-287.

28. Ананьєва О. М. Методи та моделі прогнозування ефективності роботи систем залізничної автоматики. Тези доповідей 76 міжнародної науково-практичної конференції (15-17 квітня 2014 р.). *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2014. № 143 (додаток). С. 230.

29. Ананьєва О. М. Динамічна модель каналу передачі сигналів АЛСН. Тезиси докладов 27 международной научно-практической конференции (м. Харків, 24-26 вересня 2014 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2014. № 4 (додаток). С. 57.

30. Ананьєва О. М. Формування сукупності інформаційних даних про склад і параметри руху поїздів. Тезиси докладов 28 международной научно-практической конференции (м. Харків, вересень 2015 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2015. № 4 (додаток). С. 48.

31. Ананьева О. М. Методи та моделі прогнозування ефективних параметрів керування рухомим складом залізничного транспорту. Тези доповідей 78 міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 26-28 жовтня 2016 р.). *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2016. № 160 (додаток). С. 31.

32. Ананьева О. М. Синтез нелинейного приемника числовых кодов автоматической локомотивной сигнализации. Матеріали стендових доповідей 29 міжнародної науково-практичної конференції (27-29 вересня 2016 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2016. № 4 (додаток). С. 13-14.

33. Ананьева О. М., Давиденко М. Г., Бабаев М. М. Синтез базовых узлов устройства оптимального приёма сигнала на фоне двухкомпонентной марковской помехи (м. Херсон, 29 вересня 2017 р.). *Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування*. Матеріали 8-ї міжнародної науково-практичної конференції. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2017. С. 383-386.

34. Ананьева О. М. Оптимальный прием сигналов на фоне двухкомпонентной марковской помехи. *Інформатика, управління та штучний інтелект*. Матеріали четвертої міжнародної науково-технічної конференції студентів, магістрів та аспірантів (м. Харків, НТУ «ХПІ», 21-23 листопада 2017 р.). Харків: НТУ «ХПІ», 2017. С. 8.

35. Ананьева О. М. Принципи побудови завадостійких систем залізничної автоматики *Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті*. Тези доповідей 79 міжнародної науково-технічної конференції (м. Харків, 25-27 квітня 2017 р.). *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2017. № 169 (додаток). С. 111-112.

Додаткові праці

36. Ананьева О. М. Оцінка параметрів хвильових сигналів тональних рейкових кіл. *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту*. 2009. № 17. С. 55-61.

37. Ананьева О. М. Контроль ефективності експлуатації тональних рейкових кіл систем інтервального регулювання рухом поїздів. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2009. № 94. С. 116-120.

38. Ананьева О. М. Підвищення ефективності роботи засобів інтервального регулювання рухом поїздів. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2009. № 102. С. 209-215.

39. Ананьева О. М. Оцінка параметрів відбитого сигналу, обумовленого наявністю тріщини у рейках. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2010. № 113. С. 56-61.

40. Ананьева О.М. Синтез пристрою оцінки хвильових параметрів тональних рейкових кіл. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2010. № 116. С. 116-120.

41. Пристрій контролю проходження відчепа: пат. на винахід 75537 Україна. МПК В 61 L 1/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Чепцов М. М., Давиденко М. Г., Ананьева О. М., Гребенюк В. Ю.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № и 201204385; заявл. 09.04.2012; опубл. 10.12.2012, Бюл. №23. 5 с.

42. Пристрій для контролю проходження відчепа: пат. на винахід 102472 Україна. МПК В 61 L 1/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Чепцов М. М., Давиденко М. Г., Ананьева О. М., Гребенюк В. Ю.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № а 201204243; заявл. 25.09.2012; опубл. 10.07.2013, Бюл. №13. 5 с.

43. Колійний індуктивний датчик: пат. на винахід 102929 Україна. МПК В 61 L 1/00 В 61 L 25/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Чепцов М. М., Давиденко М. Г., Ананьева О. М., Прилипко А. А.; власник Українська

державна академія залізничного транспорту. № а 2012 04102; заявл. 03.04.2012; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 16. 5 с.

44. Стрілочний електропривід: пат. на винахід 101436 Україна. МПК H04K 3/00 H03J 7/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Ананьєва О. М., Богатир Ю. І.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № а201201334; заявл. 23.09.2011; опубл. 25.03.2012, Бюл. № 6. 5 с.

45. Рейкове коло : пат. на корисну модель 68742 Україна. МПК В 61 L 23/00 / Бабаєв М. М., Кошевий С. В., Сотник В. О., Романчук В. Б., Ананьєва О. М., Саяпіна І. О.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № и 2011 11106; заявл. 19.09.2011; опубл. 10.04.2012, Бюл. № 7. 5 с.

46. Колійний індуктивний датчик: пат. на корисну модель 75961 Україна. МПК В 61 L 1/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Чепцов М. М., Давиденко М. Г., Ананьєва О. М., Прилипко А. А.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № и 2012 04231; заявл. 05.04.2012; опубл. 25.12.2012, Бюл. № 24. 5 с.

47. Індуктивно-дротовий датчик для виявлення транспортного засобу в межах певної ділянки шляху: пат. на корисну модель 69618 Україна. МПК В 61 L 1/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Ананьєва О. М., Гребенюк В. Ю.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № и 201111537; заявл. 29.09.2011; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 9. 4 с.

48. Стрілочний електропривід: пат. на корисну модель 68099 Україна. МПК В61L 5/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Ананьєва О. М., Богатир Ю. І.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № и201111437; заявл. 28.09.2011; опубл. 12.03.2012, Бюл. №5. 5 с.

ABSTRACT

Ananieva O.M. Development of theoretical bases of creation of noiseproof control systems of railway transport – Qualification scientific work as the manuscript.

The thesis on receiving scientific degree of the Doctor of Engineering in the specialty 05.22.20 – «Operation and repair of transport» (27 – Transport). – Ukrainian state university of railway transport, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2018.

The thesis is devoted to the solution of the scientific and applied problem of constructing noise-resistant railway transport control systems by further developing scientifically based methods, models, technical means and strategies for predicting the process of distributing, transmitting, receiving and processing information signals in communication channels of railway automation systems.

It is established that at the high-speed and high-speed movement safety of railway transport is influenced considerably by reliable work of the existing systems of interval handling of traffic of trains, voice track circuits, systems of automatic cab signaling in which undesirable electromagnetic processes can happen because of uncontrollable fluctuations of parameters in their communicating channels. Theoretical researches of nature of distribution of magnetic field which is created by rail thread are conducted, and analytical dependences of parameters of this field on its geometrical sizes and magnetization are established that has given the chance to define influence of not uniformity of the rail line on distribution of information signals in track circuits and communicating channels of systems of automatic cab signaling. Electromagnetic connection between the rolling stock and rails for case when the rail cloth and the vehicle move one concerning another with train speed, namely - is established upon transition from the inertial reference system connected with the vehicle to the inertial reference system located on railroad body, all vectors of electromagnetic field change the size and the direction. Invariable are only "longitudinal components", that is components in the direction of the relative movement.

Theoretical researches of mutual correlation of components of hindrances to work of tone conditions, rail for the purpose of identification, under which cross-correlation components of hindrances which influence final estimates of parameters of useful signal and hindrances have negligible impact on the specified final estimates that has given the chance to develop noiseproof devices of reception and processing of information signals of track circuits are conducted.

The mathematical model of basic process of reception of numerical codes of automatic cab signaling, namely course of current through the rail line in the reception section which assumes frequency method of the analysis of electromagnetic parameters of track circuits is constructed and unlike existing allows to receive the equivalent circuit of the block site in the form of structure which considers, both electric properties of the rail line, and dynamics of train movements.

The developed generalized dynamic model of transmission channel of signals of automatic cab signaling which considers train movements and unlike existing has given the chance to establish dependence of influence of motion speed of trains for work of systems of autocontrol of the rolling stock.

The mathematical model for temporary dependence of current of the shunt at the movement of the locomotive on subsection of straight track taking into account its electromagnetic communication with branch subsection is received that unlike existing has allowed to determine complex transfer function by current of the controlled site taking into account frequency dependence of resistance and the operating value of the considered harmonic of the electromotive force of the generator.

The mathematical model of two-component additive hindrance in the form of Markov process is received that has given the chance to consider its impact on work of control systems of railway transport at synthesis of noiseproof devices of reception of numerical codes of automatic cab signaling and information signals of voice track circuits.

Synthesis of the receiver of numerical codes of automatic cab signaling which are observed against the background of two-component Gaussian Markov hindrance, which has operations of calculation of the weighed correlation sum and the weighed power sum is executed are based on use of nonlinear inertial converters. At the same time mathematical expressions for transformations over counting of tension of observed mix of signal and hindrance are received.

Optimality criterion of processing of additive mix of code signals of automatic cab signaling and three-component hindrance is received that has given the chance on the basis of realistic assumptions of statistical interrelations of signal and component of hindrance to establish that criterion function represents the sum taken with the return sign in which the quantity of composed is limited quantity of the isolated logarithms of the relation of credibility and correction functions.

The processing device of numerical codes of automatic cab signaling in the conditions of additive influence of pulse hindrance, continuous hindrance from the power line and continuous Gaussian noise in which the method of the general assessment of parameters of signal and the structural determined hindrances is realized is synthesized. The device is flexible to change of parameters of hindrances and carries out recognition of the accepted information signal by multiple parameter minimization of criterion function that has allowed to provide reduction of computing expenses by multistep reduction of dimension and high noise stability of distinguishing of code signals in broad band of parameters of hindrances.

Results of separate sections of dissertation work are used in educational process at department of automatic equipment and computer telecontrol by train movements, department of power industry, electrical equipment and electromechanics and Institute of retraining and professional development of shots of the Ukrainian state university of railway transport when training chiefs, deputy chiefs, chief engineers of services of the alarm system and communication. The main scientific results of the thesis are transferred for implementation in 2016-2017 to branch "South Railway" of JSC "Ukrzaliznytsia" for application on the sections of high-speed running Hrebinka – Poltava and Poltava-Lozova namely:

1. Methods of research of mutual correlation of components of hindrances to work of Broadcasting Company.

2. Mathematical models of basic process of reception of the ALSN numerical codes.

3. Methods of the analysis of noise immunity of inductive transmission channels of signals of ALSN.

4. Methods of increase in noise stability of devices of reception and processing of the ALSN numerical codes in the conditions of additive influence of pulse hindrance, continuous hindrance from the power line and continuous Gaussian noise.

5. Recommendations about optimum processing of additive mix of signals of ALSN and three-component hindrance.

Implementation of the above-stated developments gives the chance to reduce losses from delays of trains owing to refusals of signaling arrangements which depending on their character, lead to violations of graphic time-table. It is expected that the total amount of economic effect of implementation of the offered methods and construction tools of noiseproof control systems of railway transport and application them within six years will make 3230,7 thousand UAH.

Keywords: rolling stock, rail line, traction current, mathematical model, signal, communicating channel, hindrance, power transmission line.

List of contributions Issued scientific works which present the main scientific results of Dissertation research

Scientific works are in professional editions

1. Soboliev Yu. V., Davidenko M. H., Ananieva O. M., Sotnyk V. O. Matematychna model kanalu peredachi syhnaliv chyslovoho kodu ALSN. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu*. 2010. № 119. C. 78-88.

2. Ananieva O. M. Dynamichna model kanalu peredachi syhnaliv ALSN. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu*. 2011. № 121. S. 120-132.

3. Ananieva O. M. Matematychna model blok-dilnytsi reikovooho kola yak formuvacha strumu v pererizi pryimannia syhnaliv ALSN. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu*. 2011. № 122. S. 43-51.

4. Ananieva O. M., Sotnyk V. O. Vplyv neodnorodnosti reikovoii linii na pryimannia syhnaliv ALSN. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu*. 2011. № 124. S. 77-83.

5. Ananieva O. M., Sotnyk V. O., Soboliev Yu. V. Matematychna model vkhidnoho syhnalnoho strumu lokomotyvnoho pryimacha chyslovykh kodiv ALSN. *Zbirnyk naukovykh prats Donetskoho instytutu zaliznychnoho transportu*. 2011. № 26. S. 67-70.

6. Ananieva O. M., Davidenko M. H., Sotnyk V. O., Babaiev M. M. Chasovi kharakterystyky strumu shunta ta elektrorushiinoi syly lokomotyvnykh kotushok systemy ALSN. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu*. 2011. № 127. S. 56-78.

7. Prydubkov P. Ya., Prohonniiy A. N., Ananieva O. M. Mahnytnoe pole relsovikh tsepei y elektromahnytnie parametri system transportnykh sredstv. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu*. 2012. № 128. S. 174-181.

8. Babaiev M. M., Ananieva O. M., Davidenko, M. H., Sotnyk V. O. Matematychna model kanalu peredachi syhnaliv chyslovykh kodiv ALSN. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu*. 2012. № 134. S. 187-198.

Publications in editions of Ukraine which are included in the international scientometric bases

9. Ananieva O. M., Davidenko M. H. Vremennye zavisimosti signalnogo toka lokomotivnogo priemnika chislovykh kodov ALSN. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transportu*. 2015. № 154. S. 126-135.

10. Ananieva O. M., Davidenko M. H. Priem signalov ALSN v usloviakh deistviia dvukhkomponentnoi pomekhi. *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*. 2015. № 5. S. 52-56.

11. Ananieva O. M., Davidenko M. H. Sintez nelineinogo priemnika signalov ALSN v usloviakh deistviia additivnoi dvukhkomponentnoi pomekhi. *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*. 2015. № 6. S. 46-50.

12. Ananieva O. M., Davidenko M. H., Babaiev M. M. Matematycheskaia model dvukhkomponentnoi addytyvnoi pomekhy v vyde markovskoho protsessa. *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*. 2016. № 4. S. 20-24.

13. Ananieva O. M., Davidenko M. H., Babaiev M. M. Vidy i parametry pomekh deistvuiushchikh v kanale sviazi systemy avtomaticheskoi lokomotivnoi signalizatsii. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transportu*. 2016. № 163. S. 20-25.

14. Ananieva O. M., Davidenko M. H., Babaiev M. M. Approksymatsyia funktsyy pravdopodobyia addytyvnoi smesy syhnala y dvukhkomponentnoi pomekhy. *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*. 2016. № 5. S. 9-13.

15. Panchenko S. V., Ananieva O. M., Davidenko M. H., Babaiev M. M. Inzhenernaia interpretatsiia funktsii pravdopodobiia additivnoi smesi signala i dvukhkomponentnoi pomekhi. *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*. 2017. № 1. S. 3-11.

16. Ananieva O., Babaiev M., Blyndiuk V., Davidenko M. Design of a device for optimal reception of signals against the background of a two-component Markov interference *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 6, Issue 9 (90). P. 4 – 9. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.118869 (vydannia indeksuietsia u bazi Scopus).

17. Ananieva O. M. Matematicheskaia model smesi signala i mnogokomponentnoi pomekhi na vkhode putevykh ustroistv zheleznodorozhnoi avtomatiki. *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*. – № 6. 2017. S. 16-19.

18. Ananieva O. M. Priem informatsionnykh signalov sistem zheleznodorozhnoi avtomatiki v usloviiakh deistviia trekhkomponentnoi pomekhi. *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*. № 1. 2018. S. 24-28.

Patents

19. Relsove kolo: pat. na vynakhid 101093 Ukraina. MPK B 61 L 23/00 / Babaiev M. M., Koshevyi S. V., Sotnyk V. O., Romanchuk V. B., Ananieva O. M., Saiapina I. O.; vlasnyk Ukrainska derzhavna akademiia zaliznychnoho transportu. № a 2011 10949; zaiavl. 13.09.2011; opubl. 25.02.2013, Biul. № 4. 5 s.

20. Prystrij dlia pryjomu syhnalu z reikovooho kola: pat. na vynakhid 105586 Ukraina. MPK B 61 L 23/00 / Babaiev M. M., Blyndiuk V. S., Cheptsov M. M., Ananieva O. M., Saiapina I. O.; vlasnyk Ukrainska derzhavna akademiia zaliznychnoho transportu. № a 2013 04049; zaiavl. 01.04.2013; opubl. 26.05.2014, Biul. № 10. 4 s.

21. Induktyvno-drotovyi datchyk dlia vyjavlennia transportnoho zasobu v mezhakh pevnoi dilianky shliakhu: pat. na vynakhid 101096 Ukraina. MPK B 61 L

1/00 / Babaiev M. M., Blyndiuk V. S., Ananieva O. M., Hrebenuk V. Yu.; vlasnyk Ukrainiska derzhavna akademiia zaliznychnoho transportu. № a 201111355 zaiavl. 26.09.2011; opubl. 25.02.2013, Biul. № 4. 5 s.

Issues scientific works, testifying the approbation of the research

22. Ananieva O. M. Formuvannia sukupnosti informatsiinykh danykh pro sklad i parametry rukhu poizdiv. *Perspektivnye kompiuternye upravliaiushchie i telekommunikatsionnye sistemy dlia zheleznodorozhnogo transporta Ukrainy*. Materialy 22-i mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, (m. Alushta, veresen 2009 r.). *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*. 2009. № 4 (dodatok). S. 9.

23. Ananieva O. M. Davidenko M. H., Sotnyk V. O. Matematychni modeli kanalu peredachi syhnaliv chyslovykh kodiv avtomatychnoi lokomotyvnoi syhnalizatsii. *Elektromagnitnaia sovmestimost i bezopasnost na zheleznodorozhnom transporte*. Tezisy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (15-19 fevralia 2011 g). Dnepropetrovsk: DNUZT, 2011. S. 8.

24. Ananieva O. M. Model kanalu peredachi syhnaliv avtomatychnoi lokomotyvnoi syhnalizatsii. *Perspektivnye kompiuternye upravliaiushchie i telekommunikatsionnye sistemy dlia zheleznodorozhnogo transporta Ukrainy*. Materialy 24-i mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (m. Alushta, veresen 2011 r.). *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*. 2011. № 5. S. 121.

25. Ananieva O. M., Sotnyk V. O. Matematychna model vkhidnoho syhnalu lokomotyvnoho pryimacha systemy ALSN. *Perspektivnye kompiuternye upravliaiushchie i telekommunikatsionnye sistemy dlia zheleznykh dorog Ukrainy*. Materialy stendovykh dokladov 25 mezhdunarodnoi konferentsii (m. Alushta, 24-29 veresnia 2012 r.). *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*. 2012. № 4 (prylozhenye). S. 111.

26. Ananieva O. M. Matematychni modeli blok-dilnytsi reikovooho kola yak formuvacha strumu v pererizi pryimannia syhnaliv ALSN. *Vnedrenie perspektivnikh mikroprotsessornykh sistem zheleznodorozhnoi avtomatiki i sredstv telekommunikatsii na baze tsifrovizatsii*. Tezisy dokladov 26 mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (m. Alushta, 23-28 veresnia 2013 r.). *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*. 2013. № 4 (dodatok). S. 98.

27. Ananieva O. M. Doslidzhennia dodatkovykh informatsiinykh oznak stanu reikovoii linii za rakhunok udoskonalennia bezperervnykh koliinykh peretvoriuvachiv. Tezy dopovidei 75-i mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii (m. Kharkiv, 24-25 kvitnia 2013 r.). *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainiskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu*. 2013. № 136. S. 286-287.

28. Ananieva O. M. Metody ta modeli prohnozuvannia efektyvnosti roboty system zaliznychnoi avtomatyky. Tezy dopovidei 76 mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainiskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu*. 2014. № 143 (dodatok). S. 230.

29. Ananieva O. M. Dynamichna model kanalu peredachi syhnaliv ALSN. Tezisy dokladov 27 mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (15-17 kvitnia 2014 r.). *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*. 2014. № 4 (dodatok). S. 57.

30. Ananieva O. M. Formuvannia sukupnosti informatsiinykh danykh pro sklad i parametry rukhu poizdiv. Tezisy dokladov 28 mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (m. Kharkiv, 24-26 veresnia 2014 r.). *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*. 2015. № 4 (dodatok). S. 48.

31. Ananieva O. M. Metody ta modeli prohnozuvannia efektyvnykh parametriv keruvannia rukhomym skladom zaliznychnoho transportu. Tezy dopovidei 78 mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainiskoho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transportu*. 2016. № 160 (dodatok). S. 31.

32. Ananieva O. M. Sintez nelineinogo priemnika chislovykh kodov avtomaticheskoi lokomotivnoi signalizatsii. Materialy stendovykh dopovidei 29 mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (27-29 veresnia 2016 r.). *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*. 2016. № 4 (dodatok). S. 13-14.

33. Ananieva O. M., Davidenko M. H., Babaiev M. M. Sintez bazovykh uzlov ustroistva optimalnogo priema signala na fone dvukhkomponentnoi markovskoi pomekhi (m. Kherson, 29 veresnia 2017 r.). *Suchasni enerhetychni ustanovky na transporti, tekhnolohii ta obladnannia dlia yikh obsluhovuvannia*. Materialy 8-i mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. Kherson: Khersonska derzhavna morskakademia, 2017. S. 383-386.

34. Ananieva O. M. Optimalnyi priem signalov na fone dvukhkomponentnoi markovskoi pomekhi. *Informatyka, upravlinnia ta shtuchnyi intelekt*. Materialy chetvertoi mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii studentiv, mahistriv ta aspirantiv. Kharkiv: NTU «KhPI», 2017. S. 8.

35. Ananieva O. M. Pryntsypy pobudovy zavadostiikykh system zaliznychnoi avtomatyky. *Rozvytok naukovoi ta innovatsiinoi diialnosti na transporti*. Tezy dopovidei 79 mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii (m. Kharkiv, NTU «KhPI», 21-23 lystopada 2017 r.). *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transportu*. 2017. № 169 (dodatok). S. 111-112.

36. Ananieva O. M. Otsinka parametriv khvylovykh syhnaliv tonalnykh reikovykh kil. *Zbirnyk naukovykh prats Donetskoho instytutu zaliznychnoho transportu*. 2009. № 17. S. 55-61.

37. Ananieva O. M. Kontrol efektyvnosti ekspluatatsii tonalnykh reikovykh kil system intervalnogo rehuliuвання rukhom poizdiv. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu*. 2009. № 94. S. 116-120.

38. Ananieva O. M. Pidvyshchennia efektyvnosti roboty zasobiv intervalnogo rehuliuвання rukhom poizdiv. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu*. 2009. № 102. S. 209-215.

39. Ananieva O. M. Otsinka parametriv vidbytoho syhnalu, obumovlenoho naiavnistiu trishchyny u reikakh. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu*. 2010. № 113. C. 56-61.

40. Ananieva O.M. Syntez prystroiu otsinky khvylovykh parametriv tonalnykh reikovykh kil. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu*. 2010. № 116. C. 116-120.

41. Prystirii kontroliu prokhodzhennia vidchepa: pat. na vynakhid 75537 Ukraina. MPK B 61 L 1/00 / Babaiev M. M., Blyndiuk V. S., Cheptsov M. M., Davidenko M. H., Ananieva O. M., Hrebenuk V. Yu.; vlasnyk Ukrainiska derzhavna akademiia zaliznychnoho transportu. № u 201204385; zaiavl. 09.04.2012; opubl. 10.12.2012, Biul. №23. 5 s.

42. Prystirii dlia kontroliu prokhodzhennia vidchepa: pat. na vynakhid 102472 Ukraina. MPK B 61 L 1/00 / Babaiev M. M., Blyndiuk V. S., Cheptsov M. M., Davidenko M. H., Ananieva O. M., Hrebenuk V. Yu.; vlasnyk Ukrainiska derzhavna akademiia zaliznychnoho transportu. № a 201204243; zaiavl. 25.09.2012; opubl. 10.07.2013, Biul. №13. 5 s.

43. Koliinyi induktyvnyi datchyk: pat. na vynakhid 102929 Ukraina. MPK B 61 L 1/00 B 61 L 25/00 / Babaiev M. M., Blyndiuk V. S., Cheptsov M. M., Davidenko M. H., Ananieva O. M., Prylypko A. A.; vlasnyk Ukrainiska derzhavna akademiia zaliznychnoho transportu. № a 2012 04102; zaiavl. 03.04.2012; opubl. 27.08.2013, Biul. № 16. 5 s.

44. Strilochnyi elektropryvid: pat. na vynakhid 101436 Ukraina. MPK N04K 3/00 H03J 7/00 / Babaiev M. M., Blyndiuk V. S., Ananieva O. M., Bohatyr Yu. I.; vlasnyk Ukrainiska derzhavna akademiia zaliznychnoho transportu. № a201201334; zaiavl. 23.09.2011; opubl. 25.03.2012, Biul. № 6. 5 s.

45. Reikove kolo : pat. na korysnu model 68742 Ukraina. MPK B 61 L 23/00 / Babaiev M. M., Koshevyi S. V., Sotnyk V. O., Romanchuk V. B., Ananieva O. M., Saiapina I. O.; vlasnyk Ukrainiska derzhavna akademiia zaliznychnoho transportu. № u 2011 11106; zaiavl. 19.09.2011; opubl. 10.04.2012, Biul. № 7. 5 s.

46. Koliinyi induktyvnyi datchyk: pat. na korysnu model 75961 Ukraina. MPK B 61 L 1/00 / Babaiev M. M., Blyndiuk V. S., Cheptsov M. M., Davidenko M. H., Ananieva O. M., Prylypko A. A.; vlasnyk Ukrainiska derzhavna akademiia zaliznychnoho transportu. № u 2012 04231; zaiavl. 05.04.2012; opubl. 25.12.2012, Biul. № 24. 5 s.

47. Induktyvno-drotovy datchyk dlia vyivlennia transportnoho zasobu v mezhakh pevnoi dilianky shliakhu: pat. na korysnu model 69618 Ukraina. MPK B 61 L 1/00 / Babaiev M. M., Blyndiuk V. S., Ananieva O. M., Hrebeniuk V. Yu.; vlasnyk Ukrainiska derzhavna akademiia zaliznychnoho transportu. № u 201111537; zaiavl. 29.09.2011; opubl. 10.05.2012, Biul. № 9. 4 s.

48. Strilochnyi elektropryvid: pat. na korysnu model 68099 Ukraina. MPK V61L 5/00 / Babaiev M. M., Blyndiuk V. S., Ananieva O. M., Bohatyr Yu. I.; vlasnyk Ukrainiska derzhavna akademiia zaliznychnoho transportu. № u201111437; zaiavl. 28.09.2011; opubl. 12.03.2012, Biul. №5. 5 s.

| | |
|---|-----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ | 30 |
| ВСТУП | 32 |
| РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ІНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РУХОМ ПОЇЗДІВ | 44 |
| 1.1. Аналіз методів формування та передачі сигнальної інформації в існуючих системах управління залізничним транспортом | 44 |
| 1.2. Аналіз стану безпеки руху на залізницях України | 65 |
| 1.3. Аналіз та класифікація завад в каналі передачі числових кодів АЛСН | 71 |
| 1.4. Методи та засоби підвищення завадостійкості систем управління залізничним транспортом | 79 |
| 1.5. Висновки до розділу 1 | 93 |
| РОЗДІЛ 2 МОДЕЛЮВАННЯ ДЖЕРЕЛ ПОХОДЖЕННЯ ТА ХАРАКТЕРУ ПОШИРЕННЯ ЗАВАД В ІНДУКТИВНИХ КАНАЛАХ ЗВ'ЯЗКУ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ | 94 |
| 2.1. Дослідження впливу завад на роботу тональних рейкових кіл | 94 |
| 2.1.1. Взаємна кореляція завади у вигляді сигналу суміжного ТРК і завади від струму промислової частоти | 94 |
| 2.1.2. Взаємна кореляція завад у вигляді сигналів суміжних ТРК | 97 |
| 2.2. Динамічна модель каналу передачі сигналів автоматичної локомотивної сигналізації | 100 |
| 2.3. Математична модель блок-дільниці рейкового кола як формувача струму в перерізі приймання сигналів АЛСН | 119 |
| 2.4. Часові залежності сигнального струму локомотивного приймача числових кодів АЛСН | 129 |
| 2.5. Висновки до розділу 2 | 143 |
| РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗАВАД НА ХАРАКТЕР РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЧИСЛОВИХ КОДІВ АЛСН | 144 |
| 3.1. Загальна структура приймача числових кодів АЛСН | 144 |

| | |
|---|------------|
| 3.2. Математична модель сигналу в умовах дії двокомпонентної завади з незалежними відліками | 146 |
| 3.3. Синтез нелінійного приймача сигналів АЛС в умовах дії адитивної двокомпонентної завади | 151 |
| 3.4. Математична модель двокомпонентної адитивної завади у вигляді марківського процесу | 159 |
| 3.5. Висновки до розділу 3 | 168 |
| РОЗДІЛ 4 СИНТЕЗ ПРИСТРОЇВ ОПТИМАЛЬНОГО ПРИЙМАННЯ ЧИСЛОВИХ КОДІВ АЛСН НА ФОНІ ДІЇ ДВОКОМПОНЕНТНОЇ МАРКІВСЬКОЇ ЗАВАДИ | 169 |
| 4.1. Апроксимація функції правдоподібності адитивної суміші сигналу й двокомпонентної завади | 169 |
| 4.2. Інженерна інтерпретація функції правдоподібності адитивної суміші сигналу й двокомпонентної марківської завади | 176 |
| 4.3. Математична модель зваженої енергетичної суми сигналу в умовах дії гауссівської марківської завади | 191 |
| 4.4. Синтез пристрою оптимального приймання сигналів АЛСН на фоні двокомпонентної марківської завади | 196 |
| 4.5. Висновки до розділу 4 | 213 |
| РОЗДІЛ 5 СИНТЕЗ БАЗОВОЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ПРИСТРОЮ ОПТИМАЛЬНОГО ПРИЙМАННЯ СИГНАЛІВ АЛСН В УМОВАХ ДІЇ АДИТИВНОЇ ТРИКОМПОНЕНТНОЇ ЗАВАДИ | 214 |
| 5.1. Математична модель сигналів АЛСН в умовах дії трикомпонентної завади | 214 |
| 5.2. Побудова процедури оцінки параметрів сигналу й завад | 217 |
| 5.3. Синтез пристрою оптимального приймання сигналів АЛСН на фоні адитивної трикомпонентної завади | 224 |
| 5.4. Дослідження взаємного впливу магнітних полів рейкових кіл та рухомого складу | 240 |

| | |
|--|-----|
| 5.5. Реалізація та техніко-економічні розрахунки ефективності впровадження завадостійких методів та засобів управління залізничним транспортом | 252 |
| 5.5.1. Методи та засоби підвищення завадостійкості ТРК | 252 |
| 5.5.2. Розробка завадостійкого колійного індуктивного датчика | 257 |
| 5.5.3. Завадостійкий шлейфовий пристрій контролю рухомого складу | 263 |
| 5.5.4. Індуктивно-дротовий датчик для виявлення транспортного засобу в межах певної ділянки шляху | 268 |
| 5.6. Результати експериментальних досліджень впливу електромагнітних завад від рухомого складу на роботу локомотивних пристроїв АЛСН | 272 |
| 5.7. Оцінка ефективності інвестиційного проекту | 274 |
| 5.5. Висновки до розділу 5 | 288 |
| ВИСНОВКИ | 290 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 296 |
| Додаток А Часова залежність струму шунта | 327 |
| Додаток Б Програма моделювання пристрою оптимального приймання сигналів АЛСН на фоні двокомпонентної марківської завади | 331 |
| Додаток В Реалізація пристроїв підвищення завадостійкості ТРК | 336 |
| Додаток Г Результати експериментальних досліджень впливу завад на роботу локомотивних пристроїв системи АЛСН. Автономна тяга поїздів | 337 |
| Додаток Д Результати експериментальних досліджень впливу завад на роботу локомотивних пристроїв системи АЛСН. Електротяга постійного струму | 338 |
| Додаток Е Результати експериментальних досліджень впливу завад на роботу локомотивних пристроїв системи АЛСН. Електротяга | |

| | |
|---|-----|
| змінного струму | 339 |
| Додаток Ж Норми витрат дизельного палива та електроенергії на тягу поїздів | 340 |
| Додаток И Кількість короточасних порушень роботи автоматичної локомотивної сигналізації (збоїв) за 2014 – 2017 роки | 341 |
| Додаток К Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації | 342 |
| Додаток Л Акт впровадження результатів роботи на регіональній філії «Південна залізниця» ПАТ «Укрзалізниця» | 351 |
| Додаток М Акт впровадження результатів роботи у навчальному процесі ІППК УкрДУЗТ | 354 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

| | |
|------|--|
| АБ | – автоматичне блокування |
| АЛС | – автоматична локомотивна сигналізація |
| АЛСН | – АЛС числового коду неперервної дії |

| | |
|--------|--|
| АЛСТ | – АЛС точкової дії |
| АРП | – автоматичне регулювання підсилення |
| АЧХ | – амплітудно-частотна характеристика |
| ДЦ | – диспетчерська централізація |
| ДТ | – дросель-трансформатор |
| ДПФ | – дискретне перетворення Фур'є |
| Е | – служба енергопостачання |
| ЕМО | – електромагнітна обстановка |
| ЕМС | – електромагнітна сумісність |
| ЕРС | – електрорушійна сила |
| ЄКС | – єдина комплексна система керування і забезпечення безпеки руху поїздів |
| ЄС | – Європейська Співдружність |
| ЗА | – залізнична автоматика |
| ІР | – імпульсне реле |
| ІРРП | – інтервальне регулювання руху поїздів |
| КАБ | – кодове автоблокування числового коду |
| КЛУБ-У | – комплексні локомотивні пристрої безпеки |
| ЛЕП | – високовольтна лінія електропередачі |
| МСІР | – багаторівнева система інтервального регулювання |
| МП | – мікропроцесор |
| ПК | – локомотивні приймальні котушки |
| РЕС | – радіоелектронна система |
| РК | – рейкові кола |
| РЛ | – рейкова лінія |
| РД | – рейковий датчик |
| САР | – сигнальне авторегулювання |
| САУТ | – система автоматичного керування гальмами |
| СЦБ | – сигналізація, централізація, блокування |
| ТКД | – точковий колійний датчик |

| | |
|-------------|--|
| ТРК | – тональне рейкове коло |
| ТСКБМ | – телемеханічна система контролю пильнування машиніста – телесигналізація |
| ТС | – телекерування |
| ТУ | |
| УК | – підсилювач кодів локомотивний |
| УСАВП | – уніфікована система автоведення поїздів |
| УСАБ | – удосконалена система АБ |
| ФЛ | – фільтр локомотивний |
| ЦАП | – цифро-аналоговий перетворювач |
| ERTMS/ETCS | – єдина система керування рухом поїздів у країнах Західної Європи |
| EIRENE | – проект європейської інтегрованої мережі радіозв'язку з розширеними функціями |
| FFB | – технологія керування рухом поїздів на базі радіозв'язку |
| GPS NAVSTAR | – система супутникової навігації США |
| GSM-R | – система рухомого зв'язку залізничного транспорту для передачі даних і мовної інформації на основі GSM |

ВСТУП

Актуальність теми. Залізничний транспорт посідає провідне місце у задоволенні потреб виробничої сфери та населення у перевезеннях і є однією з базових галузей національної економіки, що сприяє укріпленню її зовнішньоекономічних зв'язків. Світові тенденції розвитку транспортного сполучення потребують упровадження в галузі інноваційних технологій,

підвищення безпеки та швидкості руху поїздів, збільшення обсягу перевезень, пропускної спроможності перегонів і станцій.

В умовах реалізації Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010–2019 рр. та Транспортної стратегії України на період до 2020 р. особливо актуальним стає питання підвищення якості перевізного процесу, забезпечення безпеки руху поїздів та точності доставки пасажирів і вантажів [1–6]. Реалізація цих завдань неможлива без надійного функціонування автоматизованих систем управління залізничним транспортом. Особлива роль у забезпеченні безпечної та безперебійної роботи залізниць значною мірою належить системам інтервального регулювання руху поїздів (ІРРП), які виконують функцію регулювання руху на залізничних дільницях та станціях, а саме: пристроям автоматичного та напівавтоматичного блокування, мікропроцесорної та електричної централізації, диспетчерської централізації, системам автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС) та ін. Однак значне зношування рухомого складу, засобів автоматики, високий ступінь вироблення технічного ресурсу та моральне й фізичне старіння станційного й перегінного устаткування потребує модернізації існуючих або створення нових поліпшених систем управління залізничним транспортом [7–19]. У системах АЛС у процесі передачі сигнальної інформації на локомотив між рейковою лінією й локомотивними котушками найбільш широко застосовується індуктивний канал зв'язку, що негативно впливає на якість приймання інформаційних сигналів через наявність у них електромагнітних завад різного походження, небажаних електромагнітних процесів, які можуть відбуватися через неконтрольовані флуктуації їх параметрів. Лінії електропередач, тягові двигуни локомотивів, численні сторонні перетворювачі, радіоелектронні засоби, а також ряд природних процесів служать джерелами електромагнітних коливань, які призводять до істотного зниження вірогідності прийнятих інформаційних повідомлень у цілому. Насиченість виробництва, транспорту, технологічного й навіть побутового середовища

джерелами випромінювання неухильно зростає, що призводить до різноманітності характеру створюваних ними електромагнітних завад та затримок поїздів внаслідок відмов пристроїв залізничної автоматики, які залежно від їхнього характеру призводять до порушень графіка руху [20–22]. Тому завдання подальшого розвитку теоретичних основ побудови заводостійких систем управління залізничним транспортом, які значною мірою підвладні впливу електромагнітних завад різного походження, є актуальною науково-прикладною проблемою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалася відповідно до Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008–2020 рр. (затверджена Наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 14 жовтня 2008 р. № 1259), Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010–2019 рр. (Постанова Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 р. № 1390), Транспортної стратегії України на період до 2020 р. (затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 р. № 2174-р.), Наказу Міністерства інфраструктури України «Про затвердження Положення про систему управління безпекою руху поїздів у Державній адміністрації залізничного транспорту України» від 01.04.2011 р. № 27, Переліку актів законодавства ЄС з питань залізничного транспорту та планами їх імплементації, схваленими розпорядженням КМУ від 26.11.2014 р. № 1148-р.

Автор брала участь як відповідальний виконавець у науково-дослідних роботах: «Дослідження та розробка ресурсозберігаючих технологій експлуатації залізничних станцій та вузлів» (№ ДР 0108U000078), «Дослідження і розробка методів автоматизованого управління рухомим складом залізничного транспорту» (№ ДР 0111U002240). У науково-дослідних роботах: «Формування теоретичних засад підвищення ефективності використання інформаційно-керуючих систем на залізничному транспорті» (№ ДР 0116U000787); «Розроблення системи підтримки прийняття рішень з

організації перетинань потоків різних видів транспорту» (№ ДР 0115U000274); «Теоретичні основи організації мережі оперативно-технологічного зв'язку та синтезу систем забезпечення швидкісного руху поїздів» (№ ДР 0115U000280) – як старший науковий співробітник.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є вирішення науково-прикладної проблеми підвищення ефективності управління рухомим складом залізниць на основі розробки науково обґрунтованих завадостійких методів і засобів передачі, приймання та обробки інформаційних сигналів у каналах зв'язку систем залізничної автоматики. Це дасть змогу знизити додаткові фінансові витрати на залізницях від затримок через порушення графіка руху поїздів.

Для досягнення заданої мети в роботі поставлено такі задачі наукових досліджень:

- провести аналіз вітчизняних і закордонних чинних систем управління залізничним транспортом та існуючих наукових підходів щодо підвищення їх завадостійкості;

- отримати математичний опис функції правдоподібності вхідної напруги приймача числових кодів АЛСН в умовах дії двокомпонентної завади з незалежними відліками;

- виконати синтез нелінійного приймача сигналів АЛСН в умовах дії адитивної двокомпонентної завади;

- отримати математичний опис функції правдоподібності вхідної напруги приймача числових кодів АЛСН, що спостерігаються на фоні двокомпонентної гауссівської марківської завади;

- провести синтез приймача інформаційних сигналів АЛСН, що виконує оптимальну обробку сигналів, що спостерігаються на фоні гауссівської марківської завади, утвореної двома компонентами;

- отримати математичний опис критерію оптимальності обробки адитивної суміші кодових сигналів АЛСН й трикомпонентної завади;

- провести синтез пристрою обробки числових кодів АЛСН в умовах дії адитивного впливу трикомпонентної завади;
- провести дослідження впливу швидкості руху поїздів на роботу систем управління рухомим складом та розробити динамічну модель каналу передачі сигнальних кодів АЛСН;
- розробити математичну модель для часової залежності струму шунта при русі локомотива на частині дільниці прямої колії з урахуванням його електромагнітного зв'язку з частиною дільниці відгалуження;
- провести теоретичні дослідження взаємної кореляції компонентів завад роботі тональних рейкових кіл (ТРК);
- провести дослідження процесу протікання струму крізь рейкову лінію у перерізі приймання числових кодів АЛСН та розробити його математичну модель;
- дослідити ефективність впровадження завадостійких методів та засобів управління залізничним транспортом.

Об'єкт дослідження. Процес передачі й обробки інформаційних сигналів в індуктивних каналах зв'язку автоматизованих систем управління залізничним транспортом.

Предмет дослідження. Методи та засоби приймання та обробки сигналів, що забезпечують завадостійкість систем управління залізничним транспортом.

Методи дослідження. Проведені дослідження базуються на використанні таких методів: на основі теорії оптимального приймання сигналів і на математичній статистиці проведено дослідження взаємної кореляції компонентів завад роботі ТРК та синтезовано завадостійкі пристрої приймання числових кодів АЛСН; за допомогою методів гармонічного аналізу, перетворення Фур'є й програмного моделювання створено моделі завад, що впливають на роботу систем управління залізничним транспортом; методи цифрової обробки сигналів використано при побудові математичних моделей процесів приймання й обробки кодових сигналів АЛСН; на теорії

електричних кіл, теорії чотиріполіусників та чисельних методах розрахунків базуються моделі каналу передачі сигналів АЛСН та часової залежності струму шунта при русі локомотива.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у вирішенні науково-прикладної проблеми формування заводостійких систем управління залізничним транспортом шляхом подальшого розвитку науково обґрунтованих методів, моделей, технічних засобів та стратегій прогнозування процесу розповсюдження, передачі, приймання та обробки інформаційних сигналів у каналах зв'язку систем залізничної автоматики.

Вперше:

- отримано функцію правдоподібності вхідної напруги приймача числових кодів АЛСН в умовах дії двокомпонентної завади з незалежними відліками, яка реалізується на базі обчислення кореляційних сум та енергії кожного із сигналів, які розпізнаються, і містить C коефіцієнти, що визначають статистичні характеристики обох завад;

- виконано синтез нелінійного приймача сигналів АЛСН в умовах дії адитивної двокомпонентної завади, відмінною рисою якого є наявність вузлів нелінійної обробки вхідного сигналу, що забезпечують наростаюче подавлення адитивної суміші сигналу й шуму на тих часових інтервалах, де величина її напруги велика через дію імпульсних завад;

- отримано функцію правдоподібності вхідної напруги приймача числових кодів АЛСН, що спостерігаються на фоні двокомпонентної гауссівської марківської завади, структура якої для випадку статистично незалежних відліків включає інерційні нелінійні перетворення сигналів та враховує перехресні зв'язки між сусідніми відліками корисного сигналу;

- проведено синтез приймача інформаційних сигналів АЛСН, що виконує оптимальну обробку сигналів, спостережуваних на фоні гауссівської марківської завади, утвореної двома компонентами, у якого операції обчислення зваженої кореляційної суми й зваженої енергетичної суми

базуються на використанні нелінійних інерційних перетворювачів, що забезпечують наростаюче подавлення адитивної суміші сигналу й шуму на тих часових інтервалах, де величина її напруги велика через дію імпульсних завад;

- отримано критерій оптимальності обробки адитивної суміші кодових сигналів АЛСН і трикомпонентної завади, що дало змогу на основі реалістичних припущень про статистичні взаємозв'язки сигналу й компонент завади досягнути підвищення завадостійкості в результаті урахування поправок до ізольованих відношень правдоподібності. Зазначені поправки враховують взаємо-кореляційні зв'язки сигналу й кожної з компонентів завади;

- синтезовано пристрій обробки числових кодів АЛСН в умовах дії адитивного впливу трикомпонентної завади, що виконує розпізнавання прийнятого інформаційного сигналу шляхом багатопараметричної мінімізації цільової функції та забезпечує скорочення обчислювальних витрат шляхом багатокрокової редукції розмірності.

Удосконалено:

- динамічну модель каналу передачі сигналів АЛСН, яка враховує рух поїзда та на відміну від існуючих надає можливість встановити залежність впливу швидкості руху поїздів на роботу систем автоматичного управління рухомим складом;

- математичну модель для часової залежності струму шунта при русі локомотива на частині дільниці прямої колії з урахуванням його електромагнітного зв'язку з частиною дільниці відгалуження, що на відміну від існуючих дозволила визначити коефіцієнт передачі сигналу з урахуванням частотної залежності опорів і діючого значення розглянутої гармоніки електрорушійної сили генератора.

Набуло подальшого розвитку:

- теоретичні дослідження взаємної кореляції компонентів завад роботі ТРК, що дало змогу врахувати величину впливу крос-кореляційних компонентів характерних завад у процесі побудови завадостійких засобів обробки інформаційних сигналів;

- математична модель процесу приймання числових кодів АЛСН, що враховує протікання струму крізь рейкову лінію у перерізі приймання та припускає частотний метод аналізу електромагнітних параметрів рейкових кіл і на відміну від існуючих дозволяє отримати схему заміщення блок-діляниці у вигляді структури, яка бере до уваги як електричні властивості рейкової лінії, так і динаміку руху поїзда.

Практичне значення одержаних результатів. Практичні результати роботи полягають у такому: розробка динамічної моделі каналу передачі сигналів АЛСН дозволяє встановити залежність впливу швидкості руху поїздів на роботу систем автоматичного управління рухомим складом; дослідження взаємної кореляції компонентів завад роботі ТРК та отримання математичних моделей часової залежності струму шунта і процесу приймання числових кодів АЛСН, що враховують рух поїзда, дає змогу визначити їх вплив на розповсюдження інформаційних сигналів у рейкових колах та каналах зв'язку систем АЛСН; синтез завадостійких пристроїв приймання числових кодів АЛСН та інформаційних сигналів ТРК дає змогу зменшити втрати на 12–15 % від позаграфікових зупинок поїздів і зниження (тимчасового обмеження) їх швидкості внаслідок збоїв у роботі пристроїв залізничної автоматики.

Основні наукові результати дисертації передані для впровадження в 2016–2017 рр. на регіональну філію «Південна залізниця» ПАТ «Укрзалізниця» на ділянках прискореного руху Гребінка–Полтава та Полтава–Лозова, а саме: методи дослідження взаємної кореляції компонентів завад роботі ТРК; математичні моделі базового процесу приймання числових кодів АЛСН; методи аналізу завадостійкості індуктивних каналів передачі сигналів АЛСН; методи підвищення завадостійкості пристроїв приймання та обробки числових кодів АЛСН в умовах адитивного впливу імпульсної завади, безперервної завади від лінії електропередач і безперервного гауссівського шуму; рекомендації з оптимальної обробки адитивної суміші сигналів АЛСН й трикомпонентної завади.

Упровадження вищевказаних розробок дає змогу зменшити збитки від затримок поїздів внаслідок відмов існуючих пристроїв сигналізації, централізації та блокування, які залежно від їхнього характеру призводять до порушень графіка руху поїздів.

Очікується, що загальна сума економічного ефекту від впровадження запропонованих методів та засобів побудови заводостійких систем управління залізничним транспортом і застосування їх протягом шести років складатиме 3230,7 тис. грн, що підтверджено актом впровадження.

Результати окремих розділів дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі на кафедрі автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів, кафедрі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки і Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів (ІППК) Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ) при підготовці начальників, заступників начальників, головних інженерів служб сигналізації та зв'язку. До основних практичних результатів дисертаційної роботи, що використовуються у навчальному процесі ІППК УкрДУЗТ, належать такі: дослідження часових залежностей сигнального струму локомотивного приймача числових кодів АЛСН при проходженні локомотивом передстрілочної й стрілочної дільниці залізниці, які містять результати комп'ютерного моделювання, що визначають миттєве значення струму шунта з представленням сигналу в частотній області; апроксимація функції правдоподібності адитивної суміші структурно-детермінованого сигналу, прийнятого на фоні адитивної двокомпонентної марківської завади, що дозволило привести цю функцію до вигляду, що являє собою суму обчислювальних блоків; інженерна інтерпретація функції правдоподібності для ситуації, коли структурно-детермінований сигнал приймається на фоні адитивної двокомпонентної марківської завади. Представлено структурні схеми вузла обчислення кореляційної суми й вузла обчислення зваженої енергетичної суми для довільної щільності розподілу ймовірності завад. Вони ґрунтуються на виконанні інженерно

легкорезалізованих математичних операцій і є базовими для побудови пристрою оптимального приймання сигналу в умовах дії двокомпонентної марківської завади; синтез пристрою приймання сигналів АЛСН на фоні адитивної трикомпонентної завади, що виконує розпізнавання прийнятого інформаційного сигналу шляхом багатопараметричної мінімізації цільової функції. Підвищення завадостійкості досягнуто в ньому у результаті урахування поправок до ізольованих відношень правдоподібності. Зазначені поправки враховують взаємкореляційні зв'язки сигналу й кожної з компонентів завади.

Особистий внесок здобувача. У наукових працях, що опубліковані зі співавторами, особистий внесок полягає у такому: [1] – отримано математичну модель каналу передачі сигналів числового коду АЛСН, що дозволяє розрахувати на заданій частоті комплекс діючого значення струму в будь-якому перерізі лінії, який знаходиться на відстані x від генератора; [4] – проведено аналіз впливу завад, характерних для ділянок рейкової лінії, що містять стрілкові переводи, на приймання сигналів АЛСН та отримано основні рівняння електричної лінії, що перетворені на базі врахування практичних величин параметрів стрілкової дільниці колії; [5] – запропоновано схему заміщення блок-дільниці, що враховує рух поїзда, та отримано відносну похибку модельного розрахунку діючого значення сигнального струму АЛСН в широкому діапазоні величин опору шунта; [6] – проведено аналіз часових характеристик струму шунта та електрорушійної сили локомотивних котушок системи АЛСН; [7] – запропоновано при дослідженні електромагнітних процесів у рейках користуватися чотиривимірним формалізмом спеціальної теорії відносності; [8] – формалізовано основні принципи побудови моделі каналу передачі інформаційних сигналів АЛСН; [9] – визначено комплексну передатну функцію по струму контрольованої дільниці з урахуванням частотної залежності опорів і діючого значення розглянутої гармоніки електрорушійної сили генератора; [10] – проведено теоретичне обґрунтування загальної структури приймання сигналів АЛСН в

умовах дії двокомпонентної завади; [11] – проведено синтез структури приймача сигналів АЛСН, спроможного змінювати параметри алгоритму обробки відповідно до поточної інтенсивності завад; [12] – проведено теоретичне обґрунтування статистичного взаємозв'язку відліків напруги сигналу безперервного типу, що являє собою суму сигналу й адитивної двокомпонентної завади; [13] – проведено аналіз завад, що діють у каналі передачі інформаційних сигналів системи АЛСН; [14] – проведено апроксимацію функції правдоподібності структурно-детермінованого сигналу, що прийнятий на фоні адитивної двокомпонентної марківської завади; [15] – запропоновано та теоретично обґрунтовано принципи побудови структурних схем вузлів обчислення кореляційної суми та зваженої енергетичної суми для довільної щільності розподілу ймовірності завад для ситуації, коли структурно-детермінований сигнал приймається на фоні адитивної двокомпонентної марківської завади; [16] – отримано математичну модель щільності розподілу ймовірності кодового сигналу АЛСН, спостережуваного на фоні корельованої гауссівської завади; [19] – запропоновано й теоретично обґрунтовано завадостійкий метод передачі й обробки інформаційних сигналів, що реалізований при побудові ТРК; [20] – запропоновано основні принципи побудови завадостійкого пристрою для приймання сигналу з рейкового кола; [21] – запропоновано метод підвищення точності виявлення транспортного засобу шляхом виключення впливу різних дестабілізаційних факторів на параметри індуктивно-дротового датчика; [23] – запропоновано математичну модель каналу передачі сигналів числових кодів АЛСН; [25] – побудовано структурну схему завадостійкого пристрою приймання сигналів ТРК; [33] – формалізовано основні принципи обробки сигналів, що прийняті на фоні адитивної марківської завади; [41] – запропоновано структурну схему реєстратора колійного індуктивного датчика, що дало змогу визначити зайнятість стрілкової дільниці, а також напрям руху та кількість вагонів у відчепі; [42] – запропоновано структурну схему реєстратора, що дозволило виключити відмови при реєстрації колісних пар рухомого складу

та контролювати справність роботи блоку виявлення колісних пар; [43] – запропоновано структурну схему індуктивно-дротового датчика; [44] – запропоновано основні принципи побудови схеми керування безконтактним двигуном стрілочного електропривода; [45] – запропоновано структурну схему завадостійкого ТРК; [46] – запропоновано структурну схему захищеного від завад та ефекту дрейфу нуля колійного індуктивного датчика; [47] – формалізовано основні принципи підвищення точності та завадостійкості індуктивно-дротового датчика при реєстрації проходження відчепа, а також забезпечення запобігання переведенню стрілки під рухомим складом; [48] – побудовано адаптивну систему керування стрілочним електроприводом.

Дослідження, що висвітлені в усіх наукових працях, проводилися в УкрДУЗТ.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та ухвалені на таких конференціях: 22 та 24 Міжнародних науково-практичних конференціях «Перспективні комп'ютерні, керуючі та телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України» (м. Алушта, 2009 р. та 2011 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Електромагнітна сумісність і безпека на залізничному транспорті» (м. Дніпропетровськ, 15–19 лютого 2011 р.); 25 Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні комп'ютерні, керуючі та телекомунікаційні системи для залізниць України» (м. Алушта, 2012 р.); 26 Міжнародній науково-практичній конференції «Впровадження перспективних мікропроцесорних систем залізничної автоматики й засобів телекомунікацій на базі цифровизації» (м. Алушта, 2013 р.); LXXV та LXXVI Міжнародних науково-технічних конференціях «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (м. Харків, 24–25 квітня 2013 р. та 15–17 квітня 2014 р.); 27, 28 та 29 Міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» (м. Харків, 24–26 вересня 2014 р., 2015 р., 2016 р.); LXXVIII LXXIX Міжнародних науково-технічних конференціях «Розвиток наукової та

інноваційної діяльності на транспорті» (м. Харків, 2016 р. та 25–27 квітня 2017 р.); 8 Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування» (м. Херсон, 2017 р.); 4 Міжнародній науково-технічній конференції «Інформатика, управління та штучний інтелект» (м. Харків, ХПІ, 2017 р.).

У повному обсязі дисертаційна робота доповідалася на розширеному засіданні кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів Українського державного університету залізничного транспорту.

Публікації. Відповідно до теми дисертації опубліковано 48 наукових праць, з яких 23 статті, що опубліковані у фахових наукових виданнях, затверджених МОН України (10 статей включені до міжнародних наукометричних баз, 1 з них індексується у базі Scopus), 7 патентів на винахід, 4 патенти на корисну модель та 14 праць апробаційного характеру.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг тексту дисертації – 355 сторінок, обсяг основного тексту складає 263 сторінки друкованого тексту, 35 рисунків за текстом та 9 рисунків на окремих сторінках, 5 таблиць за текстом та 4 таблиці на окремих сторінках, список використаних джерел із 298 найменувань, 12 додатків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010–2019 рр.: Постанова Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 р. № 1390. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1390-2009>. Назва з екрана.
2. Про схвалення Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року: офіц. текст: за станом на 15 лютого 2015 р.: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 р. № 1555-р. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1555-2009-р>. Назва з екрана.
3. Про схвалення Транспортної Стратегії України на період до 2020 року: офіц. текст: за станом на 15 лютого 2015 р.: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 р. № 2174-р. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-р>. Назва з екрана.
4. Перелік проектів співробітництва між Європейським Союзом та Україною: офіц. сайт Європейського союзу. Режим доступу: <http://eeas.europa.eu/>. Назва з екрана.
5. Офіційний сайт Державної служби статистики України. Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua. Назва з екрана.
6. Плани імплементації деяких актів законодавства ЄС у сфері залізничного транспорту, схвалені розпорядженням КМУ від 26.11.2014 № 1148. *Офіційний вісник України*. 2014. № 97. С. 150-151.
7. Кірпа Г.М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему: монографія. Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2004. 248 с.
8. Кирпа Г.Н., Корниенко В.В., Пшинько А.Н., Блохин Е.П., Боднар Б.Е., Мямлин С.В., Плахотник В.Н., Корженевич И.П. Железные дороги мира в XXI веке: монография. Днепропетровск: ДНУЖТ. 2004. 224 с.
9. Эксплуатационные основы автоматики и телемеханики: учебник / Вл.В. Сапожников, И.М. Кокурин, В.А. Коновалов [и др.]; под общ. ред. Вл. В. Сапожникова. М.: Маршрут, 2006. 248 с.

10. Путевая блокировка и авторегулировка: учебн. для вузов / Н.Ф. Котляренко, А.В. Шишляков, Ю.В. Соболев. И.З. Скрыпин, В.А. Шишляков; под ред. Н.Ф. Котляренко. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1983. 408 с.

11. Теоретические основы железнодорожной автоматики и телемеханики: учебн. для вузов / А.С. Переборов, А.М. Брылеев, В.В. Сапожников и др.; под ред. А.С. Переборова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1984. 384 с.

12. Автоматическая локомотивная сигнализация и авторегулировка / А.М. Брылеев, [и др.]. М.: Транспорт, 1981. 320 с.

13. Казаков А.А., Бубнов В.Д., Казаков Е.А. Системы интервального регулирования движения поездов. М.: Транспорт, 1986. 315 с.

14. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики: учебн. для вузов / Ю.А. Кравцов, В.Л. Нестеров, Г.Ф. Лекута [и др.]; под общ. ред. Ю.А. Кравцова. М.: Транспорт, 1996. 400 с.

15. Тильк И.Г., Ляной В.В. Перспективы развития систем ИРДП *Автоматика, связь, информатика*. 2007. № 8. С. 7-9.

16. Федоров Н.Е. Релейные и микроэлектронные системы регулирования движения поездов: учеб. пособие для студ. спец. «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»: в 2 ч. Самара: СамГАПС, 2006. Ч. 1. 167 с.

17. Сороко В.И., Кайнов В.М., Казиев Г.Д. Автоматика, телемеханика, связь и вычислительная техника на железных дорогах России: энциклопедия: в 2 т. М.: НПФ «Планета», 2006. Т.1. 736 с.

18. Системы железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: учебн. для вузов ж.-д. трансп. / А.В. Горелик, Д.В. Шалягин, Ю.Г. Боровков [и др.]; под ред. А.В. Горелика. М.: УМЦ по образованию на ж.-д. транспорте, 2012. 477 с.

19. Щиголев С.А. Проблемы создания систем интервального регулирования поездов безрельсовых цепей // *Устройства и системы механизации и автоматизации железных дорог: сборник научных трудов*. М.: Транспорт, 1988. – С. 17–23.

20. Лисенков, В.М. Теория автоматических систем интервального регулирования. М.: Транспорт, 1987. 150 с.

21. Бойник А.Б., Коваленко Г.В., Макаренко Р.В. Перспективные системы интервального регулирования движения поездов на перегонах. *Залізничний транспорт України*. 2001. № 6. С. 23-25.

22. Перспективные структуры управления на европейских железных дорогах. *Железные дороги мира*. 2002. № 2. С. 4 – 27.

23. Системы автоматики и телемеханики на железнодорожных дорогах мира: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / пер. с англ.; под ред. Г. Теега, С. Власенко. М.: Интекст, 2010. 496 с.

24. Системы централизации будущего. *Железные дороги мира*. 2003. № 3. С. 57-65.

25. Нормативні акти з безпеки руху поїздів. Держ. адміністр. залізничного транспорту України. Головне управління безпеки руху та екології. К.: Транспорт України, 2004. 223 с.

26. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність. Вимоги та методи випробовування: ДСТУ 4178–2003. Увед. 01.07.2003. К.: Держстандарт, 2003. 35 с.

27. Тильк И.Г. Новые устройства автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта. Екатеринбург: УрГУПС, 2010. 168 с.

28. Кузнецов, К.В. Современные локомотивные устройства безопасности. *Локомотив*. 2017. № 11. С. 14-17.

29. Бабаев М.М., Саяпина И.А. Анализ современных систем регулирования движением поездов. *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту*. 2011. Вип. 28. С. 66-74.

30. 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.

31. Массель А., Помыкала А., Рачиньски Я. Состояние и перспективы развития скоростного железнодорожного пассажирского сообщения в Центральной и Восточной Европе. *Бюллетень ОСЖД*. 2017. № 5. С. 17-30.
32. Федоров Н.Е. Современные системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями: учеб. пособие. Самара: СамГАПС. 2004. 132 с.
33. Варбанець М.Г. Системи залізничної автоматики і телемеханіки: навч. посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2008. 190 с.
34. Воронин В.А. Системы интервального регулирования. *Автоматика, связь, информатика*. 2007. № 7. С. 2-3.
35. Леонов А.А. Техническое обслуживание автоматической локомотивной сигнализации. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1982. 255 с.
36. Автоматическая локомотивная сигнализация как самостоятельное средство сигнализации и связи при движении поездов для однопутных участков при автономной тяге АЛСО-I-AT-87: типовые материалы для проектирования. Л.: Гипротрансигнальсвязь, 1987. 131 с.
37. Автоблокировка с тональными рельсовыми цепями и централизованным размещением оборудования АБТЦ-2000. 410003 ТПМ: типовые материалы для проектирования: в 4-х томах. Л.: ГУП Гипротрансигнальсвязь, 2000.
38. Будущее – за автоматизированными системами управления подвижным составом. *Локомотив*. 2017. № 11. С. 6-7.
39. Ефанов Д.В. Интеграция систем непрерывного мониторинга и управления движением на железнодорожном транспорте. *Транспорт Российской Федерации*. 2017. № 4. С. 62-65.
40. Ефремов А. Конференция WDF 2017: развитие технологии DAS для железных дорог. *Железные дороги мира*. 2017. № 11. С. 67-74.
41. Китай: активное развитие сети высокоскоростных линий. *Железные дороги мира*. 2017. № 11. С. 23-27.
42. Розенберг Е.Н., Уманский В.И., Дзюба Ю.В. От систем автоматики до интеллектуальных систем управления. *Автоматика, связь, информатика*. 2017. № 11. С. 7-11.

43. Авдеев И. Цифровая железная дорога: перспективы и проблемы. *Стандарты и качество*. 2018. № 1. С. 78-81.

44. Розенберг Е.Н., Уманский В.И., Дзюба Ю.В. Цифровая экономика и цифровая железная дорога. *Транспорт Российской Федерации*. 2017. № 5. С. 45-49.

45. Балугев, Н.Н. Варианты решения проблем при создании современной системы управления движением. *Автоматика, связь, информатика*. 2017. № 11. С. 17-20.

46. Железные дороги Бельгии: современное состояние и направления развития. *Железные дороги мира*. 2017. № 11. С. 35-39.

47. Правила безпечної експлуатації пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізницях України ЦШ-0030. Затверджено Державною адміністрацією залізничного транспорту України від 17.11.2003 р. № 288-Ц. К., 2004. 155 с.

48. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України ЦД/0001. Затверджено наказом Міністерством транспорту України від 08.07.95 р. № 260. К.: МТУ, 1995. 506 с.

49. Інструкція з сигналізації на залізницях України ЦШ/0001. Затверджено наказом Міністерством транспорту України від 08.06.95 р. № 259. К.: МТУ, 1995. 115 с.

50. Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні робіт з технічного обслуговування та ремонту пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) на залізницях України ЦШЕОТ/0018. Затверджено наказом Міністерством транспорту України від 12.10.99 р. № 492. К.: МТУ, 1999. 106 с.

51. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) ЦШЕОТ/0012. Затверджено наказом Укрзалізниці від 05.10.98 р. № 243-Ц. К.: Укрзалізниця, 1998. 72 с.

52. Інструкція про порядок користування автоматичною локомотивною сигналізацією безперервного типу (АЛСН) і пристроями контролю пильності машиніста на залізницях України ЦТ-ЦШЕОТ-0027. Затверджено Наказом Міністерства транспорту України від 27.01.2000 р. № 32. К., 2000. 30 с.

53. IEC 61508: 1–6. Functional safety of electrical /electronic/ programmable electronic safety – related system. 1998-2000. Функциональная безопасность электрических /электронных/ программируемых электронных систем безопасности.

54. CENELEC EN 50126: Railway Application – The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS). 1998. Применения на железнодорожном транспорте – Спецификация и демонстрация надежности, доступности.

55. CENELEC EN 50126-2: Railway Application – Dependability for Guided Transport Systems/ Part 2: Safety. 1999. Применения на железнодорожном транспорте – Согласованность для управляющих транспортных систем – Ч. 2. Безопасность.

56. CENELEC EN 50128: Railway Application – Communications, signaling and processing system – Software for Railway Control and Protection Systems. 2000. Применения на железнодорожном транспорте – Программное обеспечение для систем управления и обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте.

57. CENELEC EN 50129: Railway Application – Safety-related Electronic Systems for Signaling. 2000. Применения на железнодорожном транспорте – Электронные системы железнодорожного управления и защиты, связанные с безопасностью.

58. Системы связи с подвижными объектами: учеб. пособие / под ред. Г.В. Горелова, Г.И. Загария. – Харьков: ЧП изд-во «Новое слово», 2003. 200 с.

59. Sobolev Y., Wojnik A. Principles of railway crossing signaling control using satellite systems of navigation. *Easten-european journal enterprise technologies*. 2003. № 1. P. 21 – 28.

60. Лисенков В.М. Статистическая теория безопасности движения поездов. М.: ВИНТИ РАН, 1999. 332 с.

61. Герасимов Ю.М., Шанайца П.С. Безопасность движения: состояние и актуальные задачи. *Железнодорожный транспорт*. 2000. № 11. С. 20 – 25.

62. Боронцев В.Б. Обеспечение безопасности движения на зарубежных железных дорогах. *Железнодорожный транспорт. Сер. Безопасность движения*. 1992. Вып. 3-4. С. 1-70.

63. Зайцева Т.Н. Обеспечение безопасности на зарубежных железных дорогах. *Железнодорожный транспорт. Сер. Безопасность движения: ОИ/ЦНТИИТЭИ МПС*. 1998. Вып.1-2. С. 24 – 58.

64. Зорин В.И. Современные системы обеспечения безопасности железнодорожного транспорта. *Железнодорожный транспорт*. 2000. № 11. С. 52–53.

65. Кольер Дж. Системы, критичные по безопасности. *IEE Computing Control Engineering Journal*. 1991. № 9. С. 34 – 48.

66. Лисенков В.М. Ваньшин А.Е., Катков М.В. Методы повышения безопасности функционирования рельсовых цепей. *Автоматика, связь, информатика*. 2010. № 4. С. 8-10.

67. Аркатов В.С., Аркатов Ю.В., Казеев С.В., Ободовский Ю.В. Рельсовые цепи магистральных железных дорог: справочник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ООО Миссия-М, 2006. 496 с.

68. Аркатов В.С. Кравцов Ю.А., Степенский Б.М. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание. М.: Транспорт, 1990. 295 с.

69. Ананьева О. М. Оцінка параметрів хвильових сигналів тональних рейкових кіл. *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту*. 2009. № 17. С. 55-61.

70. Ананьева О. М. Контроль ефективності експлуатації тональних рейкових кіл систем інтервального регулювання рухом поїздів. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2009. № 94. С. 116-120.

71. Ананьева О. М. Оцінка параметрів відбитого сигналу, обумовленого наявністю тріщини у рейках. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2010. № 113. С. 56-61.

72. Тоннела М.-А. Основы электромагнетизма и теории относительности. М.: Издательство иностранной литературы, 1962. 483 с.

73. Меерович Э.А., Мейерович Б.Э. Методы релятивистской электродинамики в электротехнике и электрофизике. М.: Энергоатомиздат, 1987. 232 с.

74. Маделунг Э. Математический аппарат физики. М.: Гос. изд-во физико-математической литературы, 1960. 618 с.

75. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: Изд-во физико-математической литературы, 2003. 616 с.

76. Буралев Ю.В., Павлова Е.И. Безопасность жизнедеятельности на транспорте. М.: Транспорт, 1999. 200 с.

77. Концепція державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005-2015 рр. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 31.12.2004 р. № 979-р.

78. Впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів на залізницях України в 2004 – 2015 рр. Розрахункова вартість модернізації та реконструкції основних напрямків залізниць України для впровадження швидкісного руху: додатки до концепції. – К.: Держ. адміністр. залізничного транспорту України, 2004. – 36 с.

79. Кошевий М.С. Автоматична локомотивна сигналізація числового коду в умовах швидкісного руху поїздів: дослідження перехідної характеристики локомотивного фільтра ФЛ-25/75М. *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту*. 2008. Вип. 16. С. 31-45.

80. Тильк И.Г., Ляной В.В., Кривда М.А. Система контроля участков пути методом счета осей ЭССО. *Железные дороги мира*. 2006. № 11. С. 65–6. Режим доступа: <http://www.zdmira.com/arhiv/2006/zdm-2006-no-11#ТОС--8>. Загл. с экрана.

81. Микропроцессорные системы автоведения электроподвижного состава / Л.А. Баранов, Я.М. Головичер, Е.В. Ерофеев, В.М. Максимов; под ред. Л.А. Баранова. М.: Транспорт, 1990. 270 с.

82. Причины сбоев в работе устройств АЛСН. *Безопасное управление поездом. Характеристики опытных машинистов и их обучение*. 2013. Режим доступа: <http://poezdupr.ru/prichiny-sboev-v-raboteustrojstvalsn/>. Назва з екрана.

83. Ерофеев Е.В., Зотов Д.А., Максимов В.М. Автоматизация управления движением поездов на Московском метрополитене. *Научные технологии*. 2003. Т. 4, № 9. С. 51-56.

84. Баранов Л.А., Ерофеев Е.В., Максимов В.М., Бударин В.Н. Микропроцессорная централизованная система автоведения поездов метрополитена. *Микропроцессорные системы и устройства управления ответственными технологическими процессами на транспорте: тез. докл. Всес. науч.-техн. конф. (15-19 нояб. 1989 г.)*. М., 1989. С. 20-21.

85. Унифицированная система автоведения электропоезда / А.Л. Донской, С.В. Свергун, Х.Ю. Буткевич [и др.]. *Локомотив*. 2003. № 9. С. 18-23.

86. Блиндюк, В.С. Концепція побудови систем автоматизованого керування рухом поїздів. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2011. Вип. 127. С. 43-56.

87. Бабаєв М.М., Сотник В.О. Аналіз існуючих вітчизняних і закордонних систем АЛС на залізничному транспорті. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2010. Вип. 116. С. 120-127.

88. Уоткинс М. Новый стандарт цифровой мобильной радиосвязи для железных дорог Европы. *Железные дороги мира*. 2000. № 7. С. 33-37.

89. Хромушкин К.Д., Павлов Е.В. Система интервального регулирования на базе радиоканала. *Автоматика, связь, информатика*. 2009. Вып. 11. С. 7-9.

90. Nordmann J. Signal und Draht. 2004. № 9, p. 41-46. Устройства АЛС на электровозах серии 185. *Железные дороги мира*. 2005. № 2. С. 53–61. Режим доступа: <http://www.zdmira.com/arhiv/2005/zdm-2005-no-02#ТОС-185>. Загл. с экрана.

91. Hornemann K. Signal und Draht. 2005. № 9, p. 14-20. АЛСН на городской железной дороге Мюнхена. *Железные дороги мира*. 2006. № 2.

С. 42–48. Режим доступа: <http://www.zdmira.com/arhiv/2006/zdm-2006-no-2#ТОС--6>. Загл. с экрана.

92. Дмитриев В.С., Минин В.А. Системы автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты: учеб пособие для студ. вузов жел.-дор. трансп. М.: Транспорт, 1992. 182с.

93. Шухина Е.Е., Марков А.В., Кравец И.М., Куваев С.И. Микропроцессорная система автоблокировки АБТЦ-МШ. *Автоматика, связь, информатика*. 2013. № 5. С. 2-5.

94. Gavrilyuk V.I., Serdyuk T.N. Telemetric system for the control of signal parameters of rail circuits. *Transport systems telematics : II Intern.Conf.* Poland: Katowice-Ustron, 2002. P. 185–190.

95. Тильк И.Г. Развитие систем ЖАТ в свете внедрения стандарта IRIS. *Автоматика, связь, информатика*. 2012. Вып. 12. С. 27-28

96. Трепшин В.Ф. К вопросу об измерении параметров АЛС-ЕН из вагона-лаборатории. Режим доступа: http://www.micar.ru/TECH_DOC/ALS_EN.pdf.

97. Полин П.А. Новый моторвагонный подвижной состав на дорогах Европы. *Локомотив*. 2017. № 11. С. 45-47.

98. Бутько Т.В., Долгополов П.В. Розробка та обґрунтування побудови корпоративної інформативно–керуючої мережі залізничного вузла. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2001. Вип. № 45. С. 49 – 55.

99. ЦШ 0025: методичні вказівки з перевірки пристроїв автоблокування АБТ, АБТЦ і АЛСО перед включенням в експлуатацію на залізницях України. К.: Укрзалізниця, 2003. 29 с.

100. ЦШ 0034: методичні вказівки з експлуатації тональних рейкових кіл. К.: Державна адміністрація залізничного транспорту України, 2004. 44 с.

101. Попов П.А., Ададунов А.С. Подсистема евробализов. Техническое описание. *Автоматика, связь, информатика*. 2010. № 9. С. 14–15.

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

103. Hänni Hanspeter. Die Einführung von ETCS in der Schweiz. *ETR: Eisenbahntechn. Rdsch.* 2003. 52, № 10. P. 602-608.
104. ETCS and GSM-R open the way for seamless cross-border rail traffic. *Panorama UIC.* 2004. № 22. P. 6-7.
105. Pottendorfer M., Rhein D. First commercial application of ERTMS /ETCS level 1: lessons learned. *Alcatel Telecomm. Rev.* 2004. № 2. P. 174-180.
106. Ptok B. Signal und Draht. 2005. № 10, p. 16-21; материалы DBAG. Реализация системы ETCS уровня 2 на пилотной линии в Германии. *Железные дороги мира.* 2005. № 2. С. 59–63. Режим доступа: <http://www.zdmira.com/arhiv/2005/zdm-2005-no-02#ТОС-185>. Загл. с экрана.
107. Bruhwiler A. Signal und Draht / A. Bruhwiler, H. Schluneger. 2005. № 3, p. 12-16. Компактная АЛС на основе системы ETCS. *Железные дороги мира.* 2006. № 7. С. 67–71. Режим доступа: <http://www.zdmira.com/arhiv/2006/zdm-2006-no-07#ТОС--9>. Загл. с экрана.
108. Theeg G., Vincze B. European train protection systems compared. *Signal + Draht.* 2007. №7/8. P. 113-120.
109. Safety Requirements for the Technical Interoperability of ETCS in Levels 1 & 2 (SUBSET-091v2.5.0). Brussels: UNISIG, 2009. 46 p.
110. Jansen D.N., Klages S.G., Wendler E. The impact of GSM-R on railway capacity. *Advanced train control systems.* Southampton: WIT Press, 2010. P. 143-153.
111. Emery D. Enhanced ETCS L2/L3 control system. *Advanced train control systems.* Southampton: WIT Press, 2010. P. 113-122.
112. Васекин А.И. Космические технологии на железнодорожном транспорте. *Автоматика, телемеханика и связь.* 1998. № 9. С. 8–9.
113. Васекин А.И. Спутниковые технологии в управлении перевозочным процессом. *Автоматика, связь, информатика.* 2001. № 12. С. 32–33.
114. GSM-R System Requirements Specification (v.15.3.0). Paris: International Union of Railways, 2012. 168 p.

115. Казанский Н.А., Горелов Г.В., Колбасюк С.А. Общая концепция построения цифровой сети интегрального обслуживания скоростной железнодорожной магистрали. *Электросвязь*. 1993, № 12. С. 34-36.

116. ВНД 32.1.07.000-02: тимчасова інструкція з організації швидкісного руху пасажирських поїздів. Вимоги до інфраструктури та рухомого складу. – К.: Укрзалізниця, 2002.

117. Смит Д., Симпсон К. Функциональная безопасность (Простое руководство по применению стандарта МЭК 61508 и связанных с ним стандартов) / пер. с англ. под ред. И.Б. Шубинского. М.: Изд. Дом «Технологии», 2004. 206 с.

118. Ананьева О. М., Давиденко М. Г., Бабаев М. М. Виды и параметры помех, действующих в канале связи системы автоматической локомотивной сигнализации. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2016. № 163. С. 20-25.

119. Соболев, Ю.В. Путевые преобразователи автоматизированных систем управления железнодорожного транспорта. Харьков: ХФИ «Транспорт Украины», 1999. 200 с.

120. 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.: Издательский дом «Мануфактура», 2004. 288 с.

121. Леушин В.Б., Блачев К.Э., Юсупов Р.Р. Анализ причин сбоев в системе АЛСН. *Автоматика, связь, информатика*. 2013. № 4. С. 20-25.

122. Автоматическая локомотивная сигнализация. 2010. Режим доступа: http://pomogala.ru/tormoza/tormoza_39.html. Назва з екрана.

123. Балуев, Н.Н. Развитие средств ЖАТ. Стратегия и тактика. *Автоматика, связь, информатика*. 2012. № 8. С. 2.

124. Шаманов В.И. Защищенность локомотивных приемников АЛС от помех. *Автоматика, связь, информатика*. 2013. № 4. С. 14-19.

125. Дюбей Гопал К. Основные принципы устройства электроприводов. М.: Техносфера, 2009. 480 с.

126. Тулупов В.Д. Автоматическое регулирование сил тяги и торможения электроподвижного состава. М.: Транспорт, 1976. 368 с.

127. Баранов В.А. Совершенствование электрооборудования электропоездов с коллекторным тяговым приводом. *Локомотив*. 2012. № 1. С. 26-27.

128. Радіотехніка: енциклопедичний навчальний довідник / В.Т. Белінський, Г.І. Васюк, Вал.С. Вунтесмері [та ін.]; за ред. Ю.Л. Мазора, Є.А. Мачуського, В.І. Правди. К.: Вища школа, 1999. 838 с.

129. Сороко В.И., Розенберг Е.Н. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: в 2 т. – М.: НПФ «Планета», 2000. Т. 2. 1008 с.

130. Репин В.Г. Тартаковский Г.П. Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптация информационных систем. М.: Советское радио, 1977. 432 с.

131. Тартаковский Г.П. Теория информационных систем. – М.: Физматкнига, 2005. 304 с.

132. Тихонов В.И. Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 2004. 608 с.

133. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Советское радио, 1971. 672 с.

134. Батаєв О.П., Корольова Н.А., Ковтун І.В. Теорія електричного зв'язку. Харків: УкрДАЗТ, 2010. 630 с.

135. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Електромагнітна сумісність. Вимоги та методи випробовування: ДСТУ 4151 – 2003. Увед. 01.01.2004. К.: Держспоживстандарт, 2004. 19 с.

136. Бадер, М.П. Электромагнитная совместимость. М.: УМК МПС, 2002. 638 с.

137. 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.

138. Сотник, В.О. Особливості індуктивного зв'язку рейок та локомотивних котушок системи АЛСН на ділянці стрілкового переводу.

Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. 2011. Вип. 129. С. 129-144.

139. Сотник В.О., Давиденко М.Г. Взаємна індуктивність рейки та приймальної локомотивної котушки. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту: тези доп. 74-ї Міжнар. наук.-техн. конф.* 2012. Вип. 129. С. 202-203.

140. Сотник, В.О. Особенности индуктивной связи рельсов и локомотивных катушек системы АЛСН на участке стрелочного перевода. *Внедрение перспективных микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и средств телекоммуникаций на базе цифровизации: тези доп. 26-ї Міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Алушта, вересень 2013 р.) *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2013. № 4 (додаток). С. 99.

141. Степанов М.А, Степанов А.П. Способы устранения сбоя в работе железнодорожной системы автоматики и телемеханики, вызванных повышенной намагниченностью рельсов. *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. 2015. № 1 (45). С. 168–172.

142. Костроминов А.М. Об электромагнитной совместимости рельсовых цепей с перспективным электроподвижным составом *Автоматика, телемеханика, связь*. 1989. № 6. С. 33–34.

143. Марквардт К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1982. 528 с.

144. Котельников А.В. Блуждающие токи электрифицированного транспорта. М.: Транспорт, 1986. 279 с.

145. Мащенко П.Е. Тяговый ток в рельсовой цепи: зависимости и влияния. *Мир транспорта*. 2009. №4. С. 44–49.

146. Котельников А.В. Наумов А.В., Слободянюк Л.П. Рельсовые цепи в условиях влияния заземляющих устройств [Текст]: учеб. пособие. М.: Транспорт, 1980. 207 с.

147. Бабаев М.М., Гребенюк В.Ю. Анализ влияния электромагнитных факторов на работу рельсовых цепей. *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту*. 2011. Вип. 28. С. 75–82.

148. Бабаев М.М., Давиденко М.Г., Гребенюк В.Ю. Аналіз впливу феромагнітної маси рухомої одиниці на індуктивні датчики систем залізничної автоматики. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2012. Вип. № 129. С. 117–123.

149. Гребенюк В.Ю. Аналіз впливу дестабілізуючих факторів на роботу індуктивно-дротових датчиків систем залізничної автоматики [Текст] *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту: тези доповідей 74-ї Міжнар. наук.-техн. конф.* 2012. Вип. 129. С. 203.

150. U. Henning et al. Elektrische Bahnen. 2001. № 6/7, p. 284 – 291. Исследование электрической совместимости. *Железные дороги мира*. 2002. № 4. Режим доступа: <http://www.css-rzd.ru/zdm/04-2002/01212-1.htm>.

151. Шаманов В.И., Трофимов Ю.А. Асимметрия тяговых токов под катушками АЛС *Автоматика, связь, информатика*. 2008. № 11. С. 37–39.

152. Сотник, В.О., Бабаев М.М., Чепцов М.М. Аналіз кореляційних залежностей для синтезу приймача кодів АЛСН. *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту*. 2013. Вип. 34. С. 49-56.

153. Сотник, В.О., Бабаев М.М., Чепцов М.М. Нейромережева модель розпізнавання тривалості імпульсів та інтервалів кодів АЛСН. *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту*. 2013. Вип. 36. С. 67-78.

154. Сотник В.О. Нейромережеве моделювання функцій дешифрування кодів АЛСН. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2014. № 2. С. 66-78.

155. Оценка воздействия асимметрии на работу РЦ / Ю.А. Кравцов, Ю.И. Зенкович, В.С. Сафро [и др.] *Автоматика, связь, информатика*. 2007. № 7. С. 30–32.

156. Сердюк Т.Н., Гаврилюк В.И. Электромагнитная совместимость системы тягового электроснабжения с рельсовыми цепями. *Залізничний транспорт України*. 2005. Вип. 3/2. С. 178 – 180.

157. Гаврилюк В.И. Моделирование электромагнитного влияния тяговой сети переменного тока на рельсовую линию в присутствии экранирующего провода. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2011. № 4. С. 99-103.

158. Швир В. Надежность электронных схем в устройствах СЦБ. *Железные дороги мира*. 1986. № 1. С.59 – 67.

159. Леушин, В.Б. Аналитические исследования помех в каналах АЛС при экстремальных условиях. *Совершенствование автоматизации управления движением поездов: межвузовский сборник научных трудов институтов инженеров железнодорожного транспорта*. М.: МИИТ, 1981. Вып. 680. С. 59-60.

160. Штолл К., Беечка Й., Надворник Б. Влияние тягового подвижного состава с тиристорным регулированием на устройства СЦБ и связи: пер. с чеш. М.: Транспорт, 1989. 199 с.

161. Инкин А.И. Электромагнитные поля и параметры электрических машин. Новосибирск: ООО «Издательство ЮКЭА», 2002. 464 с.

162. Шевердин И.Н., Шаманов В.И. Влияние тяжеловесных поездов на рельсовые цепи и АЛС. *Автоматика, связь, информатика*. 2004. № 8. С. 24-29.

163. 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.

164. Гаврилюк В.И., Завгородний А.В. Модель распределения гармоник тягового тока в рельсовой линии. *Інформаційно-комп'ютерні системи на залізничному транспорті*. 2009. № 4. С. 40-43.

165. Гаврилюк В.И. Модель впливу тягового струму на тональні рейкові кола. *Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті*. 2011. Вип. 2. С.6–10.

166. Щека В.І. Організація захисту рейкових кіл від електромагнітних завод з боку контактної мережі. *Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті*. 2011. Вип. 1. С. 84–90.

167. Гончаров К.В. Синтез цифрового путевого приемника тональных рельсовых цепей *Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті*. 2011. Вип. 2. С.86-92.

168. Гончаров К.В. Исследование влияния импульсных помех на тональные рельсовые цепи *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна*. 2012. Вип. 40. С.161-166.

169. Гончаров, К.В. Корреляционный путевого приемник тональных рельсовых цепей. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна*. 2011. № 38. С. 188-193.

170. Гончаров К.В. Синтез цифровой модели тональной рельсовой цепи *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту*. 2012. № 32. С. 39-47.

171. Гончаров К.В. Повышение устойчивости тональных рельсовых цепей в условиях флуктуаций сопротивления балласта. *Наука та прогрес транспорту*. 2013. № 6(48). С.23-31.

172. Дунаев Д.В., Романцев І.О. Аналіз структури відмов і методів вимірювання параметрів рейкових кіл. *Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті*. 2001. Вип.1 С. 49-55.

173. Комплексная система защиты технических средств железнодорожной автоматики от грозовых и коммутационных перенапряжений / А.Я. Калиниченко, Е.Н. Розенберг, С.А. Сухоруков [и др.]. *Автоматика, связь, информатика*. 2002. № 5. С. 12–15.

174. Зингер М.Б. Защита устройств ЖАТ от перенапряжений. *Автоматика, связь, информатика*. 2009. № 7. С. 30–34.

175. Зингер М.Б. Возможности совершенствования защиты устройств от перенапряжений. *Автоматика, связь, информатика*. 2010. № 3. С. 34–37.

176. Калиниченко А.Я., Каменев А.И., Талалаев В.И., Новиков Г.А. Совершенствование системы защиты железнодорожной автоматики от грозовых и коммутационных перенапряжений. *Автоматика, связь, информатика*. 2004. № 4. С. 2–5.

177. Кузнецов М., Кунгуров Д., Матвеев М., Тарасов В. Входные цепи устройств РЗА. Проблемы защиты от мощных импульсных перенапряжений. *Новости электротехники*. 2006. № 6 (42). С. 2–6.

178. Кравченко К.В. Защита систем ЖАТ от грозовых и коммутационных перенапряжений. *Автоматика, связь, информатика*. 2011. №4. С. 25–28.

179. Милехин Д.А., Кияткин Н.А. Защита от грозовых и коммутационных перенапряжений. *Автоматика, связь, информатика*. 2012. № 1. С. 5–6.

180. Мороз В.П., Лапко А.О. Аналіз відмов пристроїв залізничної автоматики. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2007. № 2(64). С.10-15.

181. Кравцов Ю.А., Мащенко П.Е., Щербина Е.Г. Электромагнитное влияние перспективного электроподвижного состава на устройства железнодорожной автоматики: учеб. пособие. М.: МИИТ, 2012. 117 с.

182. Антоненко В.С., Кравцов Ю.А., Сафро В.М., Чегуров А.Б. Анализ работоспособности автоматической локомотивной сигнализации числового кода. *Известия ПГУПС*. 2011. С. 101-112.

183. Могильников Ю.В. Влияние асимметрии тягового тока на работу рельсовых цепей. *Транспорт Урала:научно-технический журнал*. 2015. № 3. С. 83-85

184. Немцов М.В. Шамаев Ю.М. Справочник по расчету параметров катушек индуктивности. М.: Энергоиздат, 1981.136 с.

185. Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчет индуктивностей: справочная книга. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. 488 с.

186. Ananieva O., Babaiev M., Blyndiuk V., Davidenko M. Design of a device for optimal reception of signals against the background of a two-component

Markov interference *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 6, Issue 9 (90). P. 4 – 9. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.118869 (видання індексується у базі Scopus).

187. Ананьева О. М. Приём информационных сигналов систем железнодорожной автоматики в условиях действия трёхкомпонентной помехи. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2018. № 1. С. 24-28.

188. Torres J., Phernandes F., Habermann J. Digital Demodulator for BFSK Waveform Based Upon Correlator and Differentiator Systems. *Radioengineering*. 2014. Vol. 23, Issue 4. P. 1161–1168.

189. Ouyang X., Luo L., Xiong J. Time Delay Estimation Using Windowed Differential Magnitude of Cross Correlation and Its Hilbert Transform. *Procedia Engineering*. 2012. Vol. 29. P. 2033–2038. doi: 10.1016/j.proeng.2012.01.257.

190. Кошевий, С.В., Кошевий М.С., Бабаєв М.М. Електромагнітне середовище вздовж дільниці залізниці і його вплив на роботу автоматичної локомотивної сигналізації. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2008. № 4 (72). С. 13-18.

191. Кошевий, М.С. Вплив коливань кузова локомотива на взаємну індуктивності між рейками та локомотивними приймальними котушками. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2009. № 3 (76). С. 18–23.

192. Кошевий С.В., Кошевий М.С., Іващенко О.М. Дослідження впливу швидкості руху поїзда на частоту сигналу в приймальних котушках системи автоматичної локомотивної сигналізації. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2009. Вип. 94. С. 121–126.

193. Кантор И.И. Высокоскоростные железнодорожные магистрали: трасса, подвижной состав, магнитный подвес: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. М.: Маршрут, 2004. 51 с.

194. Соболев, Ю.В., Кошевий С.В., Кошевий М.С., Бібіков С.М. Дослідження умов роботи локомотивних пристроїв АЛС при безупинному

проходженні поїзда через станцію. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2009. № 1 (74). С. 32–43.

195. Лисенков, В.М. Индуктивная связь с поездами. М.: Транспорт, 1976. 112 с.

196. Теория линейных электрических цепей железнодорожной автоматики, телемеханики и связи / Е.А. Волков, Э.И. Санковский, Д.Ю. Сидорович; под ред. В.А. Кудряшова. М.: Маршрут, 2005. 510 с.

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

198. Коваль, Ю.О. Гринченко Л.В., Милютченко І.О., Рибін О.І. Основи теорії кіл. Харків: ХНУРЕ; Колепум, 2006. Ч. 2. 668 с.

199. Фарлоу С. Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров. М.: Мир, 1985. 384 с.

200. Харкевич А.А. Основы радиотехники. М.: Физматлит, 2007. 512 с.

201. Смирнов В.И. Курс высшей математики. М.: Наука, 1974. Т. 2. 656 с.

202. Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В. Основы теории цепей. М.: Энергия, 1975. 752 с.

203. Бабаєв М.М. Давиденко М.Г., Загарій Г.І., Соболев Ю.В. Лінійні електричні кола пристроїв автоматики та зв'язку. Харків: УкрДАЗТ, 2007. 286 с.

204. Шимони К. Теоретическая электротехника. М.: Мир, 1964. 774 с.

205. Саяпіна І.О. Удосконалення методів і засобів підвищення завадостійкості тональних рейкових кіл: автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.22.20. Харків, 2017. 20 с.

206. Каллер М.Я., Соболев Ю.В., Богданов А.Г. Теория линейных электрических цепей железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. М.: Транспорт, 1987. 336 с.

207. Основи теорії електричних кіл: у 3 кн. Кн. 2. Аналіз лінійних електричних кіл. Частотна область / М.Б. Гумен, А.М. Гуржій, В.М. Співак; за ред. М.Б. Гумена. К.: Вища школа, 2004. 358 с.

208. Соболев, Ю.В. Бабаев М.М., Давиденко М.Г. Теория электрических и магнитных кил. Харків: ХФВ «Транспорт України», 2002. 264 с.
209. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Сов. радио, 1977. 608 с.
210. Соболев Ю.В., Давиденко М.Г., Ананьева О.М., Сотник В.О. Математична модель каналу передачі сигналів числового коду АЛСН. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2010. Вип. 119. С. 78-88.
211. Кошевий С.В., Кошевий М.С. Виявлення сигналів числового коду АЛСН на фоні завад з використанням статистичної теорії рішень: імовірність помилок та середній ризик. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2009. № 4 (77). С. 113 – 120.
212. Попов В.П. Основы теории цепей. М.: Высш. шк., 2000. 576 с.
213. Ананьева, О.М. Динамічна модель каналу передачі сигналів АЛСН. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2011. Вип. 121. С. 120-132.
214. Ананьева О.М., Давиденко М.Г., Сотник В.О., Бабаев М.М. Часові характеристики струму шунта та електрорушійні сили локомотивних котушок системи АЛСН. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2011. Вип. 127. С. 56-78.
215. Електротехніка та електромеханіка систем залізничної автоматики: підручник / М.М. Бабаев, М.Г. Давиденко, Г.І. Загарій [та ін.]. Харків: УкрДАЗТ, 2011. 608 с.
216. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. М.: Высш. шк., 1978. 231 с.
217. Иоссель Ю.Я., Кочанов Э.С., Струнский М.Г. Расчет электрической емкости. Л.: Энергоиздат, Ленингр. отд-ние, 1981. 288 с.
218. Тулупов В.Д. Автоматическое регулирование сил тяги и торможения электроподвижного состава. М.: Транспорт, 1976. 368 с.

219. Фалькович С.Е., Хомяков Э.Н. Статистическая теория измерительных радиосистем. М.: Радио и связь, 1981. 288 с.
220. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации. М.: Радио и связь, 1992. 304 с.
221. Першин В.Т. Основы радиоэлектроники. Минск: Высшэйшая школа, 2006. 400 с.
222. Теория обнаружения сигналов / П.С. Акимов, П.А. Бакут, В.А. Богданович [и др.]; под ред. П.А. Бакута. М.: Радио и связь, 1984. 440 с.
223. Ширман Я.Д. Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. М.: Радио и связь, 1981. 416 с.
224. Шахтарин Б.И. Случайные процессы в радиотехнике: цикл лекций. М.: Радио и связь, 2000. 584 с.
225. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. М.: Наука, 1968. 464 с.
226. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: Наука, 1976. 576 с.
227. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. М.: Наука, 1973. 872 с.
228. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Советское радио, 1974. Кн. 1. 552 с.
229. Прудников А.П., Брычков Ю.А., Маричев О.И. Интегралы и ряды. Элементарные функции. М.: Наука, 1981. 800 с.
230. Шаманов, В.И. Устойчивость работы АЛСН при электротяге переменного тока. *Автоматика, связь, информатика*. 2010. № 8. С. 6-10.
231. Левин, Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь, 1989. 656 с.
232. Жиглявский А.А., Жилинскас А.Г. Методы поиска глобального экстремума. М.: Наука, 1991. 248 с.
233. Стронгин Р.Г. Численные методы в многоэкстремальных задачах. М.: Наука, 1978. 240 с.

234. Иванов В.А., Медведев В.С., Чемоданов Б.К. Математические основы теории автоматического регулирования: учеб. пособие для вузов. М.: Высш. шк. 1971. 808 с.

235. Ананьева О. М. Математична модель блок-діляниці рейкового кола як формувача струму в перерізі приймання сигналів АЛСН. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2011. № 122. С. 43-51.

236. Ананьева О. М., Сотник В. О. Вплив неоднорідностей рейкової лінії на приймання сигналів АЛСН. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2011. № 124. С. 77-83.

237. Ананьева О. М., Сотник В. О., Соколов Ю. В. Математична модель вхідного сигнального струму локомотивного приймача числових кодів АЛСН. *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту*. 2011. № 26. С. 67-70.

238. Придубков П. Я., Прогонный А. Н., Ананьева О. М. Магнитное поле рельсовых цепей и электромагнитные параметры систем транспортных средств. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2012. № 128. С. 174-181.

239. Бабаев М. М., Ананьева О. М., Давиденко, М. Г., Сотник В. О. Математична модель каналу передачі сигналів числових кодів АЛСН. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2012. № 134. С. 187-198.

240. Ананьева О. М., Давиденко М. Г. Временные зависимости сигнального тока локомотивного приемника числовых кодов АЛСН. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2015. № 154. С. 126-135.

241. Ананьева О. М., Давиденко М. Г. Прием сигналов АЛСН в условиях действия двухкомпонентной помехи. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2015. № 5. С. 52-56.

242. Ананьева О. М., Давиденко М. Г. Синтез нелинейного приемника сигналов АЛСН в условиях действия аддитивной двухкомпонентной помехи. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2015. № 6. С. 46-50.

243. Ананьева О. М., Давиденко М. Г., Бабаев М. М. Математическая модель двухкомпонентной аддитивной помехи в виде марковского процесса. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2016. № 4. С. 20-24.

244. Ананьева О. М., Давиденко М. Г., Бабаев М. М. Аппроксимация функции правдоподобия аддитивной смеси сигнала и двухкомпонентной помехи. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2016. № 5. С. 9-13.

245. Панченко С. В., Ананьева О. М., Давиденко М. Г., Бабаев М. М. Инженерная интерпретация функции правдоподобия аддитивной смеси сигнала и двухкомпонентной помехи. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2017. № 1. С. 3-11.

246. Ананьева О. М. Математическая модель смеси сигнала и многокомпонентной помехи на входе путевых устройств железнодорожной автоматики. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. № 6. 2017. С. 16-19.

247. Рельсове коло: пат. на винахід 101093 Україна. МПК В 61 L 23/00 / Бабаєв М. М., Кошевий С. В., Сотник В. О., Романчук В. Б., Ананьева О. М., Саяпіна І. О.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № а 2011 10949; заявл. 13.09.2011; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4. 5 с.

248. Пристрій для прийому сигналу з рейкового кола: пат. на винахід 105586 Україна. МПК В 61 L 23/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Чепцов М. М., Ананьева О. М., Саяпіна І. О.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № а 2013 04049; заявл. 01.04.2013; опубл. 26.05.2014, Бюл. № 10. 4 с.

249. Індуктивно-дротовий датчик для виявлення транспортного засобу в межах певної ділянки шляху: пат. на винахід 101096 Україна. МПК В 61 L 1/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Ананьева О. М., Гребенюк В. Ю.; власник

Українська державна академія залізничного транспорту. № а 201111355
заявл. 26.09.2011; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4. 5 с.

250. Ананьєва О. М. Формування сукупності інформаційних даних про склад і параметри руху поїздів. *Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины*. Матеріали 22-ї міжнародної науково-практичної конференції, (м. Алушта, вересень 2009 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2009. № 4 (додаток). С. 9.

251. Ананьєва О. М. Давиденко М. Г., Сотник В. О. Математичні моделі каналу передачі сигналів числових кодів автоматичної локомотивної сигналізації. *Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте*. Тезиси IV Международной научно-практической конференции (15-19 февраля 2011 г.). Днепропетровськ: ДНУЗТ, 2011. С. 8.

252. Ананьєва О. М. Модель каналу передачі сигналів автоматичної локомотивної сигналізації. *Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины*. Матеріали 24-ї міжнародної науково-практичної конференції (м. Алушта, вересень 2011 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2011. № 5. С. 121.

253. Ананьєва О. М., Сотник В. О. Математична модель вхідного сигналу локомотивного приймача системи АЛСН. *Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железных дорог Украины*. Матеріали стендовых докладов 25 международной конференции (м. Алушта, 24-29 вересня 2012 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2012. № 4 (приложение). С. 111.

254. Ананьєва О. М. Математичні моделі блок-дільниці рейкового кола як формувача струму в перерізі приймання сигналів АЛСН. *Внедрение перспективных микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и средств телекоммуникаций на базе цифровизации*. Тезиси докладов 26 международной научно-практической конференции (м. Алушта, 23-

28 вересня 2013 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2013. № 4 (додаток). С. 98.

255. Ананьєва О. М. Дослідження додаткових інформаційних ознак стану рейкової лінії за рахунок удосконалення безперервних колійних перетворювачів. Тези доповідей 75-ї міжнародної науково-технічної конференції (м. Харків, 24-25 квітня 2013 р.). *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2013. № 136. С. 286-287.

256. Ананьєва О. М. Методи та моделі прогнозування ефективності роботи систем залізничної автоматики. Тези доповідей 76 міжнародної науково-практичної конференції (15-17 квітня 2014 р.). *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2014. № 143 (додаток). С. 230.

257. Ананьєва О. М. Динамічна модель каналу передачі сигналів АЛСН. Тезиси докладов 27 международной научно-практической конференции (м. Харків, 24-26 вересня 2014 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2014. № 4 (додаток). С. 57.

258. Ананьєва О. М. Формування сукупності інформаційних даних про склад і параметри руху поїздів. Тезиси докладов 28 международной научно-практической конференции (м. Харків, вересень 2015 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2015. № 4 (додаток). С. 48.

259. Ананьєва О. М. Методи та моделі прогнозування ефективних параметрів керування рухомим складом залізничного транспорту. Тези доповідей 78 міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 26-28 жовтня 2016 р.). *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2016. № 160 (додаток). С. 31.

260. Ананьєва О. М. Синтез нелінійного прийемника числових кодів автоматической локомотивной сигнализации. Матеріали стендових доповідей 29 міжнародної науково-практичної конференції (27-29 вересня 2016 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2016. № 4 (додаток). С. 13-14.

261. Ананьева О. М., Давиденко М. Г., Бабаев М. М. Синтез базовых узлов устройства оптимального приёма сигнала на фоне двухкомпонентной марковской помехи (м. Херсон, 29 вересня 2017 р.). *Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування*. Матеріали 8-ї міжнародної науково-практичної конференції. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2017. С. 383-386.

262. Ананьева О. М. Оптимальный прием сигналов на фоне двухкомпонентной марковской помехи. *Информатика, управління та штучний інтелект*. Матеріали четвертої міжнародної науково-технічної конференції студентів, магістрів та аспірантів (м. Харків, НТУ «ХП», 21-23 листопада 2017 р.). Харків: НТУ «ХП», 2017. С. 8.

263. Ананьева О. М. Принципи побудови завадостійких систем залізничної автоматики *Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті*. Тези доповідей 79 міжнародної науково-технічної конференції (м. Харків, 25-27 квітня 2017 р.). *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2017. № 169 (додаток). С. 111-112.

264. Ананьева О. М. Підвищення ефективності роботи засобів інтервального регулювання рухом поїздів. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2009. № 102. С. 209-215.

265. Ананьева О.М. Синтез пристрою оцінки хвильових параметрів тональних рейкових кіл. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2010. № 116. С. 116-120.

266. Богатир Ю. І. Удосконалення методів керування та контролю виконавчими пристроями станційних систем залізничної автоматики: автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.22.20. Харків, 2016. 20 с.

267. Гребенюк В. Ю. Удосконалення методів та засобів контролю рухомих одиниць залізничного транспорту: автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.22.20. Харків, 2015. 20 с.

268. Паршина Е.В. Синтез двоичных сигналов, обеспечивающих максимально достижимую помехоустойчивость системы АЛС. *Транспорт Урала*. 2009. №2 (21). С. 36–38.

269. Шаманов В.И. Динамика асимметрии переменного тягового тока в рельсовых линиях на двухпутных перегонах. *Электротехника*. 2016. – № 10. С. 74-79.

270. Shingo Yoshizava, Hiroshi Tanimoto, & Takashi Saito (2017). Data Selective Rake Reception for Underwater Acoustic. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2017, Article ID 5793507. doi.org/10.1155/2017/5793507.

271. Djukanovic, S., & Popovic, V. (2012). A Parametric Method for Multicomponent Interference Suppression in Noise Radars. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 48 (3), 2730–2738. doi: 10.1109/taes.2012.6237624.

272. Liu, Z., Liu, H., Xu, W., & Chen, Y. (2014). An Error-Minimizing Frameworks for Localizing Jammers in Wireless Networks. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 25 (2), 508–517. doi: 10.1109/tpds.2013.33.

273. Torres, J. Phernandes, F., & Habermann J. (2014). Digital Demodulator for BFSK Waveform Based Upon Correlator and Differentiator Systems. *Radioengineering*, 23 (4), 1161–1168.

274. Liu, W., Chen, R., Cai, H., Luo, W., & Revil, A. (2017). Correlation analysis for spread-spectrum induced-polarization signal processing in electromagnetically noisy environments. *GEOPHYSICS*, 82 (5), E243–E256. doi: 10.1190/ geo2016-0109.1.

275. Oyang, X., Luo, L., & Xion, J. (2012). Time Delay Estimation Using Windowed Differential magnitude of Cross Correlation and Its Hilbert Transform. *Procedia Engineering*, 29, 2033–2038. doi: 10.1016/j.proeng.2012.01.257.

276. Kandar, D., Guchhait, A., & Adikari, A. et. al. (2013). Clutter rejection in outdoor radar operation by correlation method for known target. *Journal of Information Systems and Communication*, 3 (1), 332–334.

277. Zhenhua, Liu, Hongbo, Liu, Wenyan, Xu, Yingying, Chen. (2014). An Error-Minimizing Frameworks for Localizing Jammers in Wireless Networks. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 25, No. 2, 508–517.

278. Xuerong, Cui, Gulliver, Aaron T., Zhang, Hao et al. (2016). Correlation-sum-deviation ranging method for vehicular node based on IEEE 802.11p short preamble. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12, No. 8. 1–15.

279. Weiqiang, Liu, Rujun, Chen, Weiqiang, Liu, Hongzhu, Cai, Weibin, Luo, Revil, André. (2017). Correlation analysis for spread-spectrum induced-polarization signal processing in electromagnetically noisy environments. *Geophysics*, 82, No. 5, E243-E256.

280. Гончаров К.В. Синтез цифрового локомотивного приёмника автоматической локомотивной сигнализации. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна*. 2013. Вип. 1 (43). С.30-38.

281. Гололобова О.О. Математичне моделювання входних пристроїв системи автоматичної локомотивної сигналізації Наука та прогрес транспорту. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна*, 2014. № 2 (50). С. 21-30.

282. Чепцов М.М., Бойнік А.Б., Кузьменко Д.М. Методи синтезу сигнально-процесорної централізації стрілок і сигналів: монографія. Донецьк: ДонІЗТ, 2010. 181 с.

283. Аналіз стану безпеки руху в структурі ПАТ «Укрзалізниця» у 2017 році. К.: Укрзалізниця, 2018. 159 с.

284. Gavrilyuk V., Zavgorodnyj A. Computer simulation of electromagnetic interference from railway electric power system harmonics. *Arch. of transport system telematics*. 2009. Vol. 2, № 1. P. 33–37.

285. Горенбейн Е.В., Лукоянов С.В., Вологжанин В.В. Сбои кодов АЛСН и их учет. *Автоматика, связь, информатика*. 2012. № 7. С. 18–22.

286. Пристрій контролю проходження відчепа: пат. на винахід 75537 Україна. МПК В 61 L 1/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Чепцов М. М., Давиденко М. Г., Ананьєва О. М., Гребенюк В. Ю.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № у 201204385; заявл. 09.04.2012; опубл. 10.12.2012, Бюл. №23. 5 с.

287. Пристрій для контролю проходження відчепа: пат. на винахід 102472 Україна. МПК В 61 L 1/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Чепцов М. М., Давиденко М. Г., Ананьєва О. М., Гребенюк В. Ю.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № а 201204243; заявл. 25.09.2012; опубл. 10.07.2013, Бюл. №13. 5 с.

288. Колійний індуктивний датчик: пат. на винахід 102929 Україна. МПК В 61 L 1/00 В 61 L 25/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Чепцов М. М., Давиденко М. Г., Ананьєва О. М., Прилипко А. А.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № а 2012 04102; заявл. 03.04.2012; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 16. 5 с.

289. Стрілочний електропривід: пат. на винахід 101436 Україна. МПК Н04К 3/00 Н03J 7/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Ананьєва О. М., Богатир Ю. І.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № а201201334; заявл. 23.09.2011; опубл. 25.03.2012, Бюл. № 6. 5 с.

290. Рейкове коло : пат. на корисну модель 68742 Україна. МПК В 61 L 23/00 / Бабаєв М. М., Кошевий С. В., Сотник В. О., Романчук В. Б., Ананьєва О. М., Саяпіна І. О.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № у 2011 11106; заявл. 19.09.2011; опубл. 10.04.2012, Бюл. № 7. 5 с.

291. Колійний індуктивний датчик: пат. на корисну модель 75961 Україна. МПК В 61 L 1/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Чепцов М. М., Давиденко М. Г., Ананьєва О. М., Прилипко А. А.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № у 2012 04231; заявл. 05.04.2012; опубл. 25.12.2012, Бюл. № 24. 5 с.

292. Індуктивно-дротовий датчик для виявлення транспортного засобу в межах певної ділянки шляху: пат. на корисну модель 69618 Україна. МПК В 61 L 1/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Ананьєва О. М., Гребенюк В. Ю.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № u 201111537; заявл. 29.09.2011; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 9. 4 с.

293. Стрілочний електропривід: пат. на корисну модель 68099 Україна. МПК В61L 5/00 / Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Ананьєва О. М., Богатир Ю. І.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. № u201111437; заявл. 28.09.2011; опубл. 12.03.2012, Бюл. № 5. 5 с.

294. Балака Є.І., Зоріна О.І., Колесникова Н.М., Писаревський І.М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: навч. посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 210 с.

295. Андрижиевский А.А. Энергосбережение и энергетический менеджмент: учеб. пособие / А.А. Андрижиевский, В.И. Володин. – 2-е изд., испр. – Мн.: Вышш. Шк., 2005. – 294 с.

296. Макконнел К.Р., Брю С.Л. Экономикс: принципы, проблема и политика: пер. с англ. М.: ИНФРА-М, 2007. 940 с.

297. Дикань В.Л. Аналіз і розробка інвестиційних проектів [Текст]: консп. лекцій з дисципліни «Проектний аналіз» / В.Л. Дикань, Н.В. Якименко. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 40 с.

298. Стратегия предприятия и стратегический менеджмент: Учеб. пособие / Ю.В. Соболев, В.Л. Дикань, А.Г. Дейнека, Л.А. Позднякова. – Харків: ООО «Олант», 2002. – 416 с.