

Українська державна академія залізничного транспорту

Горобченко Олександр Миколайович

УДК 629.4.016: 621.313.222

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЯГОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛОКОМОТИВІВ
ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВИКОРИСТАННЯ
ЗЧІПНОЇ МАСИ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2007

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Української державної академії залізничного транспорту Міністерства транспорту і зв'язку України

Науковий керівник

– доктор технічних наук, професор

Колесник Іван Кузьмич,

Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра «Експлуатація та ремонт рухомого складу», професор

Офіційні опоненти:

– доктор технічних наук, професор

Далека Василь Хомич,

Харківська Національна Академія міського господарства, завідувач кафедри «Електротранспорт»

– кандидат технічних наук

Носков Валентин Іванович,

ДП «Електроважмаш», головний конструктор

Провідна установа:

Східно-український національний університет ім. Володимира Даля, кафедра «Залізничний транспорт», Міністерство освіти і науки України, м. Луганськ.

Захист відбудеться “_____” _____ р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий “_____” _____ р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

Д. В. Ломотько

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. Однією з умов соціального і економічного розвитку України є вдосконалення транспортного обслуговування. У рішенні цього завдання важлива роль належить залізницям, як одного з найбільш потужних і технічно розвинутих видів вантажного транспорту. Розробка та виробництво рухомого складу з підвищеними тягово-енергетичними показниками є важливим народногосподарським завданням. Досвід експлуатації локомотивів показує, що ефективність їхньої роботи можливо істотно збільшити шляхом більш повного використання зчіпної маси, потужності тягових електродвигунів і вдосконалення систем керування тяговим електроприводом.

Актуальність теми. Існуючі схемні рішення та алгоритми керування не дозволяють повністю реалізувати потенційні можливості тягового рухомого складу як у плані використання зчіпної маси, так і електроустаткування. Одну з основних ролей тут відіграє фактор нерівномірності використання потужностей двигунів, який посилюється неминучою нерівністю навантажень на рейки від колісних пар, що може бути наслідком як неточності статичного розважування, так і динамічного перерозподілу при реалізації сили тяги. Це приводить до недовикористання зчіпної маси тягової одиниці. У зв'язку з викладеним завданням зниження негативного впливу нерівності навантажень по осях у комплексі зі зменшенням нерівномірності струмозподілення є актуальним для подальшого вдосконалювання роботи тягового рухомого складу.

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

Викладені в дисертації питання є частиною наукових розробок за рішенням проблеми підвищення ефективності експлуатації тягового рухомого складу (№ ДР 0105U000899 – Прогнозування характеристик маневрових, магістральних тепловозів та дизель-поїздів з урахуванням життєвого циклу), програм по розробці і виробництву нового рухомого складу, затвердженим Кабінетом Міністрів України (Постанови Кабінету Міністрів №313-р від 22.10.1991 р., №66-р від 03.02.1992 р. і №992 від 1.07.1998р.).

Мета і завдання досліджень.

Мета дисертаційної роботи полягає в удосконаленні тягових характеристик локомотивів за рахунок збільшення коефіцієнта використання

зчіпної маси і зниження нерівномірності струморозподілу між паралельними гілками силового кола, що досягається введенням додаткових умов розміщення колісно-моторних блоків і вдосконаленням системи регулювання двигунів.

Завдання досліджень:

- аналіз відомих технічних рішень та їхня оцінка відповідно до прийнятих критеріїв якості використання тягових властивостей локомотивів;
- установлення величини граничної нерівномірності струморозподілу в статичних і перехідних режимах роботи локомотивів та зіставлення їх з експериментальними даними;
- розробка способу підвищення ступеня використання зчіпної маси;
- розробка способу функціонування системи зменшення нерівномірності струмів з корегуванням за умовами зчеплення;
- аналіз ефективності пропозицій по поліпшенню використання тягових властивостей локомотивів за допомогою комплексної математичної моделі силового кола і експлуатаційних випробувань;
- визначення взаємозв'язку між величиною коефіцієнта використання зчіпної маси та витратами електроенергії на тягу.

Об'єкт дослідження. Локомотив.

Предмет дослідження. Тягові характеристики локомотивів.

Методи дослідження. В роботі використані наступні методи: вимірювання з використанням системи діагностування локомотива для дослідження нерівномірності струморозподілу в силових колах локомотивів; математичної статистики для аналізу процесів в електричних колах, аналізу варіацій швидкісних характеристик двигунів і діаметрів бандажів за даними експлуатації; математичного моделювання з використанням програмного комплексу на базі персональної ЕОМ; експериментальні для оцінки ефективності запропонованих заходів шляхом впровадження їх в депо і дослідження експериментальних локомотивів.

Наукова новизна отриманих результатів. Вирішена науково-прикладна задача підвищення рівня використання тягових властивостей локомотивів за

рахунок збільшення коефіцієнта використання зчіпної маси і зниження струмозподілу в силових колах. Це дозволило покращити тягові та енергетичні характеристики тягового рухомого складу і підвищити техніко-економічні показники його функціонування.

Вперше:

- виявлено взаємозв'язок між такими параметрами: конструкція тягових двигунів; нерівномірність струмозподілення; відхилення характеристик колісно-моторних блоків; коефіцієнт використання зчіпної маси локомотива і його змінення в несталих режимах роботи;

- доведена залежність між коефіцієнтом використання зчіпної маси і витратою електроенергії на тягу.

Удосконалено:

- спосіб визначення впливу параметрів і розташування колісно-моторних блоків під локомотивом на коефіцієнт використання зчіпної маси;

- спосіб визначення особливостей взаємного впливу параметрів силових кіл тягових двигунів, з'єднаних у систему.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень.

Обґрунтованість і достовірність отриманих наукових положень доводиться аналітичними методами що відображають фізичну сутність процесів в силовому колі локомотива; експериментальними методами (створена комплексна математична модель силового кола). Крім того проведено підтвердження практикою, розбіжність результатів приведених положень з реальними показниками при впровадженні їх в депо не перевищує 3,5% на номінальному режимі і 9% в діапазоні швидкостей від 1,6 км/год до 76 км/год.

Наукове значення роботи. Отримані наукові результати дозволяють визначити нові напрямки підвищення тягових властивостей локомотивів. Виявлені залежності між параметрами є доповненням до теорії тяги поїздів.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблений спосіб розміщення колісно-моторних блоків з урахуванням їх характеристик дозволив

підвищити ефективність експлуатації локомотивів за рахунок економії електроенергії та більш якісного використання зчіпної маси і потужності тягових електродвигунів.

Визначення впливу зміни коефіцієнта використання зчіпної маси на витрату електроенергії дозволило з достатньою точністю спрогнозувати зниження енерговитрат на тягу кожним конкретним локомотивом при впровадженні на ньому запропонованого способу розташування колісно-моторних блоків.

Результати роботи впроваджені в локомотивному депо Ясинувата-Захід, використовуються в навчальному процесі при викладанні спеціальних дисциплін і дипломному проектуванні за фахом 7.100 501 - "Рухомий склад і спеціальна техніка залізниць".

Особистий внесок автора. Всі положення і результати, що виносяться на захист, отримані автором самостійно.

Апробація результатів роботи. Апробація результатів дисертаційної роботи проведена на 65 Міжнародній науково-практичній конференції в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту (2005р.) і науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів і співробітників Української державної академії залізничного транспорту (2006р.)

Повністю дисертаційна робота доповідалась на розширеному засіданні кафедри «ЕРРС» УкрДАЗТ з участю членів спеціалізованої вченої ради (2006 р).

Публікації. Відповідно до теми дисертації опубліковано 5 наукових робіт у виданнях, що затверджені ВАК України, як фахові (всі без співавторів).

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Повний обсяг роботи містить 190 сторінок, з них обсяг основного тексту 148 сторінок; додатків, списку використаних джерел, рисунків та таблиць на 42 сторінках. Робота ілюстрована 101 рисунком, наведено 9 таблиць. Список використаних джерел складається з 93 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність проблеми, сформульована мета і задачі досліджень, відображена наукова новизна, практичне значення отриманих результатів

і особистий внесок автора, наведена інформація про апробації і публікації результатів досліджень.

У першому розділі дисертації приводиться аналіз існуючих засобів підвищення ефективності експлуатації локомотивів на мережі залізниць України та закордону.

У розвиток теорії тяги поїздів, а саме – підвищення ефективності використання тягового зусилля локомотивів, розробки нових технічних засобів, внесли великий вклад такі вчені та практики: А.Є. Алексеев, Є. П. Блохін, Є. Б. Боднар, Г.Н. Волков, О. Л. Голубенко, В. Х. Далека, Д. Д. Захарченко, І. П. Ісаєв, Е. Д. Кийко, К. Kraft, І. К. Колесник, В. Г. Маслієв, Д. К. Мінов, С. В. Мямлін, Г.М. Нафіков, О. А. Некрасов, В. І. Носков, С. І. Осипов, А. М. Пахилов, В.И. Ревич, Е. Д. Тартаковський, Б.М. Тихменев, Л.М. Трахтман, М. А. Фуфрянський, Е. Д. Шандриков та інші.

На підставі аналізу і оцінки технічного рівня відомих систем в дисертаційній роботі доводиться доцільність і можливість подальшої праці над завданням підвищення ефективності використання локомотивів, сформульовані основні напрямки досліджень, необхідні для рішення завдання підвищення тягових властивостей локомотивів шляхом збільшення коефіцієнта використання зчіпної маси і вирівнювання потужностей між тяговими електродвигунами з коректуванням за умовами зчеплення.

У другому розділі проведені експериментальні дослідження стану струморозподілення в силових колах локомотивів ДЕ1 і ВЛ8, що працюють на Донецькій залізниці.

Локомотиви у процесі експлуатації піддаються нерівномірності струморозподілення, причому у режимі гальмування різниця струмів значно збільшується і для окремих локомотивів досягає 12% при навантаженні у два рази нижче номінального. Це призводить до зниження тягового зусилля від 0,2% до 1,1% в годинному режимі. Встановлено, що найбільш піддані нерівномірному струморозподіленню локомотиви ДЕ1, яким у процесі ремонтів вже були замінені один або кілька тягових електродвигунів. Пояснюється це неможливістю проведення якісного підбора параметрів колісно-моторних блоків в умовах депо через відсутність достатнього ремонтного фонду. Тому в майбутньому можливе подальше погіршення параметрів струморозподілення у електровозів, що експлуатуються.

Третій розділ присвячено вдосконаленню визначення впливу конструктивних, технологічних і експлуатаційних факторів на струморозподілення в паралельних гілках силового кола.

Різницю струмів в паралельно ввімкнених електродвигунах представлено як

$$\Delta I = I_1 - I_2 = \frac{U - c_e \cdot \Phi_1 \cdot n_1}{R_{1екв}} - \frac{U - c_e \cdot \Phi_2 \cdot n_2}{R_{2екв}}. \quad (1)$$

В загальному випадку параметри другого двигуна виражені через параметри першого: магнітний потік $\Phi_2 = \Phi_1 - \Delta\Phi$; частота обертання $n_2 = n_1 - \Delta n$; опір обмоток $R_{2екв} = R_{1екв} + \Delta R_{екв}$.

Магнітний потік і-го двигуна представлено як

$$\Phi_i = \frac{n_n}{n_i} \Phi_n = k_{ni} \Phi_n. \quad (2)$$

Величина $k_{ni} = n_n/n_i$ є коефіцієнтом відхилення магнітного потоку, що показує, у скільки разів магнітний потік еталонного двигуна відрізняється від випробуваного двигуна на підставі відношення номінальної частоти обертання n_n до існуючої частоти даного двигуна n_i . Такий підхід значно спрощує розрахунок впливу різниці магнітних характеристик на рівномірність струморозподілення.

Після перетворень формули (1) з заміною частоти обертання на швидкість, представленням параметрів першого двигуна через параметри другого, представленням Φ через добуток струму на коефіцієнт пропорційності $k_{ет}$, отримано формулу (3).

$$\Delta I = \rho + I_1 \cdot \varepsilon, \quad (3)$$

де

$$\rho = \frac{U \cdot \Delta R_{екв}}{R_{екв1}^2 + R_{екв1} \cdot \Delta R_{екв} + R_{екв1} \cdot c_e \cdot k_{ет} \cdot k_{n2} \cdot V \frac{i \cdot 60}{\pi \cdot D_2}};$$

$$\varepsilon = V \frac{i \cdot 60 \cdot c_e \cdot k_{ет}}{\pi} \cdot \left(- \frac{\Delta R_{екв} \cdot k_{n1} \cdot \frac{1}{D_1}}{R_{екв1}^2 + R_{екв1} \cdot \Delta R_{екв} + R_{екв1} \cdot c_e \cdot k_{ет} \cdot k_{n2} \cdot V \frac{i \cdot 60}{\pi \cdot D_2}} + \right.$$

$$\left. + \frac{2 \cdot \left(\frac{1}{D_1} - \frac{1}{D_2} \right) \cdot k_{n1} + \frac{1}{D_1} \cdot k_{n1} - k_{n2} \cdot \frac{1}{D_1} - \left(\frac{1}{D_1} - \frac{1}{D_2} \right) \cdot k_{n2}}{R_{екв1} + \Delta R_{екв} + c_e \cdot k_{ет} \cdot k_{n2} \cdot V \frac{i \cdot 60}{\pi \cdot D_2}} \right)$$

Комплекси $\rho = f(U, \Delta R_{екв}, V, c_e, k_{ет}, k_{n2}, i, D_2)$ і $\varepsilon = f(\Delta R_{екв}, V, c_e, k_{ет}, k_{n1}, k_{n2}, i, D_2, D_1)$ дозволяють проаналізувати вплив різних факторів і взаємозв'язок між

параметрами двигунів на струморозподіл. Вони показують, що на відхилення струмів спричиняють вплив не окремі характеристики двигунів, а їх сполучення. Крім того формула (3) виявляє вплив конструкції машини (c_e) і конструктивних параметрів колісно-моторного блоку ($c_e i / D_i$, i - передаточне число редуктора) на струморозподіл.

Розрахунки за допомогою даного способу показують, що найбільше на розподіл струмів впливає різниця характеристик тягових електродвигунів, за рахунок чого різниця струмів може досягати 17% від номінальних значень. Змінення активного опору мідних провідників обмоток викликає збільшення різниці струмів навантажень на 1,5%. Різниця діаметрів бандажів по колах катання, що допускається в експлуатації, приводить до збільшення струморозподілення на 8,3%.

Для усунення відхилення струмів необхідно, щоб $\rho=0$ і $\varepsilon=0$, тобто чисельники дробів обертались в нуль:

$$U \cdot \Delta R_{екв} = 0, \quad (4)$$

$$\Delta R_{екв} k_{n1} \cdot \frac{1}{D_1} = 0, \quad (5)$$

$$2 \cdot \left(\frac{1}{D_1} - \frac{1}{D_2} \right) \cdot k_{n1} + \frac{1}{D_1} \cdot k_{n1} - k_{n2} \cdot \frac{1}{D_1} - \left(\frac{1}{D_1} - \frac{1}{D_2} \right) \cdot k_{n2} = 0. \quad (6)$$

Для виконання умов (4) і (5) достатньо, щоб було відсутнє відхилення омичних опорів ($\Delta R_{екв} = 0$). В умовах експлуатації величина $\Delta R_{екв}$ не значна і її можна зневажити. В результаті перетворювань видно, що для виконання умови (6) необхідно, щоб виконувалась рівність (7):

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{-k_{n2} + 2k_{n1}}{3k_{n1} - 2k_{n2}}. \quad (7)$$

Таким чином, при підбиранні колісно-моторних блоків в депо необхідно прагнути до виконання рівняння (7). З нього можна вивести необхідні параметри колісної пари або двигуна в залежності від того, чого є достатньо в ремонтному фонді.

За умови відсутності відхилення струмів ($\Delta I=0$) вираз (3) приймає вигляд

$$\rho + I_1 \cdot \varepsilon = 0. \quad (8)$$

Або тоді

$$I_1 = -\rho / \varepsilon, \quad (9)$$

що є умовою відсутності різниці струмів в паралельних гілках силового кола.

Четвертий розділ присвячений розробці теоретичних основ підвищення ефективності використання зчіпної маси локомотивів і створенню комплексної

математичної моделі силового кола локомотива для перевірки зроблених висновків за критерієм

$$\eta_0 = f(F_T, k_p, \psi, h, d_1, I_i, D_i, c_e, i, K_{\text{вихр}}) \rightarrow 1, \quad (10)$$

де η_0 – основний коефіцієнт використання зчіпної маси локомотива;

F_T – поточне значення сили тяги локомотива;

k_p – коефіцієнт розвантаження лімітуючої колісної пари в режимі тяги;

ψ – коефіцієнт зчеплення;

d_1 – база підвішування локомотива;

h – висота автозчіпного пристрою локомотива;

c_e – постійна тягового електродвигуна по е.р.с.;

i – передаточне число тягового редуктора;

$K_{\text{вихр}}$ – коефіцієнт вихрових струмів (враховується тільки в несталих режимах роботи двигунів)

Обмеження на використання моделі: модель створена для розрахунку η_0 тільки в тяговому режимі; модель повинна використовуватися для розрахунків руху локомотива при швидкостях від 1,6 км/год до 76 км/год, за межами цього інтервалу погрішність складає більше 9%; модель коректно працює при значеннях коефіцієнта зчеплення від 0,12 до 0,38; модель створена для розрахунків локомотивів з опорно-осьовим видом підвішування тягових електродвигунів; спосіб розрахунків приведений для тягових двигунів без компенсуючої обмотки.

Відомо, що значення основного коефіцієнта використання зчіпної маси локомотивом залежить від параметра σ_s , який визначається за формулою

$$\sigma_s = \frac{F_{s0} - F_0}{F_0}, \quad (11)$$

де F_{s0} , F_0 – сила тяги, що розвивається колісною парою, що лімітує, і середньоарифметична відповідно;

Звідси витікає можливість зниження σ_s за рахунок зменшення сили тяги лімітуючої колісної пари. Підвищення η_0 пропонується досягти шляхом розміщення колісно-моторних блоків таким чином, щоб тягові електродвигуни, що розвивають відповідно до своїх характеристик менші тягові зусилля, установлювалися на крайніх

(першій і восьмій) колісних парах, що за розрахунками і експериментальними даними є лімітуючими.

Найкращим режимом роботи можна вважати роботу при $F_{s0} = F_{kmaxs}$

$$F_{kmaxs} = P_s \psi k_p K_\psi, \quad (12)$$

де F_{kmaxs} – максимальна сила тяги по зчепленню колісної пари, що лімітує;

P_s – статичне навантаження на вісь колісної пари, що лімітує;

K_ψ – параметр, враховуючий зниження ψ під передньою (лімітуючою) віссю.

Тоді мінімальне значення σ_s буде дорівнювати

$$\sigma_{smin} = \frac{P_s \psi k_p K_\psi - F_0}{F_0}. \quad (13)$$

З огляду на (12) сила тяги пари, що лімітує, повинна бути

$$F_{s0} = P_s \psi k_p K_\psi. \quad (14)$$

Вираз (14) є умовою максимального використання зчіпної маси локомотива по параметру σ_s .

В контексті викладеного розташування колісно-моторних блоків під локомотивом повинно бути виконано з урахуванням умови (15)

$$F_s < F_o, \quad (15)$$

тобто сила тяги колісної пари, що лімітує, повинна бути менше середньоарифметичного значення сил тяги всіх пар локомотива. Завдання складається в знаходженні такої величини $k_F = F_s / F_o$, при якій локомотив буде найбільш повно використовуватися по зчепленню. Розрахунки показують, що

$$k_F = \frac{P_s k_p K_\psi}{P_o}. \quad (16)$$

При визначенні магнітних параметрів тягового електродвигуна, що повинен бути встановлений на вісь, що лімітує, необхідно користуватися (17).

$$k_{ns} = k_F \frac{D_s k_{no}}{D_o}, \quad (17)$$

де k_{ns} , k_{no} – коефіцієнти відхилення потоку двигуна, що повинен встановлюватися на колісну пару, що лімітує, і середній всіх двигунів відповідно;

D_s , D_o – діаметри бандажа колісної пари, що лімітує, і середньоарифметичний;

Таким чином, без введення додаткових пристроїв, а лише завдяки перестановці колісно-моторних блоків можна додатково підвищити ефективність використання локомотива за рахунок переміщення моменту початку буксування в зону більших навантажень. Це дає можливість локомотиву реалізувати додаткове тягове зусилля.

Для більш повного використання зчіпної маси локомотива в роботі запропонована принципова схема пристрою, який дозволяє регулювати струми навантаження окремих двигунів. Активним елементом схеми є IGBT-транзистори. При роботі локомотива на межі по зчепленню пристрій знижує струм навантаження двигуна передньої колісної пари і довантажує двигуни задніх пар. Таким чином підвищується основний коефіцієнт використання зчіпної маси.

Для перевірки зроблених висновків в програмному пакеті Matlab розроблена комплексна математична модель силового кола локомотива, яка враховує перехідні електричні процеси і вплив на них експлуатаційних допусків; дає можливість визначити вплив розбіжностей в характеристиках двигунів і діаметрах бандажів на коефіцієнт використання зчіпної маси; визначає витрату електроенергії на тягу, температури нагріву обмоток з урахуванням нерівномірності струморозподілення та інше. Базовою частиною моделі є модель тягового двигуна (рис. 1).

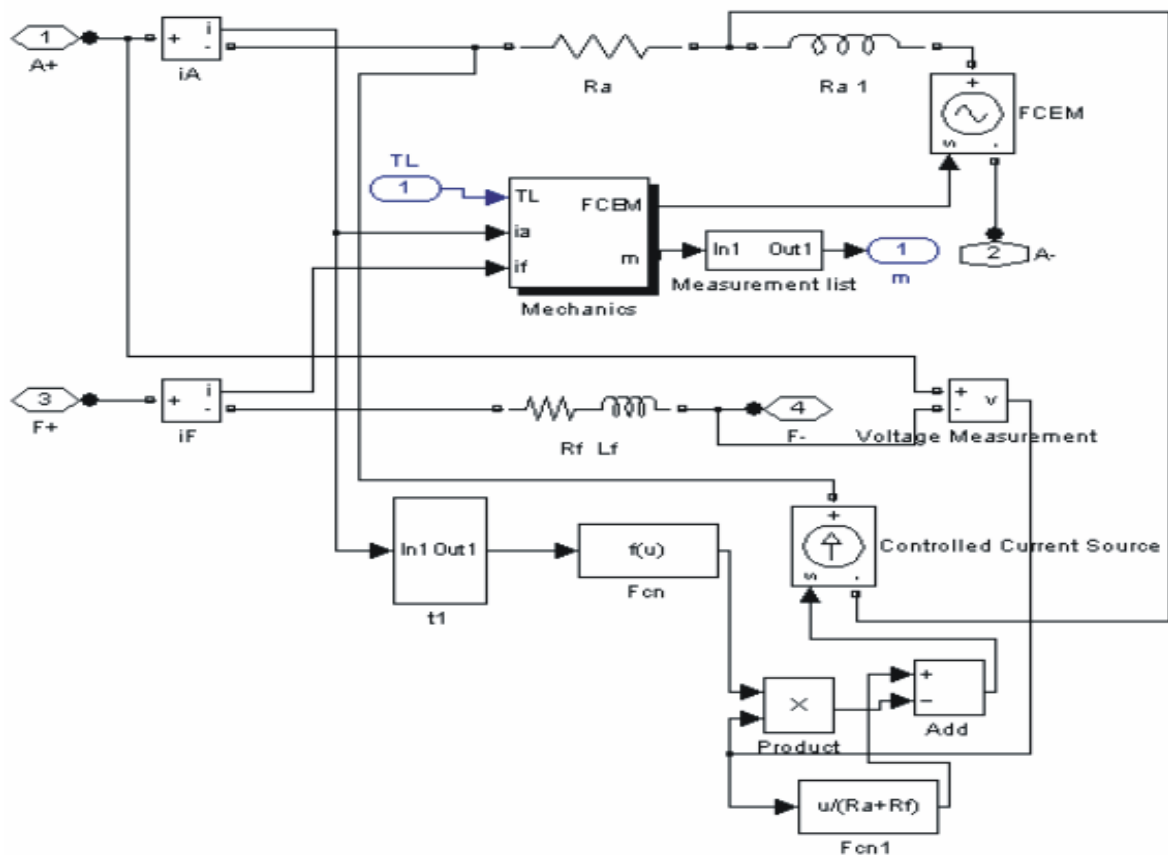


Рис. 1. Структура моделі тягового двигуна

Вона складається з кола якоря машини R_a і L_a ; джерела напруги E_{FCEM} , що імітує е.р.с.; підсистеми t_1 , що забезпечує визначення температури обмоток; блоку *Mechanics*, до якого введено розрахунок магнітного потоку для послідовного збудження з урахуванням вихрових струмів, та інших частин.

Для моделювання навантаження і реалізації сили тяги локомотивом створений блок LOAD (рис. 2), який дозволяє імітувати буксування, визначати поточні значення параметра σ , основного коефіцієнта використання зчіпної маси, навантаження від колісної пари, що лімітує, на рейку, сили тяги кожної пари і т.д.

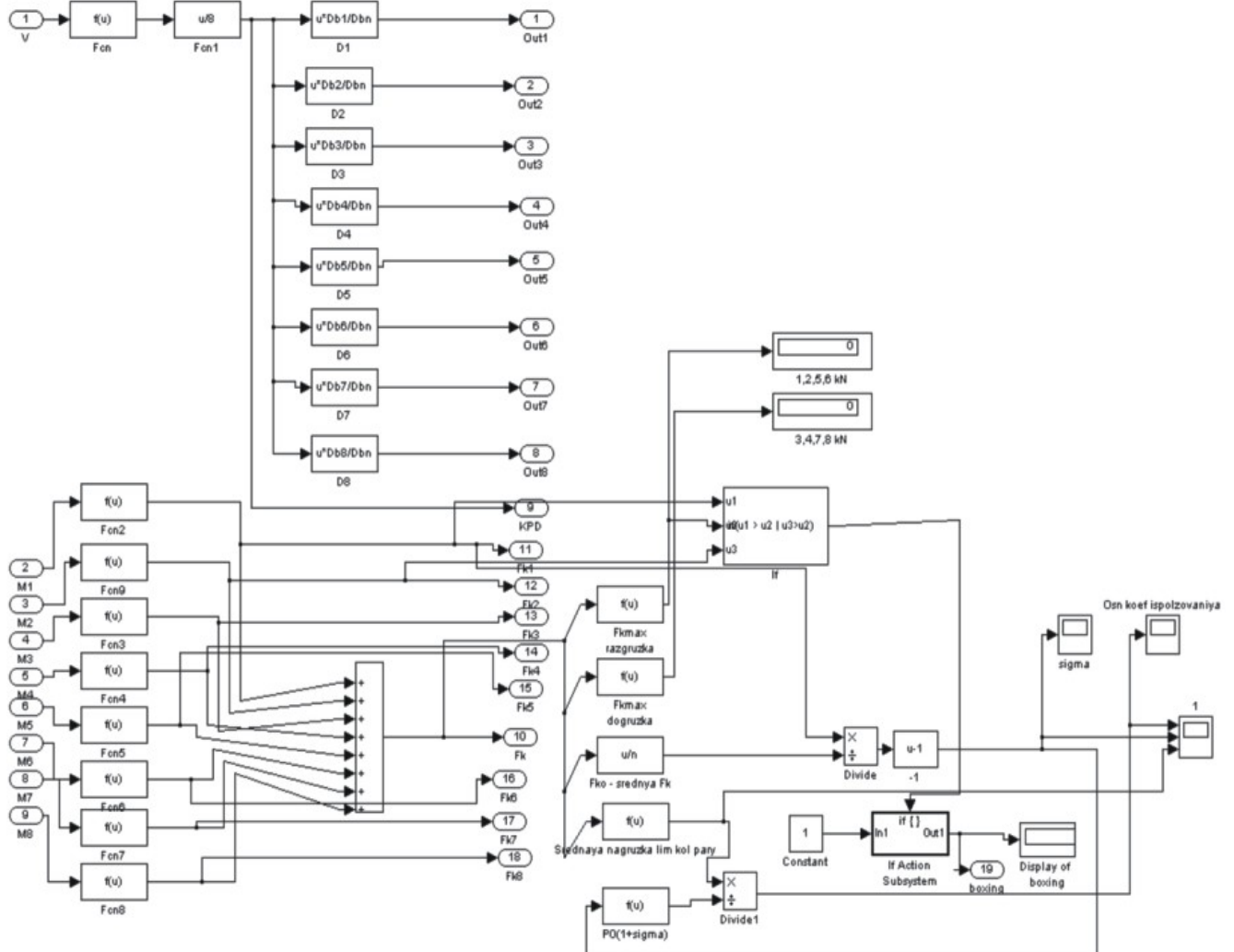


Рис. 2. Структура блоку LOAD

За допомогою представленої моделі проведено низку експериментів, зокрема порівняна ефективність використання зчіпної маси у локомотивів, що мають крайніми колісно-моторні блоки з максимальною силою тяги і з мінімальною. З рисунків 3 і 4 видно, що η_0 вищий у останніх. Таким чином підтверджується умова (15).

В п'ятому розділі виконана перевірка ефективності підвищення коефіцієнта використання зчіпної маси на локомотивах, що експлуатуються. Для цього на Донецькій залізниці проведені випробування локомотивів з перестановкою колісно-моторних блоків згідно із запропонованим способом.

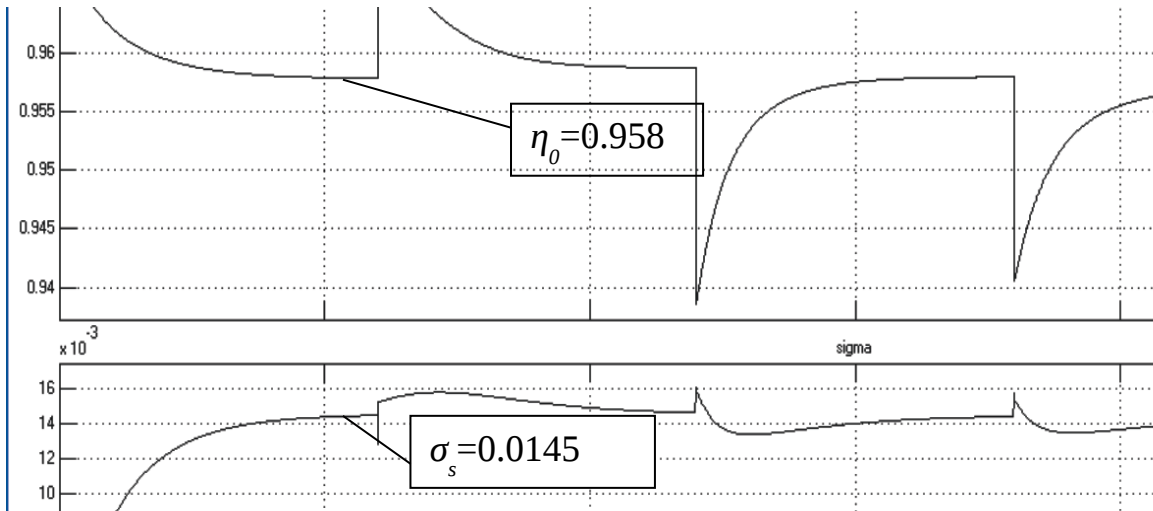


Рис. 3. Зміни основного коефіцієнта використання зчіпної маси локомотива, параметра σ_s при перепадах напруги контактної мережі ($F_s > F_o$)

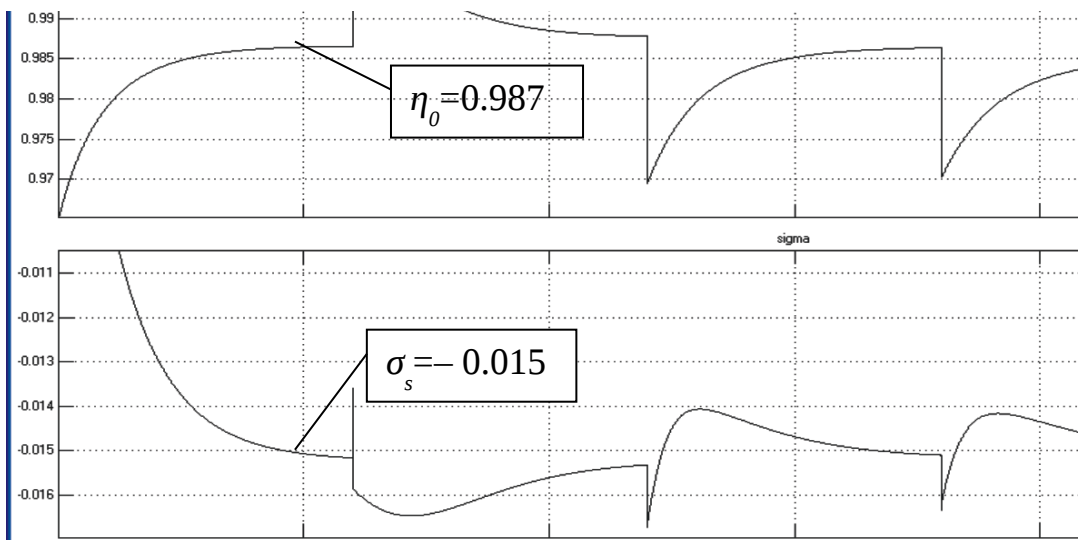


Рис. 4. Зміни основного коефіцієнта використання зчіпної маси локомотива, параметра σ_s при перепадах напруги контактної мережі ($F_s < F_o$)

У локомотивів ВЛ8-№748 і ВЛ8-№1083 (депо Ясинувата-Західне) виконано перепідкочування блоків з виконанням умови (15). Внаслідок цього кількість буксувань при русанні зменшилась на 70%, інтенсивність наростання прокату у крайніх колісних пар знизилась мінімум на 6%, з'явилась можливість додаткового збільшення маси поїзда по зчепленню на 3,5%.

В результаті досліджень отримана залежність (рис. 5), що свідчить про збільшення витрати електроенергії при зниженні основного коефіцієнта використання зчіпної маси локомотива.

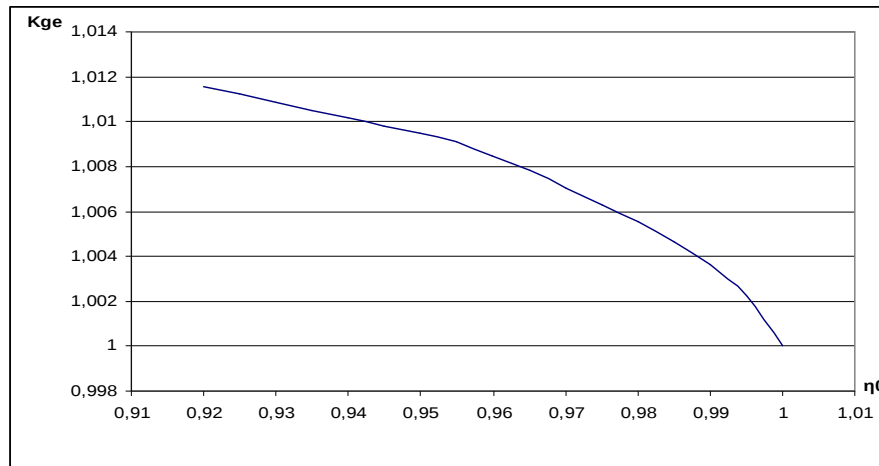


Рис. 5. Залежність зміни коефіцієнта питомої витрати електроенергії локомотивами від коефіцієнта використання зчіпної маси при годинному режимі.

Розраховано, що при впровадженні запропонованих заходів у депо Ясинувата річний економічний ефект від економії електроенергії та зменшення зношування бандажів складе 75 тис. грн, що дозволить окупити витрати на впровадження через 2 роки 8 місяців.

ВИСНОВКИ

Отримані наукові результати дисертаційної роботи дозволяють зробити висновки, що розроблені нові підходи щодо розташування колісно-моторних блоків і керування тяговими двигунами дають змогу удосконалити тягові характеристики локомотивів завдяки більш повному використанню зчіпної маси і сили тяги. Поставлена мета роботи досягнута.

На підставі проведених у дисертації досліджень можливо зробити наступні висновки.

1. Аналізом і оцінкою відомих технічних рішень встановлено, що, на відмінність від традиційного підходу, найбільше підвищення тягових властивостей локомотивів можливе збільшенням коефіцієнта використання зчіпної маси і вирівнюванням струмів у паралельних гілках силового кола з корегуванням за умовами зчеплення.

2. В результаті проведених розрахунків встановлено, що максимальна нерівномірність струморозподілу має місце в статичних режимах і може досягати 32% від струму, споживаного двигуном (в перехідних режимах до 17%). Дослідженнями

доведено, що в процесі експлуатації нерівномірність струморозподілу між паралельними колами тягових двигунів досягає 4-12%. Зі збільшенням нерівномірності струморозподілу реалізоване тягове зусилля локомотива знижується.

3. Спосіб підвищення ступеня використання зчіпної маси, що розроблений в роботі, базується на виконаних розрахунках динамічного перерозподілу навантажень осей при реалізації локомотивом тягового зусилля і ступеня впливу цього перерозподілу на тягові властивості локомотивів. На підставі цього запропоновано нову умову розміщення колісно-моторних блоків, що на відмінність від існуючих способів враховує їхні характеристики. Розрахована оптимальна величина співвідношення сил тяги лімітуючої і усередненої колісних пар локомотива, яка залежить від коефіцієнта динамічного розвантаження пари, що лімітує, коефіцієнта зниження зчеплення передньої колісної пари і розкиду статичних навантажень по осях.

4. Розроблено принципову схему функціонування системи зменшення нерівномірності струмів, відмінність якої полягає в корегуванні струмів навантаження тягових двигунів в залежності від режиму роботи локомотива. На граничних по зчепленню режимах збільшується струм навантаження двигунів, встановлених на візках, що довантажені. При зниженні тягового зусилля пристрій забезпечує вирівнювання струмів по паралельним гілкам.

5. Оцінка ефективності впровадження запропонованих заходів підвищення тягових властивостей локомотивів проведена за допомогою розробленої комплексної математичної моделі силового кола локомотива. Доведено, що найбільш повно використовується зчіпна маса локомотива, у якого на крайні осі встановлені колісно-моторні блоки, що розвивають мінімально припустимі сили тяги. Основний коефіцієнт використання зчіпної маси в такому випадку підвищується до 0,98. За результатами розрахунків проведені експериментальні випробування локомотивів в умовах експлуатації з впровадженням уточненого способу розміщення колісно-моторних блоків залежно від їхніх характеристик. За час випробувань кількість буксувань при рушанні знизилась мінімум на 70%, інтенсивність зростання прокату у крайніх колісних пар знизилась мінімум на 6%, з'явилася можливість додаткового збільшення маси поїзда по зчепленню мінімум на 3,5%.

6. Аналітичним і експериментальним шляхом отримана залежність витрати електроенергії локомотивами від коефіцієнта використання зчпної маси при годинному режимі. З її допомогою встановлено, при значенні $\eta_0=0,932$ (середньостатистичне значення для електровозів ВЛ8, що експлуатуються в депо Ясинувата-Захід Донецької залізниці) витрата електроенергії на тягу зростає на 1,1%, що є значним резервом економії енергоресурсів.

СПИСОК ОСНОВНИХ ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. *Горобченко О. М.* Дослідження нерівномірності струморозподілення в силових ланцюгах локомотивів // Збірник наукових праць ДонІЗТ, вип. 3. – Донецьк, 2005. – С. 97 - 104.
2. *Горобченко О. М.* Визначення динамічної умови відсутності різниці струмів в паралельно працюючих електродвигунах // Збірник наукових праць УкрДАЗТ, вип. 68. – Харків, 2005. – С. 215-222.
3. *Горобченко А. Н.* Размещение электродвигателей под локомотивом с учетом их характеристик // Восточно–европейский журнал передовых технологий. – 2006. – №2. – С. 69-72.
4. *Горобченко О. М.* Вдосконалення методики розміщення електродвигунів під локомотивом з урахуванням їх характеристик // Збірник наукових праць УкрДАЗТ, вип. 72. – Харків, 2006. – С. 98-103.
5. *Горобченко А. Н.* Методика расчета токов в силовой цепи электровоза // Збірник наукових праць ДонІЗТ, вип. 5. – Донецьк, 2006. – С. 119 - 128.

ДОДАТКОВО ОПУБЛІКОВАНО ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

6. *Колесник И. К., Черняк Ю. В., Горобченко А. Н.* Анализ неисправностей электровоза ДЕ1 // Зб. наук. праць ДонІЗТ. Вип. 1– Донецьк, 2005. – С. 38-45.
7. *Черняк Ю. В., Горобченко А. Н.* Влияние отклонения скоростных характеристик на токи тяговых электродвигателей // Збірник наукових праць ДонІЗТ. Вип. 2 – Донецьк, 2005. – С.69–77.

АНОТАЦІЯ

Горобченко О. М. Удосконалення тягових характеристик локомотивів шляхом підвищення коефіцієнта використання зчпної маси. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.22.07 - рухомий склад залізниць та тяга поїздів; Українська державна академія залізничного транспорту; Харків, 2006.

Дисертація присвячена науково-прикладній задачі підвищення рівня використання тягових властивостей локомотивів. В результаті досліджень стану і використання технічних засобів по підвищенню тягових якостей локомотивів шляхом усунення нерівномірності струморозподілення в силовому колі і ступеня використання зчіпної маси локомотивами, що експлуатуються встановлено, що існуючі технічні засоби працюють на низькому рівні і не мають очікуваної ефективності у процесі експлуатації. Для підвищення ефективності використання локомотивів пропонується новий спосіб регулювання тягових електродвигунів відповідно до виведеного характеру регулювання струму навантаження; пропонується новий спосіб розташування колісно-моторних блоків під локомотивом, що дає можливість реалізувати додаткове тягове зусилля.

Розроблена математична модель силового кола локомотива дозволила провести експерименти по підвищенню ефективності використання локомотивів запропонованими способами. Дослідження локомотивів, що експлуатуються, з перестановкою колісно-моторних блоків за розробленим способом підтвердили правильність зроблених теоретичних висновків.

Ключові слова: локомотив, струморозподілення, тяговий двигун, коефіцієнт використання зчіпної ваги, вісь, що лімітує, сила тяги.

АННОТАЦІЯ

Горобченко А. Н. Совершенствование тяговых характеристик локомотивов путем повышения коэффициента использования сцепной массы. – Рукопись.

Диссертація на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов; Украинская государственная академия железнодорожного транспорта; Харьков, 2006.

Диссертація посвящена научной-прикладной задаче повышения уровня использования тяговых свойств локомотивов. В работе исследованы: состояние и использование технических средств по повышению тяговых качеств локомотивов путем устранения неравномерности токораспределения в силовой цепи; состояние токораспределения у эксплуатируемых локомотивов; влияние неравенства токов

нагрузки по ветвям на реализуемое тяговое усилие и на режимы работы элементов силовой цепи; степень использования сцепной массы эксплуатируемыми локомотивами. Установлено, что существующие технические средства работают на низком уровне и не обладают ожидаемой эффективностью в эксплуатации. Также эксплуатируемые локомотивы обладают пониженными показателями использования сцепной массы.

Для повышения эффективности использования локомотивов предлагается новый способ регулирования тяговых электродвигателей в соответствии с выведенным характером регулирования тока нагрузки. Разработана принципиальная схема устройства управления тяговыми двигателями, которая в режиме максимального использования силы тяги по сцеплению производит снижение тяговых усилий лимитирующих колесных пар и повышение силы тяги догруженных осей. Кроме этого предлагается новый способ расположения колесо-моторных блоков под локомотивом: на лимитирующую ось локомотива устанавливается блок, реализующий согласно своим характеристикам наименьшее тяговое усилие (характеристика тягового двигателя берется из протокола его испытаний, диаметр бандажей колесной пары должен быть максимальным в пределах допусков). При этом момент срыва на боксование перемещается в зону больших нагрузок, что дает локомотиву возможность реализовать дополнительное тяговое усилие. Расчитана оптимальная величина соотношения сил тяги лимитирующей и усредненной колесных пар локомотива, зависящая от коэффициента динамической разгрузки лимитирующей пары, коэффициента снижения сцепления под передней колесной парой и пр. Рекомендации по внедрению указанного способа в депо разработаны в виде программы на ЭВМ, которая автоматически рассчитывает необходимые параметры.

Разработанная математическая модель силовой цепи локомотива позволила провести эксперименты по повышению эффективности использования локомотивов предлагаемыми способами. Исследования эксплуатируемых локомотивов с перестановкой колесно-моторных блоков по предлагаемому способу подтвердили правильность сделанных теоретических выводов.

Получена кривая зависимости удельного расхода энергии на тягу от величины основного коэффициента использования сцепной массы, с помощью которой удалось

оценить эффективность улучшения характеристик локомотивов предлагаемым способом.

Ключевые слова: локомотив, токораспределение, тяговый двигатель, коэффициент использования сцепной массы, лимитирующая ось, сила тяги.

THE SUMMARY

Gorobchenko A. N. Increase of locomotives traction properties by increase operating ratio of coupling weight. - Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of engineering science on a speciality 05.22.07 - a rolling stock of railways and traction of trains; Ukrainian state academy of a railway transport; Kharkov, 2006.

The dissertation is devoted to a scientific problem of increase use level of traction properties of locomotives.

Are in-process investigated: a condition and use of hardware components on raise of traction qualities of locomotives by elimination of irregularity of a current distribution in a power circuit; a condition of a current distribution at maintained locomotives; agency of an inequality of currents of loading on branches on an implemented tractive force and on operating modes of elements of a power circuit; extent of use of coupling weight maintained locomotives. For increase of efficiency of use of locomotives the new control mode of traction motors is offered according to the inferred control action of a magnetic stream. The key diagram of the device of management is developed by traction motors which in a regime of maximum use of a hauling capacity on the clutch makes decrease of traction force of limiting mounted axles and raise of a hauling capacity reloaded axes. Except for it the new technique of an arrangement of wheel - motor blocks under the locomotive which essence will consist in the following is offered. On limiting axis of the locomotive the block implementing according to the characteristics the least tractive force is established.

The developed computer model of a power circuit of the locomotive has allowed to make experiments on raise of efficiency of use of locomotives by offered ways. Researches of maintained locomotives with rearrangement of wheel - motor blocks by an offered technique have proved the made theoretical leading-outs.

Keywords: the locomotive, a current distribution, a traction motor, a use factor of the coupling weight, a limiting axis, a hauling capacity.

Горобченко Олександр Миколайович

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЯГОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЛОКОМОТИВІВ ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА
ВИКОРИСТАННЯ ЗЧІПНОЇ МАСИ

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Відповідальний за випуск

к.т.н. Дацун Ю.М.

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку “___” _____ 2007 р.

Формат паперу 60x90/16. Папір офсетний.

Авторських арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,1.

Замовлення №____. Тираж 100 примірників.

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК №112 від 06.07.2000 р.

Друкарня УкрДАЗТу: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.