

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Ю. А. Лобатюк, О. Б. Мокін, Б. І. Мокін

**МЕТОДИ І ЗАСОБИ
ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ
ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА**

Монографія

Вінниця
ВНТУ
2018

Замовити цю книгу <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/402>

Видавництво Вінницького національного технічного університету

<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog>

УДК 629.423
Л68

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 5 від 19 грудня 2017 р.)

Рецензенти:

О. М. Сінчук, доктор технічних наук, професор

В. Ю. Кучерук, доктор технічних наук, професор

Лобатюк, Ю. А.

Л68 Методи і засоби технічної діагностики гальмівної системи електропоїзда : монографія / Ю. А. Лобатюк, О. Б. Мокін, Б. І. Мокін. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 100 с.

ISBN 978-966-641-729-2

В монографії представлено розроблені авторами математичні моделі для технічного діагностування механічної, пневматичної та електричної підсистем гальмівної системи електропоїзда та синтезовані на їх основі структури пристроїв і їх мікропроцесорна реалізація.

Монографія розрахована на інженерно-технічних працівників підприємств залізничного транспорту та машиністів електропоїздів, а також може бути корисною студентам і аспірантам вищих навчальних закладів, які спеціалізуються в напрямку математичного моделювання та технічного діагностування функціонально важливих систем багатовагонних колійних електричних транспортних засобів.

УДК 629.423

ISBN 978-966-641-729-2

© Ю. Лобатюк, О. Мокін, Б. Мокін, 2018

Замовити цю книгу <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/402>

Видавництво Вінницького національного технічного університету

<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog>

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 5 |
| РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПІДСИСТЕМ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ТА ОГЛЯД РОБІТ, ДЕ РОЗГЛЯДАЮТЬСЯ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЇХ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ | 7 |
| 1.1 Характеристика електровоза як основного тягового засобу рухомого складу залізниці | 7 |
| 1.2 Характеристика механічної підсистеми гальмівної системи електропоїзда | 11 |
| 1.3 Характеристика пневматичної підсистеми гальмівної системи електропоїзда | 14 |
| 1.4 Характеристика електричної підсистеми гальмівної системи електропоїзда | 18 |
| 1.5 Огляд робіт, в яких розглядаються методи та засоби діагностування гальмівної системи електропоїзда..... | 19 |
| РОЗДІЛ 2 РОЗРОБЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ РІВНЯ ЗНОСУ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК ВАГОНІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА В УМОВАХ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ | 30 |
| 2.1 Характеристика особливостей діагностування рівня зносу гальмівних колодок рухомого складу електропоїзда | 30 |
| 2.2 Математична модель для діагностування рівня зносу гальмівних колодок електровоза та вагонів електропоїзда | 31 |
| 2.3 Розробка структури пристрою для діагностування рівня зносу гальмівних колодок електровоза та вагонів електропоїзда..... | 39 |
| 2.4 Мікропроцесорна реалізація пристрою для діагностування рівня зносу гальмівних колодок електровоза та вагонів електропоїзда | 41 |
| РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ПНЕВМАТИЧНОЇ ПІДСИСТЕМИ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА..... | 45 |
| 3.1 Синтез математичної моделі для діагностування пневматичної магістралі гальмівної системи електропоїзда..... | 45 |
| 3.2 Розроблення структури пристрою для діагностування пневматичної підсистеми гальмівної системи електропоїзда | 52 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3 Синтез імітаційної моделі для дослідження процесів діагностування пневматичної підсистеми гальмівної системи електропоїзда | 59 |
| 3.4 Мікропроцесорна реалізація пристрою для діагностування пневматичної підсистеми гальмівної системи електропоїзда | 63 |
| 3.5 Перевірка на адекватність математичної моделі для діагностування пневматичної магістралі гальмівної системи електропоїзда | 66 |
| РОЗДІЛ 4 ЕЛЕКТРИЧНА ПІДСИСТЕМА ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ТА РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМУ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ МАШИНІСТОМ ЕЛЕКТРОВОЗА ЩОДО ВИЯВЛЕННЯ ЇЇ НЕСПРАВНОСТЕЙ НА МАРШРУТІ..... | 76 |
| 4.1 Секвенціальна модель технічного стану силових електричних кіл тягового електровоза..... | 76 |
| 4.2 Синтез структури системи автоматичного контролю технічного стану силових електричних кіл тягового електровоза | 87 |
| 4.3 Мікропроцесорна реалізація системи автоматичного контролю технічного стану силових електричних кіл тягового електровоза..... | 89 |
| 4.4 Алгоритм підтримки прийняття рішень машиністом електровоза щодо виявлення несправностей електричної підсистеми гальмівної системи електропоїзда..... | 90 |
| ВИСНОВКИ..... | 92 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 93 |

ВСТУП

Підвищення надійності функціональних систем електропоїздів було, є і завжди залишатиметься однією із найбільш актуальних проблем, оскільки масштаби матеріальних і людських втрат, якими супроводжуються катастрофічні ситуації на залізничних коліях, суттєво перевищують аналогічні втрати, що виникають під час аварійних ситуацій з будь-якими іншими видами наземного транспорту. Особливо важливим в світі цієї проблеми є стан такої важливої функціональної системи електропоїзда, якою є система гальмівна, котра містить у своїй структурі механічну, пневматичну та електротехнічну підсистеми і до того ж має розподілені параметри, оскільки її складові розміщуються не лише на електровозі, а і на кожному вагоні електропоїзда. Діагностування стану основних функціональних агрегатів цієї системи електропоїзда в режимі нормальної експлуатації скорочує час на пошук несправностей та зменшує матеріальні витрати на ремонт, що сприяє підвищенню надійності функціонування як самої гальмівної системи, так і електротехнічного комплексу електропоїзда в цілому, а тому тематика досліджень, розглянутих в рамках монографії з розробки методів та пристроїв для діагностування гальмівної системи електропоїзда як однієї із найважливіших його функціональних підсистем, є актуальною.

Тож основною метою наших досліджень за цією тематикою, яка виконувалась на кафедрі відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів Вінницького національного технічного університету, починаючи з 2011 року, і складала один із важливих напрямків наукової діяльності кафедри, є підвищення надійності функціонування гальмівної системи електропоїзда за рахунок створення математичних моделей та пристроїв діагностування її механічної, пневматичної та електричної підсистем з використанням цих моделей для виявлення їх несправностей під час руху електропоїзда на маршруті, тобто, в процесі його нормальної експлуатації.

Для досягнення поставленої мети в роботі нами розв'язувались такі задачі:

- аналіз робіт з діагностування основних функціональних підсистем гальмівної системи електропоїзда, та дослідження можливостей використання існуючих методів та пристроїв діагностування гальмівної системи електропоїзда;

- розроблення математичної моделі, обчислювального методу для її реалізації та пристрою для діагностування механічної підсистеми гальмівної системи електропоїзда;

- розроблення математичної моделі, обчислювального методу для її реалізації та пристрою для діагностування пневматичної підсистеми гальмівної системи електропоїзда;

- розроблення математичної моделі для виявлення несправностей електричної підсистеми електропоїзда машиністом електровоза під час руху по маршруту;

- розроблення імітаційної моделі для перевірки синтезованих математичних моделей на адекватність та оцінки ефективності розроблених пристроїв діагностування.

Як впливає із висловленого вище, нашим об'єктом дослідження є процеси діагностування основних функціональних підсистем гальмівної системи електропоїзда, а предметом дослідження є методи, математичні моделі та пристрої для реалізації саме цих процесів діагностування.

В результаті проведених досліджень нами:

- вперше запропоновано новий метод діагностування рівня зносу гальмівних колодок механічної підсистеми гальмівної системи електропоїзда, 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;

- розроблено математичну модель для діагностування пневматичної магістралі гальмівної системи електропоїзда, для ідентифікації якої достатньо знати лише значення основних параметрів режиму роботи електротехнічного комплексу, винесених на панель управління електропоїздом в кабіні машиніста, та запропоновано обчислювальний метод для реалізації цієї моделі і пристрій на їх основі, який дозволяє машиністу визначати місце пошкодження пневматичної магістралі під час руху електропоїзда, не покидаючи своєї кабіни;

- вперше синтезовано секвенціальну модель функціонування електричної підсистеми гальмівної системи електропоїзда, за допомогою якої розроблено алгоритм підтримки прийняття рішень по виявленню машиністом електровоза несправностей гальмівної системи під час руху електропоїзда на маршруті;

- запропоновано процедури та імітаційні моделі для перевірки синтезованих математичних моделей на адекватність та оцінювання розроблених діагностичних пристроїв на ефективність

- розроблено мікропроцесорні пристрої, що встановлюються на панелі управління в кабіні машиніста електровоза і дозволяють йому оперативно реагувати на виникнення несправностей у гальмівній системі електропоїзда.

Основні результати, що викладені в цій монографії, отримані аспірантом Ю. А. Лобатюком в процесі його роботи над кандидатською дисертацією під час навчання в аспірантурі кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів Вінницького національного технічного університету, яку він виконував під науковим керівництвом професора цієї кафедри Б. І. Мокіна та використовуючи поради і настанови завідувача кафедрою, професора О. Б. Мокіна.

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПІДСИСТЕМ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ТА ОГЛЯД РОБІТ, ДЕ РОЗГЛЯДАЮТЬСЯ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЇХ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

1.1 Характеристика електровоза як основного тягового засобу рухомого складу залізниці

Розвиток економіки країни передбачає постійне зростання об'єму перевезень на залізничному транспорті. На залізниці України і країн СНД більшість всіх вантажних перевезень і значна частина пасажирських виконується електропоїздами. Електрична тяга на відміну від автономної із застосуванням тепловозів має низку переваг, які ми охарактеризуємо, посилаючись на роботу [69].

І характеристику почнемо з відзначення того, що коефіцієнт корисної дії (ККД) електричної тяги є вищим у порівнянні з ККД автономної тяги, який для тепловоза складає 28–30 %, у той час як, в разі надходження енергії для живлення електрифікованої залізниці від теплової електростанції, ККД електричної тяги складає 30–35 %, а в разі, якщо енергія надходить від ГЕС чи АЕС, то ККД електричної тяги складає 60–65 %.[71].

Застосування електричної тяги дозволяє підвищити пропускну і провізну здатність ділянок залізниці за рахунок використання тягових електровозів великої потужності. Адже, як відомо [26], потужність автономного локомотива – головним чином, тепловоза обмежена потужністю його енергетичної установки – дизеля, тоді як потужність електровоза обмежена лише конструктивними параметрами його електричного обладнання, оскільки через струмоприймач електровоз підключається до джерела практично з необмеженою потужністю.

Використання електричної тяги дозволяє підвищити ефективність використання природних ресурсів за рахунок спалювання на теплових електростанціях вугілля, торфу, газу, непридатних для забезпечення роботи дизельних установок тепловозів.

Електрична тяга здійснює менше шкідливого впливу на навколишнє середовище і дозволяє економити енергетичні ресурси за рахунок застосування рекуперації електричної енергії [58].

Нагадаємо, що електровозом називають локомотив, що приводиться в рух електричними двигунами, які отримують електричну енергію через пантограф від контактної мережі. У контактну мережу електроенергія надходить від тягової підстанції. Залежно від роду струму, що

використовується, розрізняють електровози постійного струму і електровози змінного струму. Є також електровози подвійного живлення постійним і змінним струмом. У рідкісних випадках електровоз отримує електроенергію від акумуляторів (так звані контактні-акумуляторні електровози), встановлених на ньому ж. Електровози мають складне механічне, електричне та пневматичне обладнання [68].

До механічної частини електровоза відносяться кузов і візки. Візок включає в себе раму, колісні пари з буксами, підвіски тягових двигунів, тягові передачі, ресорне підвішування, важільно-гальмові передачі. Кузов електровоза спеціальними опорами, а іноді й ресорами, спирається на візки. Вітчизняні електровози мають два, чотири або шість візків. При двох візках у кожному з них встановлюють три колісні пари (шестивісні електровози), при чотирьох і шести візках – дві колісні пари (відповідно восьмивісні і дванадцятивісні електровози). Ресорами і буксами з підшипниками рами візків пов'язані з колісними парами. Завдяки ресорам зменшується вплив електровозів на колію, менше зношується устаткування електровоза, оскільки знижується сила ударів, що сприймаються ним при проходженні стиків і нерівностей колії [19, 80].

Колісні пари електровозів обертаються навколо своїх осей тяговими двигунами. Вали двигунів з'єднують з осями колісних пар зубчастими передачами – редукторами. Колісні пари, що обертаються тяговими двигунами, називають рушійними.

Пневматичне обладнання електровоза складається з компресорів, резервуарів для зберігання стисненого повітря, трубопроводів, пневматичних приводів електричних апаратів.

Всі локомотиви, у тому числі і електровози, обов'язково мають автоматичні гальма, що приводяться в дію стисненим повітрям, і ручні.

Електрична частина електровозів, крім тягових двигунів, містить безліч різних апаратів, призначених для пуску тягових двигунів, зміни швидкості і напрямку руху локомотива, електричного гальмування, захисту обладнання від перевантажень, перенапруг і струмів короткого замикання. Керують ними зазвичай дистанційно – з кабіни машиніста. Це система непрямого керування. Вона застосовується на всіх вітчизняних магістральних електровозах.

Як джерело струму низької напруги при системі непрямого управління використовують генератори управління або напівпровідникові перетворювачі.

Тягові двигуни, частина електричних машин та апаратів, що виділяють при роботі значну кількість тепла, охолоджують потоками пові-

тря, створюваними вентиляторами. Потужні трансформатори на електровозах змінного струму охолоджують маслом, циркуляція якого забезпечується відцентровими насосами.

Вентилятори, компресори та насоси (допоміжні механізми) приводяться в дію окремими електричними двигунами (моторами). Агрегат, що складається з допоміжного механізму і мотора, являє собою допоміжну машину і його прийнято називати відповідно мотор-вентилятором, мотор-компресором, мотор-насосом. До допоміжних машин відносяться і генератори струму управління, які зазвичай окремих двигунів не мають, їх встановлюють на одному валу з яким-небудь допоміжним двигуном (наприклад, з двигуном вентилятора).

Електричне обладнання електровозів, що працює під високою напругою, об'єднане в два електричні високовольтні кола – силове коло, що включає в себе тягові двигуни, пускову і регулюючу апаратуру, і коло допоміжних машин зі своєю апаратурою. Низьковольтні електричні апарати, за допомогою яких керують апаратами силових і допоміжних кіл, об'єднані в коло управління. Основним апаратом ланцюга управління є контролер машиніста. Контролер машиніста і деякі інші низьковольтні електричні апарати розміщені в кабіні машиніста.

Електродвигуни постійного струму, у тому числі і тягові, як вже було зазначено, мають властивість оборотності, тобто, можуть працювати як генератори. При цьому кінетична і потенціальна енергія поїзда перетворюються в електричну. Отримана енергія перетворюється в теплову в резисторах або повертається в контактну мережу. Залежно від цього розрізняють два види електричного гальмування: реостатне і рекуперативне.

Електровози мають різноманітне обладнання в залежності від системи електричної тяги (від роду струму – постійного чи змінного), від системи регулювання тягових електродвигунів, їх числа і одиначної потужності, від наявності і виду електричного гальмування і т. д. Деякі особливі вимоги, що висуваються до електровоза, визначаються специфікою його призначення – вантажний, пасажирський, маневровий. Всі ці відмінності в будові електровозів, а також постійне оновлення парку електрорухомого складу, в міру збагачення досвіду електрифікації і розвитку відповідних галузей промисловості, зумовили велику кількість серій електровозів.[25, 17]

Електровоз ВЛ80Р (рис. 1.1) з плавним регулюванням напруги і рекуперативним гальмуванням призначений для експлуатування на магістральних залізницях країн СНД, що електрифіковані однофазним змінним струмом (25000 В, 50 Гц) [72].



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд електровоза ВЛ80Р

Все обладнання електровоза розраховане на надійну роботу при напрузі в контактній мережі від 19 000 до 29 000 В, зміни температури навколишнього середовища від -50 до $+40$ °С, вологості повітря 90 % і висоти над рівнем моря не більше 1200 м . Технічні дані електровоза наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні технічні параметри електровоза ВЛ80Р

| Параметр | Значення |
|--|----------------|
| Номінальна напруга, В | 25000 |
| Частота напруги живлення, Гц | 50 |
| Формула ходової частини | $2(2_0 - 2_0)$ |
| Ширина колії, мм | 1520 |
| Конструкційна швидкість, км/год | 110 |
| Потужність на валах тягових двигунів, кВт(годинний/тривалий режим) | 6520/6160 |
| Сила тяги, кН (годинний/тривалий режим) | 442/400 |

Електровоз складається з двох однакових секцій, що працюють по системі багатьох одиниць. Для приведення в рух колісних пар використовуються вісім тягових електродвигунів постійного струму (по чотири на секцію) марки НБ-418.

1.2 Характеристика механічної підсистеми гальмівної системи електропоїзда

Основною ланкою механічної підсистеми гальмівної системи електропоїзда являється важільна гальмівна система (рис. 1.2), що призначена для передачі зусиль від гальмівних циліндрів чи привода ручного гальма до гальмівних колодок.

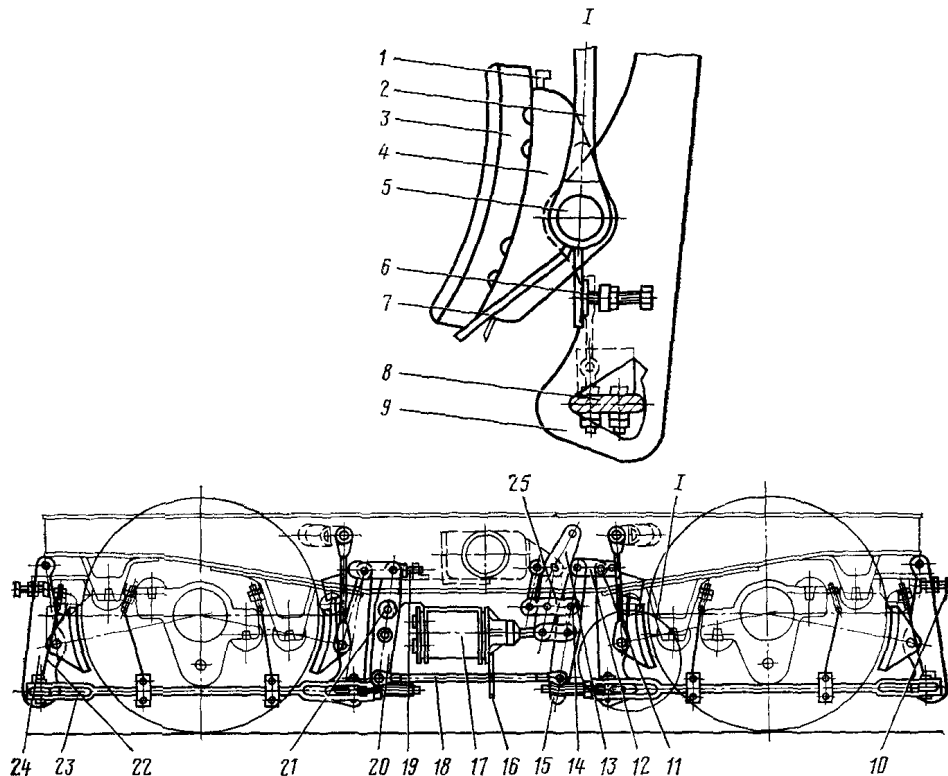


Рисунок 1.2 – Механічна частина гальмівної системи

Конструктивно гальмівна система виконана для чавунних колодок і забезпечує двостороннє натиснення колодок на колесо з приводом від індивідуального гальмівного циліндра на кожен бік візка (табл. 1.2.).

Гальмівні циліндри 17 прикріплені чотирма болтами М16 на кронштейнах, що приварені до шкворневого бруса рами візка. Від штоків гальмівних циліндрів зусилля передаються через важіль 13, планку 25, балансири 15 і 20, які зв'язані тягою 18, а ланки 12 на підвіски 9 і внутрішні гальмівні колодки і далі за допомогою тяг 23 на підвіски 24 і зовнішні гальмівні колодки. Гальмівні колодки 3 чеками 1 кріпляться до башмаків 4, які з'єднані з підвісками 9 і 24. Підвіски 24 прикріплені до кінцевих брусів рами візка, а підвіски 9 з'єднані валом 5 з підвісками 2, що приєднані до кронштейнів на боковині рами візка. Верхні-

ми кінцями підвіски 9 з'єднані з балансирами 15 і 20 планками 12. Через фігурні вирізи в нижній частині підвісок проходять поперечини 8, що з'єднані попарно тягами 23, які розміщені із зовнішньої сторони кожної колісної пари. Балансири 15 і 20 внизу з'єднані тягами 18 постійної довжини. Нижні отвори в балансирах 15, 20 передбачені для перестановки тяги 18 при обладнанні гальмівної системи регулятора виходу штока.

Таблиця 1.2 – Технічні дані гальмівної системи

| Параметр | Значення |
|--|----------|
| Робочий тиск в гальмівному циліндрі, кгс/см ² | 3,8 |
| Натиск гальмівних колодок на одну колісну пару, кгс | 16703 |
| Дійсний гальмівний коефіцієнт | 0,726 |
| Тиск гальмівних колодок на бандаж, кгс/см ² | 9,84 |
| Передатне число | 2,88 |
| Діаметр гальмівного циліндра, мм | 254 |
| Встановлений вихід штока, мм | 100–120 |
| Допустимий вихід штока, мм | 180 |

Поперечини 8, підвіски 24, тяги 15 і 23 застраховані від падіння на колію при їхньому обриві тросами 16, 22, які закріплені на кронштейнах рами візка і гальмівному циліндрі.

Шарнірні з'єднання важільної системи виконані за допомогою валиків і втулок, запресованих в отвори з'єднуваних деталей. Вихід штока гальмівного циліндра регулюють зміною довжини тяги 23, повертаючи гвинт. При вичерпанні можливості регулювання виходу штока гвинтом тяги 23 ступінчате регулювання виконується перестановкою валиків в наступні отвори цих тяг. Болти 10 служать для регулювання зазорів між колодками і бандажами. Зазори між колодками і бандажем на кінцях кожної колодки регулюють розворотом колодок на валиках 5 за допомогою пружин 7 і упорних болтів 6.

Балансир 15 верхнім кінцем впирається в балансир 13, а балансир 20 впирається в головку болта 19. При діаметрі бандажа менше 1200 мм валики 11 необхідно переставити в крайні отвори планки 12.

При пневматичному гальмуванні електровоза використовується гальмівна важільна передача – пристрій для передачі тиску стиснутого повітря, що діє на поршень циліндра, чи зусилля ручного гальма на гальмівні колодки, які при гальмуванні притискаються до поверхні кочення коліс. ГВП являє собою систему важелів, шарнірно з'єднаних тягами, і включає в себе триангелі чи траверси з башмаками і гальмівними колодками.

Важільна передача електровоза ВЛ80т розміщена роздільно на кожній стороні візка і з'єднана гальмівними балками. Від одного гальмівного циліндра діаметром 10" здійснюється двосторонній натиск гальмівних колодок на два колеса.

Спрацювання гальмівної важільної передачі відбувається таким чином: при подачі стиснутого повітря в гальмівний циліндр 1 (рис. 1.3) поршень зі штоком рухається вправо, при цьому виконуються швидкі переміщення деталей [10]:

- горизонтальний важіль АВ повертається навколо шарніра Б, переміщує тягу ВВ і повертає вертикальний важіль ВД навколо шарніра Г. Нижній кінець Д важеля переміщує триангель, притискаючи башмаки з колодками до коліс (положення, що показане штриховими лініями);
- після того, як перша пара колодок притиснеться до коліс, кінець важеля Д залишиться нерухомим. При подальшому русі важеля ВД вліво разом з затяжкою ГГ переміщується важіль (підвіска) ЖЕ, притискаючи другу пару колодок;
- важіль АВ переміщує вправо затяжку ББ₁, і через тягу В₁В₁ з важелем В₁Д₁ притискує третю пару колодок.

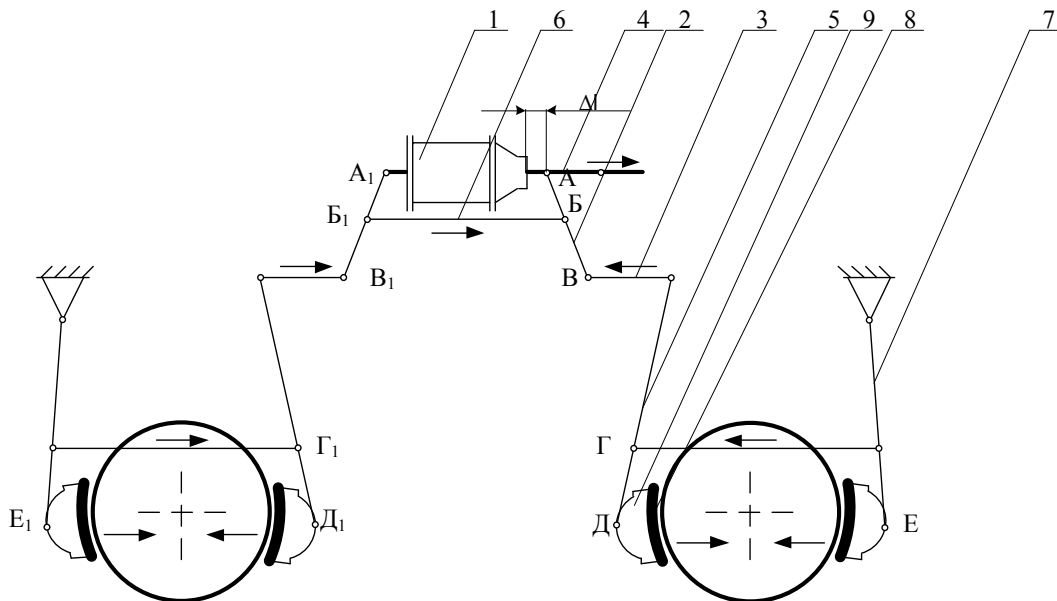


Рисунок 1.3 – Геометрична інтерпретація процесів у гальмівній важільній передачі електровоза ВЛ80т (1 – гальмівний циліндр, 2 – горизонтальний важіль, 3 – тяга, 4 – тяга ручного гальма, 5 – вертикальний важіль, 6 – затяжка (розпірка), 7 – підвіска, 8 – колодка, 9 – башмак)

Подальший поворот важеля В₁Д₁ відбувається навколо нерухомого шарніра Д₁, внаслідок чого затяжка Г₁Г₁ переміститься вправо і важіль Ж₁Е₁ притисне до бандажів четверту пару колодок.

1.3 Характеристика пневматичної підсистеми гальмівної системи електропоїзда

Пневматична підсистема служить для передачі гальмівного зусилля в механічну підсистему і в спеціальній літературі носить назву пневматичного гальма поїзда.

Пневматичне гальмо призначене для створення штучного опору руху поїзда чи власне електровоза з метою зменшення швидкості і його зупинки. На електровозі існують два види пневматичних гальм: прямодіючі неавтоматичні (гальмування виконується краном допоміжного гальма ум. № 254.000-1) і автоматичні (гальмування виконується повітророзподільником ум. № 483.000) [15].

Джерелом стиснутого повітря на електровозі являються два компресори КМ1, що приводяться в рух асинхронними електродвигунами з короткозамкнутим ротором АЕ92-402, встановлені по одному на кожній секції. При виході із ладу одного із компресорів передбачено роботу електровоза від непошкодженого компресора.

Повітря, що надходить у компресор, очищується від пилу двома фільтрами, що встановлені на циліндрах низького тиску компресора. Для контролю тиску мастила в масляній системі компресора на його передній частині встановлений манометр із роз'єднувальним клапаном.

Компресор кожної секції накачує повітря в три головних резервуари РС1-РС3 загальною місткістю 900 л до встановленого верхнього граничного значення 0,9 МПа (9,0 кгс/см²), а потім автоматично відключається регулятором тиску РГД і знову запускається, коли тиск в головних резервуарах впаде до 0,75 МПа (7,5 кгс/см²). На випадок несправності регулятора тиску головні резервуари захищені запобіжними клапанами КП1 і КП2, відрегульованими на спрацювання при тиску в головних резервуарах: зі сторони компресора перед зворотним клапаном КП1 – 0,98 МПа (9,8 кгс/см²), після зворотного клапана КП2 – 1,0 МПа (10 кгс/см²) (див. рис. 1.3).

На напірному трубопроводі між компресором і головними резервуарами встановлений зворотний клапан КО1, який в нормальному режимі розвантажує клапани компресора при його зупинках від протитиску стиснутого повітря, а в аварійному режимі (поломка компресора) автоматично відключає несправний компресор від головних резервуарів, наповнення яких в цьому випадку буде виконуватись від компресора 2-ї секції. На цьому ж трубопроводі за зворотним клапаном встановлений масловіддільник МО1, що очищує повітря, яке накачується компресором, від домішок парів масла. Для видалення конденсату із масловіддільника слугує випускний кран КН15.

Конденсат, що виділяється в головних резервуарах, накопичується в резервуарах-збірниках РС11-РС13, звідки періодично видаляється в атмосферу включенням електропневматичних клапанів дистанційної продувки КЕП10–КЕП12, управління якими виведено на пост машиніста обох секцій. Продувку резервуарів і змієвиків виконують послідовним включенням чотирьох кнопок, встановлених на пульті машиніста. Електропневматичні клапани мають електрообігрівачі, що оберігають їх від промерзання. Між резервуарами-збірниками і клапанами продувки встановлені роз'єднувальні крани КН4–КН6, що відключають клапани у разі виходу їх з ладу. Нормальне положення кранів відкрите, ручка розташована уздовж труби вгору.

Для зарядки резервуарів від стороннього джерела стисненого повітря живляча магістраль має виводи на буферні бруси кузова, що закінчуються кінцевими кранами КНК1 і сполучними рукавами РУ1. У цьому випадку роз'єднувальний кран КН9 перекривають, кінцевий кран КНК1 і роз'єднувальний КН23 відкривають. Рукав РУ1 з'єднують з стороннім джерелом стисненого повітря. Стиснене повітря з живлячої магістралі через кран машиніста КРМ (ум. № 395.000-3) надходить в гальмівну магістраль електровоза, яка, як і живляча магістраль, проходить уздовж усього електровоза і має на буферних брусах виводи, що закінчуються кінцевими кранами КНК2 і з'єднувальними рукавами РУ2. Тиск в гальмівній магістралі регулюють поворотом головки редуктора крана машиніста КРМ. Для пасажирських електропоїздів воно дорівнює 0,5–0,52 МПа (5,0–5,2 кгс/см²), для вантажних – 0,53–0,55 МПа (5,3–5,5 кгс/см²).

На постах машиніста в обох кабінах встановлено пристрій блокування гальм АБТ, який призначений для забезпечення правильного включення гальмівної системи двокабінного локомотива при зміні машиністом кабіни керування, а також неможливості приведення в рух локомотива з неробочої кабіни.

У кожній секції на відростку гальмівної магістралі встановлено повітророзподільник ВР з робочою камерою КВР, зв'язаною з запасним резервуаром РС4 місткістю 55 л і імпульсною магістраллю, яка з'єднується з кранами допоміжного гальма КВТ. Відключення повітророзподільника від гальмівної магістралі виконується роз'єднувальним краном КН8, від імпульсної магістралі – краном КН20.

З метою прискорення наповнення гальмівних циліндрів і скорочення гальмівного шляху, особливо при проходженні поодинокого електровоза, повітророзподільники увімкнені на обох секціях. Імпульсна магістраль в міжсекційних з'єднаннях відсутня. Гальмування секцій автоматичним гальмом виконується автономно при керуванні з будь-якої кабіни.

У кожній секції встановлено реле тиску РД, що працює на одну групу гальмівних циліндрів. Це реле призначене для прискорення відпуску гальм. На відростку трубопроводу між живлячою магістраллю і реле тиску встановлений редуктор КРЗ, що понижує тиск повітря живлячої магістралі, що надходить в реле тиску, до 0,5 МПа (5,0 кгс/см²). Крани КН10 і КН28, що встановлені перед реле тиску, призначені для його відключення у разі пошкодження.

При гальмуванні електровоза будь-яким з гальмівних кранів одна група гальмівних циліндрів (Ц3 та Ц4) наповнюється стисненим повітрям безпосередньо через кран КВТ, інша (Ц5 і Ц6) – через реле тиску РД. Стиснене повітря, що надходить у першу групу гальмівних циліндрів, одночасно подає імпульс на діафрагму реле тиску, опускаючи її. Повітря з живильної магістралі через редуктор КРЗ і реле тиску РД надходить у другу групу гальмівних циліндрів.

При гальмуванні краном машиніста КРМ здійснюється зниження тиску в гальмівній магістралі шляхом установки рукоятки крана у відповідне гальмівне положення. Стиснене повітря з запасного резервуара РС4 кожної секції через повітророзподільник ВР надходить в кран допоміжного гальма КВТ, відтискає його поршень і відкриває доступ повітря з живлячої магістралі в магістраль гальмівних циліндрів і далі в гальмівні циліндри. Гальмування електровоза відбувається одночасно з гальмуванням всього рухомого складу. Гальмівні натискання відповідають ступеню розрядження гальмівної магістралі.

Під час відпускання гальм поїзда краном машиніста КРМ повітророзподільник ВР кожної секції, знижуючи тиск повітря, що підводиться до крана КВТ, приводить його в дію, і повітря з гальмівних циліндрів виходить в атмосферу через кран КВТ і реле тиску РД. Відбувається повний або частковий відпуск гальм електровоза і поїзда. Крім того, постановкою ручки крана КВТ у відпускне положення можна виконати повне або часткове відпущення гальм поїзда, що загальмований автоматичним гальмом. Для безпосереднього відпущення гальма робоча камера КВР повітророзподільника має ручний випускний клапан.

Крім автоматичного гальма, електровоз має допоміжне гальмо, яке застосовується при русі поодинокого електровоза, маневрової роботи і екстреному гальмуванні. При гальмуванні краном допоміжного гальма КВТ повітря з живлячої магістралі через кран КВТ і реле тиску РД надходить в гальмівні циліндри. Перестановкою ручки крана КВТ з поїзного положення у відповідне гальмівне положення можна отримати будь-який можливий для крана КВТ ступінь гальмування.

При проходженні електровоза в недіючому стані (холодним резервом) повітря з гальмівної магістралі ведучого локомотива, пройшовши кран холодного резерву КН22, наповнює головні резервуари електро-

воза до зарядного тиску гальмівної магістралі ведучого локомотива і використовується для гальмування електровоза. Дія схеми в цьому випадку аналогічна описаній вище.

У разі виходу з ладу одного з гальмівних циліндрів або обриву з'єднувального рукава РУ9 або РУ10 гальмівні циліндри Ц3 та Ц4 (I і IV візків) відключаються кранами КП11, гальмівні циліндри Ц5 і Ц6 (II і III візків) – кранами КН10 і КН28.

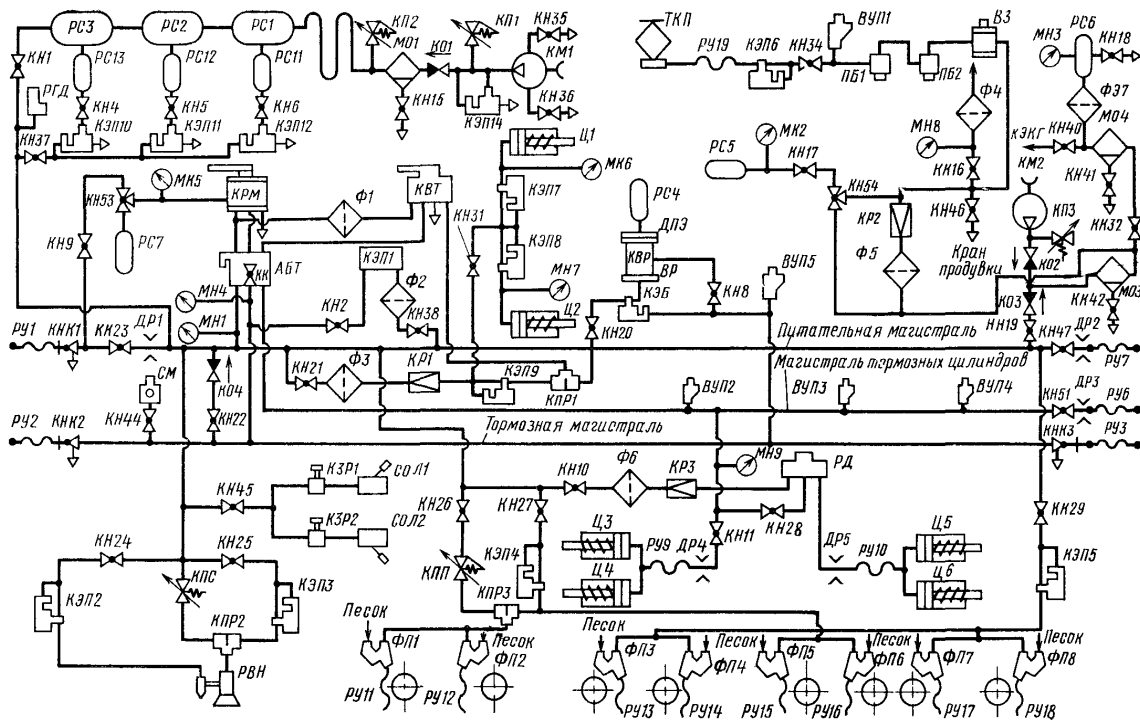


Рисунок 1.3 – Принципова пневматична схема гальм ВЛ80Р

Допоміжні пневматичні кола забезпечують стиснутим повітрям дію звукових сигналів, головного вимикача, пристроїв керування струмоприймачами і блокуваннями, навантажувальних пристроїв, електропневматичних контактів.

Пневматичне обладнання та монтаж до нього розосереджені по всьому кузову, під кузовом, на даху електровоза і візках. В кабіні машиніста розташовані головні органи управління гальмами – крани машиніста і допоміжного гальма, пристрій блокування гальм. З боку машиніста внизу розташований клапан сигналу, на бічній стінці – ручний клапан подачі піску. На пульті машиніста розташовані манометри, що контролюють тиск у гальмівній і живлячій магістралях, магістралі гальмівних циліндрів і зрівнювальному резервуарі. На пульті помічника машиніста встановлений манометр кола управління. В кузові на поперечній і торцевій стінках, на стінках високовольтної камери

(ВВК), по прохідному коридору і в ВВК розташовані пневматичні та електропневматичні апарати і трубопроводи до них. На даху електровоза розташовані головні резервуари. Під кузовом електровоза прокладені пневматичні магістралі, що виходять на лобову і торцеву частину кожної секції. На візках розташовані трубопроводи, що з'єднують гальмівні циліндри, встановлені підсипні гумові рукави, що подають пісок під колеса електровоза.

1.4 Характеристика електричної підсистеми гальмівної системи електропоїзда

На ефективність гальмування пасажирського чи вантажного електропоїзда, особливо високошвидкісного, значний вплив мають гальма електровоза. Ефективність сучасних фрикційних гальм пасажирських локомотивів з максимальною швидкістю 160 км/год і більше, на яких передбачено встановлення чавунних чи композиційних колодок, обмежена високою тепловою напруженістю пар, що труться.

Найбільш доцільним вирішенням проблеми гальмування пасажирських локомотивів є застосування електричного гальма, що дозволяє зняти з коліс локомотива теплове навантаження, підвищуючи одночасно ефективність екстреного гальмування, а при службових і регулювальних режимах гальмування забезпечує зниження необхідного натиснення гальмівних пристроїв вагонів або у низці випадків дає можливість обійтись без застосування гальм вагонів [66]. При реостатному гальмуванні тягові двигуни відключають від контактної мережі і включають на гальмівні резистори. Перевагою цього способу гальмування є незалежність гальмівного процесу від наявності напруги в контактній мережі. Застосовують дві системи реостатного гальмування: з самозбудженням двигунів і з незалежним збудженням.

У разі рекуперативного гальмування електрична енергія, яка повертається в контактну мережу електровозом, споживається електровозами, що знаходяться з ним на одній ділянці і працюють в тяговому режимі. Якщо таких електровозів немає або необхідна їм енергія менша за ту, що повертається, то так звана надлишкова енергія рекуперації через встановлені на тяговій підстанції спеціальні пристрої – інвертори, – перетворює постійний струм в змінний трифазний, що йде в енергосистему. На електрифікованих ділянках з дуже інтенсивним рухом, де, як правило, майже вся енергія споживається електровозами або електропоїздами, що працюють в режимі тяги, іноді замість інверторів на підстанціях встановлюють поглинаючі резистори. Вони автоматично включаються при наявності надлишкової енергії рекуперації.

Застосування рекуперації дає великий ефект. На окремих ділянках з крутими спусками може бути зекономлено до 20 % електричної енергії, що витрачається на тягу поїздів. Переваги рекуперативного гальмування цим не обмежуються. Коли поїзд прямує по крутому спуску, для того щоб його швидкість не перевищила допустиму, зазвичай локомотив і його рухомий склад періодично пригальмовують пневматичними гальмами. У результаті швидкість руху поїзда зменшується, а потім знову зростає, тобто середня швидкість його на спуску нижча допустимої. Крім того, весь час пригальмовувати поїзд не можна, тому що виснажується пневматична гальмівна система, знижується коефіцієнт тертя колодок внаслідок їх нагрівання. При рекуперативному гальмуванні можна забезпечити на спуску постійну швидкість, близьку до допустимої, що залежить від стану колії, конструкції електровозів, вагонів, контактної мережі. Крім того, до контактної мережі при рекуперації підключається додаткове джерело енергії, напруга в ній підвищується та інші електровози на цій ділянці, що рухаються на підйом або на рівній ділянці колії, можуть розвивати вищу швидкість.

Завдяки електричному гальмуванню також значно зменшується знос гальмівних колодок і коліс рухомого складу, в результаті чого набагато знижуються витрати металу і витрати на ремонт колісних пар.

1.5 Огляд робіт, в яких розглядаються методи та засоби діагностування гальмівної системи електропоїзда

Технічне діагностування електровоза, як і діагностування всієї системи електровоза в цілому, умовно можна поділити на два види:

- діагностування в умовах депо під час підготовки до виходу на маршрут;
- діагностування під час руху електровоза на маршруті [42].

Для технічної діагностики електровозів, їх вузлів і агрегатів використовують різні методи [22, 43, 60, 47, 80]. Різноманітність методів діагностування обумовлена в основному двома причинами: складністю структури системи діагностування (визначається складністю структури електровоза як об'єкта діагностування) і різноманітністю задач технічної діагностики, що впливають із вимог, які висуваються до системи обслуговування і ремонту електровозів [16, 82, 5, 45].

Для підвищення надійності роботи та інформативності щодо технічного стану гальмівної системи колійного електричного транспортного засобу запропоновано пристрій для діагностування барабанно-колодкового гальма на прикладі трамвая [55, 63, 7].

Структура цього пристрою показана на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Структура пристрою для діагностування барабанно-колодкового гальма

Математичну модель функціонування пристрою представлено у вигляді

$$\left. \begin{aligned}
 y_0 &= \overline{D1} \wedge \overline{D2} \wedge \dots \wedge \overline{Dn} \Rightarrow R_0 = 100\%; \\
 y_1 &= D1 \wedge \overline{D2} \wedge \dots \wedge \overline{Dn} \Rightarrow R_1; \\
 y_2 &= D2 \wedge \dots \wedge \overline{Dn} \Rightarrow R_2; \\
 &\dots\dots\dots \\
 y_i &= Di \wedge \dots \wedge \overline{Dn} \Rightarrow R_i; \\
 &\dots\dots\dots \\
 y_n &= Dn \Rightarrow R_n = 0\%,
 \end{aligned} \right\}, \quad (1.1)$$

де $y_0 \dots y_n$ – вихідний сигнал; Di, \overline{Di} – наявність та відсутність сигналу з i -го сенсора відповідно; R_i – ресурс гальмівних накладок.

В практичному використанні цього пристрою задіяний мікроконтролер AT90S2313 10PI, який має в собі вбудовану енергонезалежну пам'ять EEPROM (рис. 1.5), яка необхідна для того, щоб пристрій міг не лише перевіряти рівень зносу гальмівних накладок під час руху вагона, але й запам'ятовувати попередній стан (на скільки вони були зношені) до того, як трамвай був знеструмлений. Ця особливість зумовлена простотою виконання задавачів (сенсорів) зносу, які виконані у вигляді електродів, рівномірно вмонтованих безпосередньо в гальмівну накладку по всій її товщині (рис. 1.6).

При цьому припускається, що обидві гальмівні накладки одного барабанно-колодкового гальма зношуються рівномірно, а кількість самих електродів – п'ять ($n = 5$), хоча кількість їх можна змінювати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гавриленко В. В. Mathcad в инженерних розрахунках. Частина 1 : посібник для студентів інженерних спеціальностей НТУ / В. В. Гавриленко, К. С. Величко, К. М. Алексеєнко. – К. : НТУ, 2004. – 127 с.
2. Гавриленко В. В. Mathcad в инженерних розрахунках. Частина 2. Посібник для студентів інженерних спеціальностей НТУ / В. В. Гавриленко, К. С. Величко, К. М. Алексеєнко. – К. : НТУ, 2005. – 108 с.
3. PIC18F2220/2320/4220/4320 Data Sheet. [Електронний ресурс] Режим доступу до файлу: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39599c.pdf>.
4. Simulation Model for the Monitoring System of Air Brake of the Train and Determining the Place of Breakage [Електронний ресурс] / Oleksandr Mokin, Borys Mokin, Yuriy Lobatiuk // International Journal of Traffic and Transportation Engineering. – 2014 – V. 3, № 4. – Режим доступу до журналу : <http://article.sapub.org/10.5923.j.ijtte.20140304.02.html>.
5. А. Д. Чигринец Бесконтактная тепловая диагностика транспортных машин / А. Д. Чигринец. – К. : Выща школа, 1989. – 165 с.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Антропов А. Н. Контроль тормозной рычажной передачи / А. Н. Антропов, М. И. Глушко // Молодые ученые транспорту : труды Всероссийской научно-технической конференции. – Екатеринбург : УрГУПС, 2003.
10. Асадченко В. Р. Автоматические тормоза подвижного состава : учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта / В. Р. Асадченко. – М. : Маршрут, 2006. – 392 с.
11. Безуглов Д. А. Цифровые устройства и микропроцессоры / Д. А. Безуглов, И. В. Калиенко. – 2-е изд. – Ростов н/Д : Феникс, 2008. – 468 с.

12. Бортова система діагностування гальм поїздів із світловою індикацією / В. В. Бондаренко [та ін.] // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Х. : УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 133. – С. 196–200.

13. Брей Б. Применение микроконтроллеров PIC18. Архитектура, программирование интерфейсов с применением С и ассемблера / Брей Б. – К. : МК-Пресс, 2008. – 576 с.

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

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

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

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

18. 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.

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

20. Глушко М. И. Управление автотормозами при перекрыше // Электрическая и тепловозная тяга. – 1992. – № 2. – С. 34–35.

21. Гульяев А. МАТЛАВ 5.2. Имитационное моделирование в среде Windows : практическое пособие / Гульяев А. – СПб. : КОРОНА принт, 1999. – 288 с.

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

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

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

25. Дубровский З. М. Грузовые электровозы переменного тока / З. М. Дубровский, В. И. Попов, Б. А. Тушканов. – М. : Транспорт, 1991. – 471 с.
26. Дубровский З. М. Электровоз. Управление и обслуживание / З. М. Дубровский, В. А. Курчашова, Л. П. Томфельд. – М. : Транспорт, 1979. – 231 с.
27. Дьяконов В. П. Simulink 4. Специальный справочник / В. П. Дьяконов. – СПб. : Питер, 2002. – 528 с.
28. Дьяконов В. П. Справочник по MATHCAD PLUS 7.0 PRO. / В. П. Дьяконов. – М. : СК Пресс, 1998. – 345 с.
29. Евстифеев А. В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы «ATMEL» / А. В. Евстифеев. – М.: Додэка-XXI, 2004. - 560 с.
30. Елсаков Г. М. Устройство для контроля плотности тормозной системы поезда / Г. М. Елсаков // Сборник научных трудов УЭМИИТ, 1974. – Вып. 38. – С. 97–102.
31. Захаров В. Н. Автоматы с распределенной памятью / В. Н. Захаров. – М. : Энергия, 1975. – 130 с.
32. 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.
33. Казаринов В. М. Теоретические основы проектирования и эксплуатации автотормозов / В. М. Казаринов, В. Г. Иноземцев, В. Ф. Ясенцев. – М. : Транспорт, 1968. – 400 с.
34. Катцен С. PIC-микроконтроллеры. Все что вам необходимо знать / Катцен С. ; пер. с англ. Евстифеева А. В. – М. : Додэка-XXI, 2008. – 656 с.
35. Кошкин Н. И. Справочник по элементарной физике / Н. И. Кошкин, М. Г. Ширкевич. – М. : Наука, 1972. – 256 с.
36. Кошляков Н. С. Уравнения в частных производных математической физики / Н. С. Кошляков, Э. Б. Глинер, М. М. Смирнов. – М. : Высшая школа, 1970. – 712 с.
37. Крылов В. И. Автоматические тормоза подвижного состава – учебник для учащихся техникумов железнодорожного транспорта / В. И. Крылов, В. В. Крылов. – М. : Транспорт, 1983. – 360 с.
38. Крылов В. В. Влияние характеристик воздухораспределителей на скорость распространения тормозной волны / В. В. Крылов. – М. : Транспорт, 1989. – С. 315.
39. Лазарев В. Г. Синтез управляющих автоматов / В. Г. Лазарев, Е. И. Пийль. – М. : Энергия, 1978. – 408 с.

40. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB : учебный курс / Ю. Лазарев. – СПб. : Питер; Киев : ВНУ, 2005. – 51 с.
41. Лисевич Т. В. Передовые технологии деповского ремонта пассажирских вагонов : учебное пособие для вузов / Т. В. Лисевич, Е. В. Александров. – Самара : СамГАПС, 2005. – 80 с.
42. Лобатюк Ю. А. Методи діагностування електропривода електровоза / Б. І. Мокін, Ю. А. Лобатюк // 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>.
43. Локомотив : произ.-техн. и науч.-попул. журн. / учредитель ОАО «Российские железные дороги» ; глав. ред. В. Н. Бжицкий. – М. : Финтрекс, 2007. – № 8 (608).
44. Коренівський М. В. Аналіз стану гальмового обладнання вантажного рухомого складу / М. В. Коренівський, В. В. Бондаренко, Я. В. Дерев'янчук // Збірник наукових праць УДАЗТ. – 2010. – № 107. – С. 102–106.
45. Магнитопорошковый метод неразрушающего контроля. Железнодорожный форум. [Електронний ресурс] – Режим доступу до файлу: scbist.com/zhurnal-lokomotiv/10029-magnitoporoshkovyi-metod-nerazrushayuschego-kontrolya.html.
46. Мартинов І. Е. Аналіз варіантів конструкції пристрою для запобігання клиноподібного зносу гальмових колодок у вантажних вагонах / І. Е. Мартинов, К. С. Нечволода // Збірник наукових праць УДАЗТ. – 2011. – № 123. – С. 123–126.
47. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Техническая диагностика подвижного состава». – Самара : СамИИТ, 2000. – 26 с.
48. 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.
49. Мишин Г. Л. Системы автоматизации с использованием программируемых логических контроллеров : учебное пособие / Г. Л. Мишин, О. В. Хазанова. – М. : Станкин, 2005. – 136 с.
50. Мокін Б. І. Математична модель для визначення місця обриву пневматичної магістралі гальмівної системи електропоїзда / Б. І. Мокін, Ю. А. Лобатюк // ОКЕУ 2013 : міжнар. наук.-техн. конф., 22–24 жовтня 2013 р., тези доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – С. 69.

51. Мокін Б. І. Математична модель і структура пристрою діагностики гальмівної системи електровоза / Б. І. Мокін, Ю. А. Лобатюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 6. – С. 130–133.

52. Мокін Б. І. Математична модель і структура пристрою діагностики гальмівної системи електровоза / Б. І. Мокін, Ю. А. Лобатюк // ОКЕУ 2011 : міжн. наук.-техн. конф., 25–27 жовтня 2011 р., тези доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – С. 96.

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

54. Мокін Б. І. Синтез структури системи автоматичного контролю технічного стану силових електричних кіл тягового електровоза / Б. І. Мокін, Ю. А. Лобатюк, С. О. Жуков // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 5. – С. 96–102.

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

56. 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>.

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

58. 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.

59. О. Б. Мокін Мікропроцесорна система автоматичного контролю технічного стану силових електричних кіл тягового електровоза / О. Б. Мокін, Ю. А. Лобатюк, С. О. Жуков // Проблеми та перспективи розвитку технічних засобів транспорту та систем автоматизації : між-

народна наук.-техн. конф., 1–3 жовтня 2014 р. : тези доповідей. – Харків, 2014. – С. 35–37

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

61. 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.

62. 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.

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

64. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Петров И. В. – М. : СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.

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

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

67. Про підвищення надійності гальм вантажних поїздів / С. І. Нечволода, Р. І. Візняк, В. В. Мархай, М. О. Романюха, К. С. Нечволода // Залізничний транспорт України. – 2009. – № 1. – С. 33–35.

68. Сидоров Н. И. Как устроен и работает электровоз / Н. И. Сидоров, Н. Н. Сидорова. – М. : Транспорт, 1988. – 223 с.

69. Основы электрического транспорта / М. А. Слепцов, Г. П. Долаберидзе, А. В. Прокопович и др. – М. : Академия, 2006 – 464 с.

70. О надежности и долговечности тормозных рукавов / П. А. Сугак и др. // Вестник ВНИИЖТ. – 1977. – № 8. – С. 20–23.

71. Тихменёв Б. Н. Подвижной состав электрических железных дорог / Б. Н. Тихменёв, Л. М. Трахтман. – М. : Транспорт, 1980. – 549 с.

72. Тушканов Б. А. Электровоз ВЛ80р : руководство по эксплуатации / Под редакцией Б. А. Тушканова. – М. : Транспорт, 1985. – 541 с.
73. Уилмсхерст Т. Разработка встроенных систем с помощью микроконтроллеров PIC. Принципы и практические примеры / Т. Уилмсхерст – К. : МК-Пресс, 2008. – 544 с.
74. Фрайден Дж. Современные датчики / Дж. Фрайден ; перев. с англ. под ред. Е. П. Свинцова. – М. : Техносфера, 2005. – 592 с.
75. Чумаченко І. В. Мікроконтролерні прилади: структура і використання : навч. посібник / І. В. Чумаченко, М. Д. Кошовий, В. В. Лопатин. – Харків : Нац. аерокосмічний ун-т «ХАІ», 2001. – 277 с.
76. Шевкопляс Б. В. Микропроцессорные структуры. Инженерные решения : справочник / Б. В. Шевкопляс. – М. : Радио и связь, 1990. – 512 с.
77. Шелухин В. И. Датчики измерения и контроля устройств железнодорожного транспорта / В. И. Шелухин. – Москва : Транспорт, 1990. – 119 с.
78. Шкіль М. І. Вища математика. Книга 2 / М. І. Шкіль, Т. В. Колесник. – Київ : Либідь, 2010. – 496 с.
79. Шмигер З. Причины и последствия разрывов поездов / З. Шмигер // Железные дороги мира, 1990. – № 8. – С. 18–21.
80. Тартаковский Э. Д. Применение методов акустической эмиссии при диагностировании трамвайных вагонов / Э. Д. Тартаковский // Збірник наукових праць УДАЗТ. – 2010. – № 117. – С. 94–97.
81. Электровоз ВЛ80т. Руководство по эксплуатации / под редакцией Б. Р. Бондаренко. – М. : Транспорт. – 1977. – 568 с.
82. 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>.

Наукове видання

Лобатюк Юрій Анатолійович

Мокін Олександр Борисович

Мокін Борис Іванович

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА

Редактор С. Малішевська

Оригінал-макет підготовлено Ю. Лобатюком

Підписано до друку 6.06.2018 р.

Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman.

Друк різнографічний. Ум. др. арк. 5,77.

Наклад 300 (1-й запуск 1–75) пр. Зам № В2018-11

Вінницький національний технічний університет,

ІРВЦ ВНТУ,

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Тел. (0432) 65-18-06.

press.vntu.edu.ua; *email*: kivc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано ФОП Барановська Т. П.

21021, м. Вінниця, вул. Порика, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 4377 від 31.07.2012 р.