

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Лобатюк Юрій Анатолійович

УДК 629.423

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ
ЕЛЕКТРИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Спеціальність 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник:
Мокін Борис Іванович
академік НАПН України,
д.т.н., професор

Вінниця - 2015

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

ВСТУП 5

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ НАУКОВИХ РОБІТ, ПРИСВЯЧЕНИХ РОЗРОБЛЕННЮ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

1.1 Характеристика електровоза як основного тягового засобу тягового рухомого складу залізниці..... **Error! Bookmark not defined.**

1.2 Характеристика електричної підсистеми гальмівної системи електропотяга **Error! Bookmark not defined.**

1.3 Характеристика механічної підсистеми гальмівної системи електропотяга **Error! Bookmark not defined.**

1.4 Характеристика пневматичної підсистеми гальмівної системи електропотяга **Error! Bookmark not defined.**

1.5 Аналіз основних методів та засобів діагностування гальмівної системи електропотяга..... **Error! Bookmark not defined.**

1.6 Висновки до розділу 1 та постановка задач дослідження **ERROR! Bookmark not defined.**

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ МАШИНІСТОМ ЕЛЕКТРОВОЗА ПО ВИЯВЛЕННЮ НЕСПРАВНОСТЕЙ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПІДСИСТЕМИ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ПІД ЧАС РУХУ НА МАРШРУТІ **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

2.1 Секвенціальна модель технічного стану силових електричних кіл тягового електровоза..... **Error! Bookmark not defined.**

2.2 Синтез структури системи автоматичного контролю технічного стану силових електричних кіл тягового електровоза **Error! Bookmark not defined.**

2.3 Мікропроцесорна реалізація системи автоматичного контролю технічного стану силових електричних кіл тягового електровоза **Error! Bookmark not defined.**

2.4 Висновки до розділу 2..... **Error! Bookmark not defined.**

РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ РІВНЯ ЗНОСУ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК ВАГОНІВ В СКЛАДІ ЕЛЕКТРОПОТЯГА **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

3.1 Характеристика особливостей діагностування рівня зносу гальмівних колодок рухомого складу електропотяга **Error! Bookmark not defined.**

3.2 Математична модель для діагностування рівня зносу гальмівних колодок електровоза та вагонів електропотяга **Error! Bookmark not defined.**

3.3 Розробка структури пристрою для діагностування рівня зносу гальмівних колодок..... **Error! Bookmark not defined.**

3.4 Мікропроцесорна реалізація пристрою для діагностування рівня зносу гальмівних колодок..... **Error! Bookmark not defined.**

3.5 Висновки до розділу 3..... **Error! Bookmark not defined.**

РОЗДІЛ 4 СИНТЕЗ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ПНЕВМАТИЧНОЇ ПІДСИСТЕМИ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОТЯГА..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

4.1 Синтез математичної моделі для діагностування пневматичної магістралі гальмівної системи електропотяга **Error! Bookmark not defined.**

4.2 Розроблення структури пристрою для діагностування пневматичної підсистеми гальмівної системи електропотяга **Error! Bookmark not defined.**

4.3 Дослідження системи діагностики пневматичної підсистеми гальмівної системи електропотяга на імітаційній моделі та визначення відстані до місця пошкодження **Error! Bookmark not defined.**

4.4 Мікропроцесорна реалізація пристрою для діагностування пневматичної підсистеми гальмівної системи електропотяга **Error! Bookmark not defined.**

4.5 Постановка експерименту для перевірки адекватності моделі діагностування і ефективності пристрою діагностування та обробка результатів експерименту. **Error! Bookmark not defined.**

4.6 Імітаційне моделювання для перевірки адекватності математичної моделі для діагностування пневматичної магістралі гальмівної системи електропотяга **Error! Bookmark not defined.**

4.7 Висновки до розділу 4.....	Error! Bookmark not defined.
ВИСНОВКИ	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	10
Додаток А Обробка результатів експерименту.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
Додаток Б Акти впровадження.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ВСТУП

Актуальність теми. Надійне функціонування пристроїв та функціональних агрегатів відноситься до розряду особливо гострих питань на будь-якому виді транспорту. На залізничному транспорті це питання є важливим, оскільки кількість можливих небезпечних ситуацій суттєво зростає, а масштаб останніх змушує звернути на це особливу увагу.

Надійність електротехнічних комплексів електрорухомого складу залізниці є актуальною, беручи до уваги чисельність небезпечних ситуацій на залізничних коліях України. Зокрема, стан такого важливого функціонального блоку електротехнічного комплексу електропотяга, яким є гальмівне та зв'язане з ним електричне обладнання, суттєво впливає на безпеку руху та технічні показники залізничного транспорту. При недостатній ефективності гальм у поїзді створюється загроза виникнення небезпечних ситуацій на залізничних шляхах.

Діагностування основних функціональних агрегатів електротехнічного комплексу електропотяга в режимі нормальної експлуатації скорочує час на пошук несправностей та зменшує матеріальні витрат на ремонт, що сприяє зросту надійності функціонування як електротехнічного комплексу електровоза, так і поїзда в цілому, а тому тема дисертаційної роботи, присвяченої розробці методів та пристроїв для діагностування гальмівної системи електропотяга як однієї із найважливіших підсистем його електротехнічного комплексу є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основний зміст роботи складають результати досліджень, які проводились протягом 2011-2014 років, відповідно до наукового напрямку кафедри «Відновлювальна енергетика та транспортні електричні системи і комплекси».

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення надійності функціонування такого важливого функціонального блоку

електротехнічного комплексу електропотяга, яким є гальмівна система, за рахунок створення математичних моделей та пристроїв для діагностування її механічної і пневматичної підсистем та електричної підсистеми у вигляді системи підтримки прийняття рішень по виявленню несправностей на маршруті.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні задачі:

- здійснити аналіз наукових робіт, присвячених діагностуванню основних функціональних підсистем гальмівної системи електропотяга, та дослідити особливості використання існуючих методів та пристроїв діагностування гальмівної системи електровоза та системи оцінки несправностей електричної підсистеми;
- розробити математичну модель та удосконалити систему підтримки прийняття рішень по виявленню несправностей електричної підсистеми електропотяга машиністом електровоза.
- розробити математичну модель, метод діагностики на її основі та пристрій для діагностування механічної підсистеми гальмівної системи електропотяга;
- розробити математичну модель, метод діагностики на її основі та пристрій для діагностування пневматичної підсистеми гальмівної системи електропотяга;
- розробити імітаційну модель для перевірки синтезованих математичних моделей на адекватність та для оцінки ефективності розроблених пристроїв діагностування.

Об'єктом дослідження є процеси діагностування основних функціональних агрегатів електротехнічного комплексу електропотяга.

Предмет дослідження – методи, математичні моделі та пристрої для діагностування гальмівної системи електропотяга, як однієї із найбільш важливих функціональних підсистем його електротехнічного комплексу.

Методи дослідження. Під час досліджень використовувалися методи теоретичної механіки та математичного аналізу для дослідження такого важливого функціонального блоку електротехнічного комплексу електропотяга, яким є механічна підсистема його гальмівної системи. При дослідженні роботи іншого важливого функціонального блоку електротехнічного комплексу електропотяга, яким є пневматична підсистема його гальмівної системи, використовувалися методи аеродинаміки та теорії диференціальних рівнянь в частинних похідних. Для синтезу та дослідження математичних моделей діагностування застосовувались методи ідентифікації динамічних систем та імітаційного моделювання. Застосовувалася теорія мікропроцесорів для реалізації структур розроблених пристроїв діагностування. Використано методи кінцевих автоматів та секвенціального аналізу з метою синтезу системи підтримки прийняття рішень машиністом на маршруті з виявлення несправностей електричної підсистеми електротехнічного комплексу електропотяга, пов'язаної функціонально з гальмівною системою

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Вперше запропоновано новий метод діагностування рівня зносу гальмівних колодок гальмівної системи у складі електротехнічного комплексу електропотяга, який дозволяє вимірювати рівень зносу кожної гальмівної колодки в процесі її нормальної експлуатації за допомогою доступних для вимірювання опосередкованих параметрів, що, на відміну від існуючих методів, не вимагає внесення змін в технологію виробництва гальмівних колодок.

2. Запропоновано математичну модель для діагностування пневматичної магістралі гальмівної системи електропотяга, для ідентифікації якої достатньо знати лише значення основних параметрів режиму роботи електротехнічного комплексу, винесених на панель керування електровозом в кабіні машиніста, та вперше розроблено метод діагностики та пристрій, реалізований на його базі, що дозволяє машиністу визначати місце пошкодження пневматичної магістралі під час руху електропотяга, не покидаючи своєї кабіни.

3. Вперше синтезовано секвенціальну модель функціонування електричної підсистеми гальмівної системи електропотяга, за допомогою якої удосконалено систему підтримки прийняття рішень щодо виявлення машиністом електровоза несправностей гальмівної системи електропотяга під час його руху.

4. Отримав подальший розвиток метод імітаційного моделювання, з використанням якого запропоновані процедури перевірки синтезованих математичних моделей на адекватність та оцінювання розроблених діагностичних пристроїв на ефективність.

Практичне значення одержаних результатів:

Розроблено структурні схеми пристроїв для діагностування в режимі нормальної експлуатації таких важливих функціональних блоків електротехнічного комплексу електропотяга, якими є механічна і пневматична підсистеми гальмівної системи електропотяга та функціонально зв'язана з ними електрична підсистема, на основі яких легко реалізується комплексний мікропроцесорний пристрій, що встановлюється на панелі управління у кабіні машиніста поїзда з електричною локомотивною тягою і дозволяє машиністу оперативно реагувати на виникнення несправностей у гальмівній системі електропотяга.

Результати, отримані в дисертаційній роботі, впроваджено на відокремленому підрозділі «Локомотивне депо Жмеринка» державного територіально-галузевого об'єднання «Південно-західна залізниця», на відокремленому підрозділі «Вагонне депо Жмеринка» державного територіально-галузевого об'єднання «Південно-західна залізниця» та в навчальний процес Вінницького національного технічного університету, що підтверджується відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Усі результати, які складають основний зміст дисертаційної роботи, отримані автором самостійно. В роботах, опублікованих у співавторстві автору належать: у [76] – запропонована структурна схема та розроблено алгоритм функціонування пристрою, який

реалізує розроблену модель; у [79] – синтезовано структуру системи автоматичного контролю технічного стану силових електричних кіл тягового електровоза; у [102] – здійснено синтез математичної моделі для діагностування пневматичної магістралі гальмівної системи електропоїзда; у [4] – розроблено деталізовану математичну модель, придатну для визначення місця пошкодження цієї магістралі, та її структурну схему, придатну для розробки імітаційної моделі; у [90] – розробка принципу роботи та впровадження мікропроцесора; у [91] – розробка принципу роботи та впровадження мікропроцесора; у [77] – побудована математична модель для діагностики рівня зносу гальмівних колодок; у [75] – проаналізовано принцип роботи гальмівної системи та визначені умови і запропоновано рішення, що дозволить системі контролю коректно працювати; у [81] – у структурній схемі передбачено зручний для машиніста механізм виведення інформації про вірогідну несправність та спосіб її усунення.

Апробація результатів дисертації. Результати та основні наукові положення дисертаційної роботи пройшли апробацію на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, 2011 – 2015 рр.; I та II міжнародних науково-технічних конференціях «Оптимальне керування електроустановками», м. Вінниця, 2011, 2013 рр.; міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми та перспективи розвитку технічних засобів транспорту та систем автоматизації», м. Харків, 2014 р..

Публікації. Основні результати дисертації опубліковані у десяти наукових працях, з них три у фахових виданнях, які входять до переліку ВАК України та міжнародної науково-метричної бази РІНЦ, одна у виданні США, що входить до переліку Index Copernicus та ін., 2 патенти на корисні моделі та 4 тези доповідей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Maksym Spiryagin Design and Simulation of Rail Vehicles / Maksym Spiryagin, Colin Cole – Taylor & Francis Group – 344 p.
2. Mathcad в инженерних розрахунках. Частина 1. Посібник для студентів инженерних спеціальностей НТУ / Гавриленко В.В., Величко К.С., Алексеєнко К.М. - К.: НТУ, 2004. - 127 с.
3. Mathcad в инженерних розрахунках. Частина 2. Посібник для студентів инженерних спеціальностей НТУ / Гавриленко В.В., Величко К.С., Алексеєнко К.М. - К.: НТУ, 2005. - 108 с.
4. Oleksandr Mokin Simulation Model for the Monitoring System of Air Brake of the Train and Determining the Place of Breakage [Текст] / Oleksandr Mokin, Borys Mokin, Yuriy Lobatiuk // International Journal of Traffic and Transportation Engineering – 2014 – Volume 3 – №4 – pp. 184-188 – ISSN: 2325-0062.
5. PIC18F2220/2320/4220/4320 Data Sheet. Режим доступу до файлу: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39599c.pdf>.
6. А.Д. Чигринец Бесконтактная тепловая диагностика транспортных машин / А.Д. Чигринец. – К.: Выща школа, 1989. – 165 с.
7. А.с. СРСР № 1136994, м. кл. В 60 Т 17/22. Устройство для контроля плотности тормозной магистрали поезда / Е.В. Орешкин. – Заявл. 20.05.83; опубл. 30.01.85; бюл. №4.
8. А.с. СРСР № 1411189 А1,м. Кл.4 В60Т17/22 Сигнализатор износа тормозных накладок / Д.Ш. Габитов (СССР). – заявл. 29.01.87; опубл. 3.07.88, Бюл. №27.
9. А.с. СРСР № 518400, м. кл. В 60 Т 17/22. Устройство для измерения плотности пневматической тормозной системы железнодорожного транспортного средства / В.Г. Иноземцев, И.Г. Левин, А.Н. Михалев – Заявл. 06.01.75; опубл. 25.06.76, бюл. №23.

10. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем. Учебное пособие / В.И. Аверченков, В.П. Федоров, М.Л. Хейфец – Брянск: Изд-во БГТУ, 2004 – 271 с.
11. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента / Ю.П. Адлер – М.: Металлургия, 1968 – 155 с.
12. Аносов В.Л. Имитационное моделирование. Учеб. Пособие / В.Л. Аносов, В.Н. Черномаз – Краматорск: ДГМА, 2007 – 156 с.
13. Антропов А. Н., Глушко М. И. Контроль тормозной рычажной передачи // Молодые ученые транспорту: Труды Всероссийской научно-технической конференции. Екатеринбург, УрГУПС, 2003.
14. Асадченко В.Р. Автоматические тормоза подвижного состава: Учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта. М.: Маршрут, 2006.- 392 с.
15. Багажов В.В. Системы безопасности движения для специального самоходного подвижного состава КЛУБ-П и КЛУБ-УП / В.В. Багажов – М.:Маршрут, 2006 г – 96 с.
16. Безуглов Д. А. Цифровые устройства и микропроцессоры / Д. А. Безуглов, И. В. Калиенко.– [2-е изд.]– Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 468 с. – ISBN 978-5-222-13917-2.
17. Бобровников Я.Ю. Диагностические комплексы электроподвижного состава / Я.Ю. Бобровников, А.Е. Стецюк – Хабаровск: ДВГУПС, 2012 – 94 с.
18. Большая энциклопедия транспорта: в 8 т. Железнодорожный транспорт / Главный редактор Н.С.Конарев. М.: Большая Российская энциклопедия, 2003 – Т. 4 – 1039 с.
19. Бондаренко Б.Р. Электровоз ВЛ80т. Руководство по эксплуатации / Под редакцией Б.Р. Бондаренко М.: Транспорт – 1977 – 568 с.
20. Бортова система діагностування гальм поїздів із світловою індикацією / В. В. Бондаренко [и др.] // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. - Х. : УкрДАЗТ, 2012. - Вип. 133. - С. 196-200 : граф., схем., рис.

21. Бочкарев С.В. Диагностика и надежность автоматизированных систем. Учеб. Пособие / С. В. Бочкарев, А. И. Цаплин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Пермь:Перм. гос. техн. ун-т, 2008 – 485 с.

22. Брей Б. Применение микроконтроллеров PIC18. Архитектура, программирование интерфейсов с применением С и Ассемблера: пер. с англ. / Брей Б. – К.: «МК-Пресс», 2008. – 576 с. - ISBN 978-966-8806-55-14.

23. Быков Б.В. Конструкция тележек грузовых и пассажирских вагонов: Иллюстрированное учебное пособие / Б.В. Быков – М.: Маршрут, 2004 – 36 с.

24. В.А. Юдин, П.С. Анисимов, И.В. Козлов Обеспеченность вагонов тормозными средствами: Учебное пособие. М.: МИИТ, 1998, - 60 с

25. В.В. Семченко. Диагностирование систем управления электровозов переменного тока с тиристорными преобразователями: дис. на соиск. науч. ст. канд. техн. наук: 05.22.07 / Семченко В. В. – Хабаровск, 2010. – 199 с.

26. В.Ф. Криворудченко, Р.А. Ахмеджанов Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. В.Ф. Криворудченко. – М.:Маршрут,2005. – 436 с.

27. Ветров Ю.Н. Конструкция тягового подвижного состава / Ю.Н. Ветров, М.В. Приставка – М.: Желдориздат, 2000 – 316 с.

28. Винарский М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье – М.: Техника, 1975 – 168 с.

29. Галай Э.И. Тормозные системы железнодорожного транспорта. Конструкция тормозного оборудования: учебное пособие / Э.И. Галай, Е. Э. Галай; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский государственный университет транспорта. – Гомель: БелГУТ, 2010. – 315 с.

30. Глазунов Л.П. Проектирование технических средств диагностирования / Л.П. Глазунов, А.Н. Смирнов – М.: Энергоатомиздат, 1982 – 168 с.

31. Глушко М.И. Про тележку грузового вагона // Вагоны и вагонное хозяйство, 2007. №3(11). - С. 18 - 20.

32. Глушко М.И., Управление автотормозами при перекрыше // Электрическая и тепловозная тяга, 1992. № 2. - С. 34 - 35.

33. Горленко А.В. Техническое диагностирование электронного оборудования электровозов переменного тока / А.В. Горленко, А.Л. Донской и др. – М.: Транспорт, 1992 – 112 с.

34. Гультияев А. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде Windows: практическое пособие / Гультияев А. — СПб.: КОРОНА принт, 1999. — 288 с.

35. Диагностика и ремонт локомотивов. Промышленное и диагностическое оборудование.[Электронный ресурс] – Режим доступа до файлу: www.zaoribor.ru/page_5.html.

36. Дмитренко И.В. Текущий ремонт и техническое обслуживание локомотивов. Сборник лабораторных работ / И.В. Дмитренко – Хабаровск: ДВГУПС, 2005 – 78 с.

37. Дмитриев В.Н. Основы пневмоавтоматики / В. Н. Дмитриев, В. Г. Градецкий. – М.: Машиностроение. – 1973. – 360 с.

38. Дмитриев Д.В. К вопросу о нормативах выхода штока тормозного цилиндра пассажирских вагонов // Збірник наукових праць ДонІЗТ . – 2010. – №22. – С. 82-93.

39. Дорохов А.Н. Обеспечение надежности сложных технических систем / А.Н. Дорохов, В.А. Керножицкий и др.. – СПб.: Лань, 2011. – 352 с.

40. Дубровский З.М. Грузовые электровозы переменного тока / З.М. Дубровский, В.И. Попов, Б.А. Тушканов – Москва: Транспорт, 1991. – 471 с.

41. Дубровский З.М. Электровоз. Управление и обслуживание / З.М. Дубровский, В.А. Курчашова, Л.П. Томфельд – Москва: Транспорт, 1979. – 231 с.

42. Дьяконов В.П. Simulink 4. Специальный справочник / Дьяконов В. П. — СПб.: Питер, 2002. — 528 с.

43. Дьяконов В.П. Справочник по MATHCAD PLUS 7.0 PRO. М.: СК Пресс 1998. 345 с.

44. Евстифеев А. В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы «ATMEL» / Евстифеев А. В. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2004.- 560 с. - ISBN 5-94120-081-1.

45. Елсаков Г.М. Устройство для контроля плотности тормозной системы поезда // Сборник научных трудов УЭМИИТ, 1974. Вып. 38. - С. 97 -102.

46. Завадский Ю.В. Решение задач автомобильного транспорта методом имитационного моделирования / Ю.В. Завадский – М.:Транспорт, 1977 – 72 с.

47. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике. Учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. - 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 496 с.

48. Захаров В. Н. Автоматы с распределенной памятью / В. Н.Захаров — М.: Энергия, 1975. – 130 л.

49. Зорин В.И. Унифицированное комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ-У) / В.И. Зорин, В.И. Астрахана – М.:Маршрут, 2008 – 106 с.

50. Иванская С.А. Теоретические основы построения и эксплуатации микропроцессорных и диагностических систем автоматики ГБОУ СПО "Минераловодский колледж железнодорожного транспорта". С.А. Иванская, 2006 г – 160 с.

51. Изаков Ф.Я. Планирование эксперимента и обработка опытных данных / Ф.Я. Изаков – Челябинск: ЧГАУ, 1997 – 128 с.

52. Інструкція по експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України: № ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015/ Затверджена наказом Укрзалізниці від 28 жовтня 1997 р. № 264-Ц – Київ, 1997.

53. Казаринов В.М. Теоретические основы проектирования и эксплуатации автотормозов. / В.М.Казаринов, В.Г.Иноземцев, В.Ф.Ясенцев – Москва: Транспорт, 1968, 400 с.

54. Катцен С. PIC-микроконтроллеры. Все что вам необходимо знать / Катцен С.; пер. с англ. Евстифеева А. В.– М.: Додэка-XXI, 2008.– 656 с.– ISBN 978-5-94120-134-1.

55. Корольков В.И., Программные и аппаратные средства современной схемотехники и программирование микроконтроллеров. Учебное пособие / В.И. Корольков, В.В. Андреев – М.: РУДН, 2008 – 243 с.

56. Кошкин Н. И. Справочник по элементарной физике / Н. И. Кошкин, М. Г. Ширкевич. – М.: Наука. – 1972. – 256 с.

57. Кошляков Н. С. Уравнения в частных производных математической физики / Н. С. Кошляков, Э. Б. Глинер, М. М. Смирнов. – М.: Высшая школа. – 1970. – 712 с.

58. Красовский Г.И. Планирование эксперимента / Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов – Мн.: Изд-во БГУ им. В. И. Ленина, 1982 – 302 с.

59. Крылов В. И., Крылов В. В. Автоматические тормоза подвижного состава. Учебник для учащихся техникумов железнодорожного транспорта – М.: Транспорт, 1983. – 360 с., илл., табл.

60. Крылов В.В. Влияние характеристик воздухораспределителей на скорость распространения тормозной волны // Кн. Эксплуатация автотормозного оборудования грузового и пассажирского подвижного состава. 1989. — С. 315.

61. Лавров В.В. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента / В.В. Лавров, Н.А. Спирин – Екатеринбург, ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004 – 257 с.

62. Лазарев В. Г. Синтез управляющих автоматов / В. Г. Лазарев, Е. И. Пийль — М.: Энергия, 1978 — 408 с.

63. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс / Ю. Лазарев. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2005. – 51 с.

64. Лисевич Т.В. Передовые технологии деповского ремонта пассажирских вагонов: учебное пособие для вузов / Т.В. Лисевич, Е.В. Александров. Самара: СамГАПС, 2005. – 80 с.

65. Лобатюк Ю.А. Методи діагностування електропривода електровоза / Мокін Б.І., Лобатюк Ю.А. // XL регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету,

9-11 березня 2011 р. м. Вінниця. [Електронний ресурс] – Режим доступу до файлу: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2011/ineeem/txt/lobatiuk.pdf>

66. Локомотив : произ.-техн. и науч.-попул. журн. / учредитель ОАО «Российские железные дороги» ; главн. ред. В. Н. Бжицкий. – 1957– . – М. : Финтрекс, 2007– . – Ежемес. – ISSN 0869-8147. 2007, № 8 (608).

67. М.В. Коренівський, В.В. Бондаренко, Я.В. Дерев'янчук Аналіз стану гальмового обладнання вантажного рухомого складу // Збірник наукових праць УДАЗТ . – 2010. – №107. – С. 102-106.

68. Магнитопорошковый метод неразрушающего контроля. Железнодорожный форум. [Електронний ресурс] – Режим доступу до файлу: scbist.com/zhurnal-lokomotiv/10029-magnitoporoshkovyi-metod-nerazrushayuschego-kontrolya.html.

69. Малкин В.С. Техническая диагностика. Учебное пособие / В.С. Малкин – СПб.: Лань, 2013 – 272 с.

70. Малышенко Ю.В. Техническая диагностика. Учебное пособие / Под общ. ред. Ю.В. Малышенко – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2010 – 302 с.

71. Мартинов І.Е., Нечволода К.С. Аналіз варіантів конструкції пристрою для запобігання клиноподібного зносу гальмових колодок у вантажних вагонах // Збірник наукових праць УДАЗТ . – 2011. – №123. – С. 123-126.

72. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Техническая диагностика подвижного состава». – Самара: СамИИТ, 2000. – 26 с.

73. Микропроцессорные системы: учебное пособие для вузов / [Е. К. Александров, Р. И. Грушвицкий, М. С. Куприянов и др.]; под общ. ред Д. В. Пузанкова.– СПб.: Политехника, 2002. – 935 с. – ISBN 5-7325-0516-4.

74. Мишин Г.Л. Системы автоматизации с использованием программируемых логических контроллеров: учебное пособие / Г. Л. Мишин, О. В. Хазанова - М.: ИЦ МГТУ «Станкин», 2005. - 136 с.

75. Мокін Б. І. Математична модель для визначення місця обриву пневматичної магістралі гальмівної системи електропоїзда [Текст] / Б. І. Мокін,

Ю. А. Лобатюк // Оптимальне керування електроустановками: II міжнародна науково-технічна конференція: матеріали конференції. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – С. 69.

76. Мокін Б. І. Математична модель і структура пристрою діагностики гальмівної системи електровоза [Текст] / Б. І. Мокін, Ю. А. Лобатюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту – 2011 – №6 – С. 130 – 133. – ISSN 1997-9266.

77. Мокін Б. І. Математична модель і структура пристрою діагностики гальмівної системи електровоза [Текст] / Б. І. Мокін, Ю. А. Лобатюк // Оптимальне керування електроустановками: I міжнародна науково-технічна конференція: матеріали конференції. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – С. 96.

78. Мокін Б. І. Новий метод моделювання секвенціального опису комп'ютеризованої системи [Електронний ресурс] / Мокін Б. І., Мокін В. Б., Жуков С. О. // Електронне фахове видання. Наукові праці ВНТУ. – 2008. – №2. – Режим доступу до журн. : <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/1228/539>

79. Мокін Б.І. Синтез структури системи автоматичного контролю технічного стану силових електричних кіл тягового електровоза [Текст] / Б. І. Мокін, Ю. А. Лобатюк, С. О. Жуков // Вісник Вінницького політехнічного інституту – 2014 – №5 – С. 96-102. – ISSN 1997-9266.

80. Мокін Б.І., Розводюк М.П., Шевчук Ю.В. Математична модель та мікроконтролерний пристрій для діагностування барабанно-колодкового гальма трамвая // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – №6. – С. 97-100.

81. Мокін О.Б. Мікропроцесорна система автоматичного контролю технічного стану силових електричних кіл тягового електровоза [Текст] / Мокін О. Б., Лобатюк Ю. А., Жуков С. О. // Проблеми та перспективи розвитку технічних засобів транспорту та систем автоматизації: міжнародна науково-технічна конференція: матеріали конференції. – Харків: ХНУМГ, 2014. – С. 35-37.

102. Мокін О.Б. Синтез математичної моделі для діагностування пневматичної магістралі гальмівної системи електропоїзда [Електронний ресурс] / О. Б. Мокін, Б. І. Мокін, Ю. А. Лобатюк, В. А. Лобатюк // Наукові праці Вінницького національного технічного університету – 2013 – №1 – Режим доступу до журналу : <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/2669/2903>.

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

83. МСУЭ. Микропроцессорная система управления электровозом (МСУЭ). Технический отчет / ДАУВ.661142.001-Т02 Красноярск: ДЦВ Красноярской ж.д., 2006 – 112 с.

84. МСУЭ. Микропроцессорная система управления электровозом (МСУЭ). Эскизный проект. ДАУВ.661142.001 – Красноярск: ДЦВ Красноярской ж.д., 2006 – 65 с.

85. МСУЭ. Стенд для диагностирования и изучения блоков МСУЭ. Инструкция по эксплуатации / Красноярск: ДЦВ Красноярской ж.д., 2008, 33 с.

86. Николаев А. Ю. Устройство и работа электровоза ВЛ80С. Учебное пособие для учащихся образовательных учреждений железнодорожного транспорта, осуществляющих профессиональную подготовку / А. Ю. Николаев, Н.В. Сесявин – М.: Маршрут, 2006. – 512 с.

87. Осипов О.И., Усынин Ю.С. Техническая диагностика автоматизированных электроприводов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 160 с.

88. Осяев А.Т. Измерительные агрегаты для диагностики электрооборудования // Электрическая и тепловозная тяга, 1981 – № 6 – с. 13-14.

89. Пархомов В.Т. Устройство и эксплуатация тормозов. Учебник для технических школ / В.Т. Пархомов – М.:Транспорт, 1994 – 208 с.

90. Пат. 93668 Україна, МПК В60Т 17/18 (2006.01). Пристрій для контролю зношення гальмівних колодок електровоза / Мокін Б. І., Мокін О. Б., Лобатюк Ю. А., Лобатюк В. А.; заявник і патентовласник Вінницький

національний технічний університет. – № u201404980; заяв. 12.05.2014; опубл. 10.10.2014; Бюл. № 19.

91. Пат. 93669 Україна, МПК В60Т 17/18 (2006.01). Пристрій для діагностування пневматичної магістралі гальмівної системи електропоїзда / Мокін Б. І., Мокін О. Б., Лобатюк Ю. А., Лобатюк В. А.; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u201404981; заяв. 12.05.2014; опубл. 10.10.2014; Бюл. № 19.

92. Патент 17392 Україна, МПК В60Т 17/22. Пристрій для контролю зношення гальмівних накладок / Мокін Б.І., Грабко В.В., Розводюк М.П., Шевчук Ю.В. – № 200604094. Заявл. 13.04.2006.; опубл. 15.09.2006, бюл. №9

93. Патент 2250167 РФ, МПК В60Т 17/22. Способ диагностирования тормозной магистрали железнодорожного состава / Венедиктов А.З., Пальчик О.В. – № 2003125499/11. Заявл. 18.08.2003.; опубл. 20.04.2005.

94. Патент 2338652 РФ, МПК В60Т 17/22. Способ контроля тормоза подвижного состава / Муртазин А.В., Муртазин В.Н. – № 2006126958/11. Заявл. 24.07.2006.; опубл. 10.02.2008.

95. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Петров И. В.— М.: СОЛОН-Пресс, 2004. — 256 с .- ISBN 5-98003-079-4.

96. Пинчук С.И. Организация эксперимента при моделировании и оптимизации технических систем. Учебное пособие / С.И. Пинчук – Днепропетровск: Дива, 2008 – 248 с.

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

98. Романов И.О. Физические основы неразрушающих методов контроля. Учебное пособие / И.О. Романов и др.– Хабаровск: ДВГУПС, 2008 – 108 с.

99. Ротт А.Р. Моделирование технических объектов и систем. Учебное пособие / А.Р. Ротт – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2009 – 148 с.

100. Руководство по техническому обслуживанию и текущему ремонту электровозов переменного тока ВЛ80 / М.: ОАО «РЖД», 2004 – 65 с.

101. С.І. Нечволода, Р.І. Візняк, В.В. Мархай, М.О.Романюха, К.С. Нечволода Про підвищення надійності гальм вантажних поїздів // Залізничний транспорт України, наук.-практ. журн . – 2009. – №1. – С. 33-35.
102. Самойленко А.Ю. Электронные и микропроцессорные средства судовых систем управления. Учебное пособие / А.Ю. Самойленко – Новороссийск: НГМА, 2001 – 205 с.
103. Сидоров Н. И. Как устроен и работает электровоз / Н.И. Сидоров, Н. Н. Сидорова — М.: Транспорт, 1988 — 223 с.
104. Синчук О. Н. О возможностях возникновения и способах защиты от псевдоаварийных ситуаций в тяговых электротехнических комплексах двухосных электровозов [Электронный ресурс] / О. Н. Синчук, В. О. Черная, Д. А. Михайличенко, Д. Л. Сушко // Електротехнічні та комп'ютерні системи. - 2011. - № 3. - С. 142-144. - Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/etks_2011_3_46.pdf
105. Слепцов М.А. Основы электрического транспорта / М.А. Слепцов, Г.П. Долаберидзе, А.В. Прокопович и др. – М.: Академия, 2006 – 464 с.
106. Сугак П.А. и др. О надежности и долговечности тормозных рукавов // Вестник ВНИИЖТ, 1977. № 8. - С. 20-23.
107. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем. Учебник для вузов / В.П. Тарасик – Мн.: Дизайн-ПРО, 2004 – 640 с.
108. Тихменёв Б.Н. Подвижной состав электрических железных дорог / Б.Н.Тихменёв, Л.М. Трахтман – М.: Транспорт, 1980 – 549 с.
109. Тушканов Б.А. Электровоз ВЛ80р. Руководство по эксплуатации / Под редакцией Б.А. Тушканова – М.: Транспорт, 1985 – 541 с.
110. Уилмсхерст Т. Разработка встроенных систем с помощью микроконтроллеров PIC. Принципы и практические примеры / Уилмсхерст Т.; пер. с англ. Т.Уилмсхерст. – К.: «МК-Пресс», 2008. – 544 с. - ISBN 978-5-903383-61-0.

111. Унифицированный комплекс тормозного пневматического и электропневматического оборудования локомотивов (УКТОЛ) / ОАО МТЗ ТрансмашФин Ник, 2006 – 38 с.

112. Ф. Раба Электродинамический тормоз электровозов ЧС2^т и ЧС200 (электронное оборудование). / Раба Ф., Кир Л., Гончарук И. М.: Транспорт. – 1978 г.

113. Фрайден Дж. Современные датчики / Перев. с англ. под ред. Е.П. Свинцова – М.: Техносфера, 2005 – 592 с.

114. Хакимзянов Г.С. Математическое моделирование. Часть 1: Общие принципы математического моделирования. Учеб. пособие. / Г.С. Хакимзянов, Л.Б. Чубаров, П.В. Воронина – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2010 – 148 с.

115. Чумаченко І. В. Мікроконтролерні прилади: структура і використання: навчальний посібник / Чумаченко І.В., Кошовий М.Д., Лопатин В.В. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “ХАІ”, 2001. – 277 с.

116. Шевкопляс Б.В. Микропроцессорные структуры. Инженерные решения: справочник / Б.В.Шевкопляс – М.: Радио и связь, 1990. – 512 с.

117. Шелухин В.И. Датчики измерения и контроля устройств железнодорожного транспорта./ В.И. Шелухин – Москва: Транспорт, 1990. – 119 с.

118. Шкіль М. І. Вища математика. Книга 2 / М. І. Шкіль, Т. В. Колесник. – Київ: Либідь. – 2010. – 496 с.

119. Шмигер З. Причины и последствия разрывов поездов // Железные дороги мира, 1990.-№8.-С. 18-21.

120. Э.Д. Тартаковский Применение методов акустической эмиссии при диагностировании трамвайных вагонов // Збірник наукових праць УДАЗТ . – 2010. – №117. – С. 94-97.

121. Энциклопедия ж.д. Техническая диагностика локомотивов. [Электронный ресурс] – Режим доступа до файлу: <http://www.jd-enciklopedia.ru/5-lokomotivy-i-lokomotivnoe-hozyajstvo/5-16-texnicheskaya-diagnostika-lokomotivov>.

122. Ячиков И.М. Введение в математическое моделирование. Учебное пособие / И.М. Ячиков – Магнитогорск: Магнитогорск. гос. ун-та им. Г.И. Носова, 2012 – 84 с.