

Н 42

Дніпропетровський державний технічний університет
залізничного транспорту

Недужа Лариса Олександрівна

УДК 629.423.037:1.001.42

**ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ
ПАРАМЕТРІВ ЕКІПАЖНОЇ ЧАСТИНИ
ВАНТАЖНОГО МАГІСТРАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОВОЗА**

05.22.07 - Рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

дб.

НТБ
ДНУЗТ

Дніпропетровськ - 2000

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі “Будівельна механіка” Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту Міністерства транспорту України.

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор

БЛОХІН Євгеній Петрович,

перший проректор Дніпропетровського державного

технічного університету залізничного транспорту,

науковий керівник Галузевої науково-дослідної лабораторії динаміки та міцності рухомого складу.

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, професор БРАТАШ Віктор Олександрович, директор Головного науково-дослідного, проектно-конструкторського і технологічного інституту електровозобудування (УЕНДІ);

- кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

ХАЧАПУРІДЗЕ Микола Михайлович, завідувач відділом “Динаміка та міцність нових видів транспорту” інституту транспортних систем і технологій НАН України “Трансмаг”.

ранспорту, кафедра “Системи елект-
и, м. Харків

14 год. на засіданні спеціалізованої
ому державному технічному універ-
дресою: 49010, м.Дніпропетровськ,

ці Дніпропетровського державного
порту (ДПТ) за адресою: 49010,

НТБ
ДНУЗТ

Жуковицький І.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На даний час на залізницях України експлуатуються, в основному, фізично та морально застарілі електровози. Це стосується, перш за все, електровозів ВЛ8, які виробляли, починаючи з 1953 року, електровозів ВЛ80, випуск яких розпочато в 1961 році, тощо. Для забезпечення залізничного транспорту України більш досконалими електровозами необхідна розробка їх конструкції.

Тому тема даної роботи, яка пов'язана з визначенням раціональних значень параметрів екіпажної частини нового, першого в Україні вантажного електровоза, є надзвичайно актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота являє собою частину робіт Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту (ДПТУ) та Східного наукового центру транспортної академії України (СНЦ ТАУ), виконаних стосовно вимог Постанови Кабінету міністрів України №480 від 26.07.1993 р. "Про розробку і виробництво в 1993 – 2000 роках магістральних вантажних і пасажирських електровозів", плану виконання науково-дослідних робіт ДПТУ за 1994 – 2000 р.р., плану Державної адміністрації залізниць України за 1994 – 2000 р.р., а також Державної програми "Електротехніка", схвалені науково-технічною радою Мінмашпрома (протокол №3 від 08.07.1992 р.), в якій передбачено в розділі 14.2 "Електровозобудування" розробка та виготовлення нового покоління українських електровозів. Першим в серії українських локомотивів став вантажний магістральний електровоз постійного струму ДЕ1.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є вибір раціональних значень параметрів ходової частини електровоза, при яких забезпечувалась би безпека руху та необхідні динамічні якості.

Об'єктом даного дослідження є просторовий рух складної нелінійної механічної системи "електровоз – колія".

Предмет дослідження – вимушені просторові коливання нового магістрального електровоза.

В роботі використовуються такі методи:

- методи аналітичної механіки для складання диференціальних рівнянь вимушених коливань системи "електровоз - колія";
- методи математичного моделювання руху багатомасової нелінійної механічної системи "локомотив – колія", які були використані для визначення динамічних характеристик електровоза й установлення згідно цих характеристик раціональних значень параметрів ходової частини, а також для скорочення обсягу дорогих натурних випробувань електровоза в поїзних умовах;
- метод експериментальної оцінки динамічних якостей електровоза та його впливу на колію, який було використано при проведенні поїздок в натурних

умовах, апробації математичної моделі та визначенні дослідним шляхом динамічних показників.

Наукова новизна одержаних результатів дисертації визначається в науковому, а не інтуїтивному обґрунтуванні, на основі математичного моделювання коливань системи “електровоз – колія”, конструктивної схеми з’єднання кузова електровоза з візками та вибору параметрів його екіпажної частини, при яких забезпечуються безпека руху, міцність елементів конструкції і належні динамічні якості електровоза.

Математична модель вимушених коливань системи “екіпаж - колія” відрізняється від існуючих тим, що враховані нові особливості конструкції, яка розглядається (застосування безшкворньових візків, наявність проміжних балок в системі опирання кузова на візки та передача поздовжніх сил від кузова візку за допомогою похилих тяг).

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці алгоритма і комплексу комп’ютерних програм для дослідження вимушених коливань системи “електровоз – колія” і визначення динамічних характеристик з метою вибору раціональної схеми підвищування кузова та значень параметрів його ходових частин, а також заміни частини натурних випробувань розрахунками.

Видані на основі розрахунків рекомендації використані Українським науково-дослідним, проектно-конструкторським і технологічним інститутом електровозобудування (УЕНДІ) м. Дніпропетровська при проектуванні та виготовленні електровоза ДЕ1. Результати натурних ходових динамічних випробувань дослідного зразка цього електровоза показали, що його динамічні характеристики відповідають нормативним вимогам. Останнє відмічено в протоколі №2 засідання Міжвідомчої комісії з питань проведення приймальних випробувань восьмивісного вантажного електровоза постійного струму типу ДЕ1 від 08.07.1997 р.

Особистий внесок здобувача в розробку одержаних наукових результатів виражається в наступному:

- при виборі та обґрунтуванні розрахункової схеми електровоза і розробці математичної моделі механічної системи, яка описує просторові коливання електровоза [1], враховано зв’язок кузова і візка (в поздовжньому напрямку здійснюється за допомогою похилих тяг) і проведено математичне описування вимушених коливань з урахуванням цих зв’язків;
- автором виконані розрахунки [2] динамічних характеристик електровоза з метою визначення раціональних значень параметрів ходової частини та виконано порівняння результатів цих розрахунків з даними експериментів [3], в яких автор прийняв безпосередню участь [4], а також проведено структурний аналіз зв’язків кузова з візком [5];

- участь у розробці рекомендацій, пов'язаних із створенням нового вантажного магістрального електровоза в частині раціональних значень параметрів зв'язків кузова з візком, які рекомендуються.

Апробація результатів дисертації. Основні матеріали роботи докладались й обговорювались на Міжнародній конференції "Состояние и перспективы развития локомотивостроения" (м.Новочеркаськ, 1994 р.); на IV Міжнародній конференції по динаміці транспортних систем та аномаліям (м.Будапешт, 1994 р.); на 2-му Міжнародному симпозиумі українських інженерів-механіків (м.Львів, 1995 р.); на IX Міжнародній конференції "Проблемы механики железнодорожного транспорта" (м.Дніпропетровськ, 1996 р.); на Міжнародній науково-технічній конференції "Современные проблемы машиноведения" (м.Гомель, 1996 р.); на Міжнародній науково-технічній конференції «Проблемы развития рельсового транспорта» (Лівадія, 1997 р.); на науково-технічній конференції «Подвижной состав 21 века (идеи, требования, проекты)» (м.Санкт-Петербург, 1999 р.); на X Міжнародній конференції "Проблемы механики железнодорожного транспорта. Динамика, надежность и безопасность подвижного состава" (м.Дніпропетровськ, 2000 р.).

Публікації. Основні результати дисертації опубліковано в трьох наукових роботах у видавництвах, затверджених ВАК України. Інші результати - в статтях та тезах доповідей міжнародних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Рукопис містить 152 сторінок машинописного тексту, має 43 рисунки, 29 таблиць, бібліографію з 99 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

Вступ містить обґрунтування необхідності розробки та будівництва нових магістральних електровозів та актуальність теми, визначено мету і задачі досліджень.

В розділі 1 проведено огляд та аналіз літератури щодо проблем розробок та впровадження раціональних значень параметрів візків електровозів.

Методи математичного моделювання руху транспортних екіпажів розвивалися досить інтенсивно в другій половині сторіччя. Передумови цьому були покладені працями Ф.Картера, де він ввів поняття псевдоковзання між колесом і рейкою та визначив сили псевдоковзання. Диференціальні рівняння руху електровоза, як багатомасової системи, були складені вперше в роботі В.Б.Меделя. А основи дослідження вимушених коливань і стійкості руху транспортних екіпажів покладені в працях В.А.Лазаряна та його учнів. Також розвиток цих питань проведений в працях співробітників ВНІЖТу, МШТу, ЛІЖТу, РІЖТу.

Розвиток сучасних конструкцій електровозів йшов від ВЛ8 (який мав чотири зчленовані візки і для якого, в зв'язку з великим впливом на колію, було вве-

дено обмеження швидкості до 80 км/г) до електровозів типу ВЛ80, які мають в секції два незчленовані візки і в першому варіанті конструкції - протівідносний устрій. Подальше покращення динамічних властивостей електровоза ВЛ80 забезпечило люлечне підвішування, яке було суміщене з пружинами вертикальної системи підвішування. Ця компактна конструкція має на жаль низьку надійність. Дані, приведені ОМПТом, показують, що при ремонті ПТЗ майже 80% елементів цієї системи виходять з ладу. Подальший крок в збільшенні коефіцієнта використання зчіпної маси електровозів був зроблений на електровозах ВЛ15 та ВЛ85, в яких використані безшкворньові візки і передача сил тяги й сил гальмування від візків кузову здійснювалась за допомогою похилих тяг.

Головний науково-дослідний, проектно-конструкторський і технологічний інститут електровозобудування розробив конструктивну схему, в якій застосовуються проміжні балки і пружини, що сприймають вертикальне навантаження, встановлені не на люлечних підвісках, а між проміжними балками і рамами візків. В цій схемі також використовуються безшкворньові візки і передача сил тяги та гальмування за допомогою похилих тяг.

За допомогою математичного моделювання в дисертації був проведений аналіз доцільності такої конструктивної схеми.

В другому розділі вирішені задачі теоретичних досліджень і розробки математичної моделі просторових коливань електровоза, для чого необхідно було обрати розрахункову схему. Для цього розглянуто дві схеми. Перша створена на базі конструкції електровоза ВЛ85: опирання кузова на візки здійснюється за допомогою люлечного підвішування; вертикальні пружини поєднані з люлькою; в буксовому підвішуванні ресори, пружини й пружні поводки. Сила тяги та гальмові сили передаються від безшкворньових візків кузову за допомогою похилих тяг. Друга схема створена на базі конструкції, розробленої УЕНДІ: опирання кузова на візки люлечне; вертикальні пружини і люлечне підвішування відокремлені проміжною балкою; в буксовому підвішуванні пружини, гідроамортизатори і пружні поводки. Сила тяги і гальмові сили передаються від візка кузову за допомогою похилих тяг.

Були складені диференціальні рівняння просторових коливань розрахункових схем, складена і відлажена програма обчислювань. Порівняння динамічних показників електровоза, що проектується (ДЕ1) з відомим прототипом (близьким до конструкції) показало, що динамічні якості електровоза ДЕ1 кращі, ніж у розглянутого прототипу.

Одержані результати свідчать про вдалий вибір схеми з'єднання кузова електровоза з візками. Тому далі докладно розглядається математична модель вимушених коливань електровоза, який має конструктивну схему, запропоновану УЕНДІ (рис. 1). Електровоз з опорно-осьовою підвіскою тягових електродвигунів (ТЕД) має двовісні безчелюсні візки безшкворньової конструкції. Сила тяги та га-

льмові сили передаються від візків до кузова за допомогою похилих тяг, з'єднаних з однієї сторони з кузовом за допомогою балансира, стержнів та металевих резинових шайб з кронштейнами, укріпленими знизу з рамою кузова, а з другої сторони - з тяговими пристроями на рамі візка. В схемі опираючись на кузов на візки є проміжні балки, з якими зв'язано кузов за допомогою люлечних підвісок.

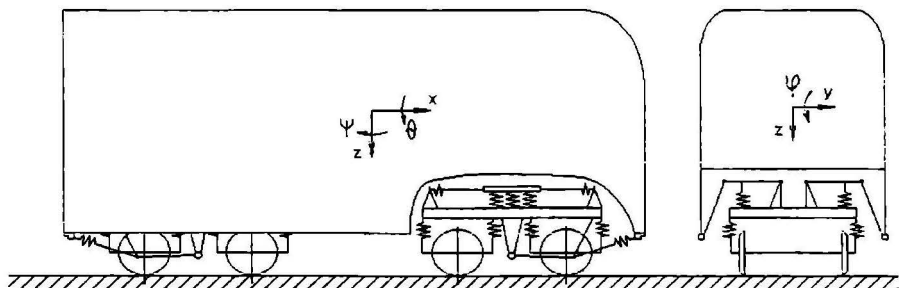


Рис. 1 Розрахункова схема електровоза

Перший ступінь підвішування складається з пружин, гідроамортизаторів та пружних поводків; підвішування другого ступеню - люлечне з гідроамортизаторами. Для підвищення надійності роботи люлечних підвісок пружини вертикального зв'язку кузова та візків встановлюються не на самі підвіски, а між рамою візка і проміжними балками, які з нею з'єднані шарнірно. Проміжна балка є важелем, до кінця якого прикладено через люлечні підвіски частину ваги кузова, а в проміжній точці передається навантаження на пружини кузовного ресорного підвішування, які опираються на раму візка. Пружини, які сприймають вертикальне навантаження, розташовано окремо між двома проміжними балками та рамою візка. Кузов через люлечні підвіски підвішено до проміжних балок, які можуть бути з'єднані з рамою візка в горизонтальному поздовжньому та поперечному напрямках за допомогою шарнірно-стержневих зв'язків з пружно-дисипативними елементами односторонньої дії, які працюють тільки на стискання.

При вписуванні екіпажа в криві ділянки колії виникає значний протиповоротний момент. Дві люлечні підвіски, які розташовані по діагоналі візка, при повороті візка повинні подовжуватися, дві інших - укорочуватися. Кососиметричне навантаження, що виникає, змушує проміжні балки працювати як «пропелер», тобто виконувати колювання галоупування в протилежному напрямку. Цьому

сприяє просторовий шарнір, за допомогою якого обидві балки з'єднані з рамою візка. Таким чином, при вписуванні візка в криві ділянки колії крім відновлюючого моменту, в люлечних підвісках виникає і відновлюючий момент в пружинах.

При звичайних припущеннях електровоз розглядається як механічна система, складена з 15 твердих тіл (кузова, двох рам візків, чотирьох відповідно проміжних балок, ТЕД та колісних пар) і 8 мас колії, приведених до точок контакту коліс з рейками, які переміщуються у вертикальному та горизонтальному поперечному напрямках.

Складено рівняння з'вязків, накладених на тіла системи. Визначено кількість узагальнених координат, які описують просторові коливання системи.

Розглянуто роботу люлечного підвішування. При коливаннях підстрибування, поздовжньої та бокової качки кузова відносно рам візків з'являються відновлюючі сили у вісьмох пружинах, розташованих вздовж люлечних підвісок. В процесі віляння візка відносно кузова виникає відновлюючий момент, викликаний трьома факторами: зміною вертикальних навантажень на підвіски; появою поздовжніх горизонтальних складових сил, діючих в підвісках; поперечних горизонтальних складових сил. Розглянуто рівняння підсмикування рам візків відносно кузова, яке в люлечних підвісках відбувається водночас із взаємним вілянням цих тіл.

Окремо розглянуто горизонтальні поперечні переміщення кузова відносно рам візків, які відбуваються незалежно від бокової качки кузова, і відновлюючі сили, викликані зміщенням центра мас кузова та поворотом люлечних підвісок, що виникають тільки при боковому відносі кузова відносно рам візків; переміщення та відновлюючий момент при боковій качці кузова відносно рам візків.

Враховано дію гідроамортизаторів другого ступеню підвішування, які установлені між рамою кузова та рамою візка у вертикальній поперечній площині під кутом α_d до горизонту, та сили, які виникають в них.

Розглянуто коливання тягового двигуна та колісних пар.

Диференціальні рівняння коливань електровоза, складені з використанням рівнянь Лагранжа другого роду, мають вигляд:

$$\begin{aligned}
 a_z \ddot{q}_1 + \sum_{i=1}^2 \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 (S_{kzmik}^0 + S_{kzmik}^a) + \sum_{i=1}^2 S_{Tzi} + \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^2 (S_{kziok}^0 + S_{kziok}^a) &= 0, \quad (n=1) \\
 a_z \ddot{q}_2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 (-1)^i \{ [1 + (-1)^{i+m} a_n] S_{kzmik}^0 + [1 + (-1)^{i+m} a_n] S_{kzmik}^a \} + \\
 + \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^2 (-1)^i I (S_{kziok}^0 + S_{kziok}^a) + \sum_{i=1}^2 \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 (h_{ko} S_{kzmik}^0 + h_{ka} S_{kzmik}^a) + \\
 + \sum_{i=1}^2 (-1)^i (h_k S_{Tzi} + I_k S_{Tzi}) - h_a S_z &= 0, \quad (n=2)
 \end{aligned}$$

НТБ
ДНУЗТ

$$\begin{aligned}
& a_{q_3}^{**} + \sum_{i=1}^2 \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 \{ (-1)^k [(b_{k_0} - h_{k_0} \operatorname{tg} \delta_0) S_{kzmk}^0 + b_{kA} S_{kzmk}^A] - h_{kA} S_{kyimk}^A \} + \\
& + \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^2 \{ (-1)^k [(b_{k_0} - \operatorname{tg} \delta_0) S_{kzok}^0 + b_{kA} S_{kzok}^A] - h_{kA} S_{kyok}^A \} - h_k \sum_{i=1}^2 S_{Tyi} + \\
& + \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^2 (-1)^k h_y S_{yik} = 0, \quad (n=3)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& a_{q_4}^{**} + \sum_{i=1}^2 \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 [S_{kyimk}^0 + S_{kyimk}^A + (-1)^k S_{kzmk}^0 \operatorname{tg} \delta_0] + \\
& + \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^2 [(-1)^k S_{kzmk}^0 \operatorname{tg} \delta_0 + S_{kyok}^A] - \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^2 (-1)^k S_{yik} + \sum_{i=1}^2 S_{Tyi} = 0, \quad (n=4)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& a_{q_5}^{**} - \sum_{i=1}^2 \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 \{ (-1)^k (-1)^i [1 + (-1)^{i+m} a_n] \operatorname{tg} \delta_0 S_{kzmk}^0 + (-1)^i [1 + (-1)^{i+m} a_0] S_{kyimk}^0 + \\
& + (-1)^k b_{k_0} S_{kzmk}^0 + (-1)^i [1 + (-1)^{i+m} a_n] S_{kyimk}^A + (-1)^k b_{kA} S_{kzmk}^A \} - \\
& - \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^2 \{ (-1)^{k+i} \operatorname{tg} \delta_0 S_{kzok}^0 + (-1)^i S_{kyok}^A \} + \sum_{i=1}^2 (S_{k_0i}^0 + S_{k_0i}^A) + \\
& + \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^2 (-1)^{i+k} S_{yik} + \sum_{i=1}^2 (-1)^i l_k S_{Tyi} = 0, \quad (n=5)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& a_{q_6}^{**} - \sum_{m=1}^2 \sum_{n=1}^2 (S_{kzmk}^0 + S_{kzmk}^A) - \sum_{k=1}^2 (S_{kzok}^0 + S_{kzok}^A) + S_{Tyi} + \\
& + \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 S_{kzmk} + \sum_{m=1}^2 S_{kzmk} = 0, \quad (n=5+i)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& a_{q_7}^{**} - \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 [(-1)^m (a_n S_{kzmk}^0 + a_n S_{kzmk}^A) - (h_{T_0} S_{kzmk}^0 + h_{T_A} S_{kzmk}^A)] - \\
& - (-1)^i h_T S_{Tzi} + (-1)^i l_T S_{Tzi} - (h_u - h) S_{ui} + \\
& + \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 [h_b S_{kzmk} + (-1)^m l_k S_{kzmk}] + \sum_{m=1}^2 (-1)^m l_n S_{kzmk} = 0, \quad (n=7+i)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& a_{q_8}^{**} - \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 [(-1)^k (b_n S_{kzok}^0 + b_{TA} S_{kzmk}^A) + h_{TA} S_{kyimk}^A] - \sum_{k=1}^2 [(-1)^k (b_n S_{kzok}^0 + b_{TA} S_{kzok}^A) + \\
& + h_{TA} S_{kyok}^A] + \sum_{k=1}^2 (-1)^k (h - h_y) S_{yik} - h_T S_{Tyi} - \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 [h_y S_{zyimk} - (-1)^k (b_T - (-1)^k b_{zm}) - \\
& - S_{kzmk}] - \sum_{m=1}^2 (h_n S_{zyim} - b_{pm} S_{kzmk}) = 0, \quad (n=9+i)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& a_{q_9}^{**} - \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 [(-1)^k \operatorname{tg} \delta_0 S_{kzmk}^0 + S_{kyimk}^0 + S_{kyimk}^A] - \sum_{k=1}^2 [(-1)^k \operatorname{tg} \delta_0 S_{kzok}^0 + S_{kyok}^0 + S_{kyok}^A] + \\
& + \sum_{k=1}^2 (-1)^k S_{yik} + S_{Tyi} + \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 S_{kyimk} + \sum_{m=1}^2 S_{kzmk} = 0, \quad (n=11+i)
\end{aligned}$$

НТБ
ДНУЗТ

$$\begin{aligned}
& a_{\phi i}^{\prime\prime} q_n + \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 [(-1)^{k+m} a_n^i \text{tg} \delta_0 S_{kzmik}^0 + (-1)^m a_0 S_{kyimk}^0 + (-1)^k b_{\Gamma_0} S_{kzmik}^0 + (-1)^m a_{\lambda} S_{kyimk}^0 + \\
& + (-1)^k b_{\Gamma \lambda} S_{kzmik}^0] + S_{\phi i}^c + S_{\phi i}^a - (-1)^i S_{\Gamma i} l_{\Gamma} - \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 [(-1)^k (b_i - (-1)^k b_{zm}) S_{\phi zmik} + \\
& + (-1)^m l_i S_{\phi yimk}] + \sum_{m=1}^2 [S_{\phi \phi m} - (-1)^m l_n S_{\phi yim}] = 0, \quad (n = 13 + i) \\
& a_{zm}^{\prime\prime} q_n + a_{zim\phi im} q_{n+23} - \sum_{k=1}^2 S_{\phi zmik} + S_{\beta zmik} + \sum_{k=1}^2 S_{\beta zmik} = 0, \quad (13 + 2i + m) \\
& a_{\theta i m}^{\prime\prime} q_n - \sum_{k=1}^2 (-1)^k (b_i - (-1)^k b_{zm}) S_{\phi zmik} + \sum_{k=1}^2 [r T_{yimk} - r P_{\sigma} \text{tg} \alpha_{imk} + \\
& + (-1)^k b_2 S_{\phi zmik}] = 0, \quad (n = 17 + 2i + m) \\
& a_{yim}^{\prime\prime} q_n + a_{yim\phi im} q_{n+4} - \sum_{k=1}^2 S_{\phi yimk} + S_{\beta yim} + \sum_{k=1}^2 (T_{yimk} - P_{\sigma} \text{tg} \alpha_{imk}) = 0, \quad (n = 21 + 2i + m) \\
& a_{\phi im}^{\prime\prime} q_n + a_{\phi im yim} q_{n+4} + \sum_{k=1}^2 (-1)^k (b_i - (-1)^k b_{zm}) S_{\phi zmik} + (-1)^m a_{\lambda} S_{\phi yimk} + \\
& + S_{\phi \phi m} + (-1)^m (l_n - a_{\lambda}) S_{\phi yim} + \sum_{i=1}^2 (-1)^k (b_2 - (-1)^k b_{zm}) T_{zmik} = 0, \quad (n = 25 + 2i + m) \\
& a_{\lambda}^{\prime\prime} q_n - \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 (S_{kzmik}^0 + S_{kzmik}^a) + (-1)^i S_{\Gamma i} + \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 S_{\phi zmik} = 0, \quad (n = 31 + i) \\
& a_{\lambda im}^{\prime\prime} q_n - \sum_{k=1}^2 S_{\phi zmik} - 0.25 S_{\lambda} - \sum_{k=1}^2 T_{zmik} = 0, \quad (n = 31 + 2i + m) \\
& a_{\lambda}^{\prime\prime} q_{38} + \sum_{i=1}^2 \sum_{m=1}^2 \sum_{k=1}^2 (S_{kzmik}^0 + S_{kzmik}^a) + \sum_{i=1}^2 ((-1)^i S_{\Gamma i}) + S_{\lambda} = 0, \quad (n = 38) \\
& a_{\phi im}^{\prime\prime} q_n + a_{zim\phi im} q_{n+23} + (-1)^m l_n S_{\beta zm} - F_{zm} (r_i + r_m) = 0, \quad (n = 36 + 2i + m),
\end{aligned}$$

де q – узагальнені координати, $q^{\prime\prime}$ – їх другі похідні за часом.

Ці рівняння були використані для розв'язання задачі щодо визначення раціональних значень параметрів екіпажної частини електровоза ДЕ1 в процесі його проектування.

Проведені в подальшому динамічні ходові випробування електровоза показали, що дані розрахунків, одержані з використанням математичної моделі, досить добре відповідають результатам випробувань.

Виконано структурний аналіз зв'язків кузова з візком. Ця система розглянута як просторовий механізм, в якому обчислено кількість зайвих зв'язків. Встановлено, що зв'язки підбрано правильно – зайві відсутні.

В третій главі наведено результати теоретичних досліджень щодо вибору раціональних значень параметрів екіпажної частини електровоза та їх аналіз.

Для проведення аналізу розрахунків за оцінками динамічних якостей електровоза, визначення найбільших значень сил, взаємних переміщень та прискорень, що виникають при його русі по різних ділянках колії, розроблено програму для

ПЕОМ з реальними умовами. За результатами розрахунків визначено динамічні показники, які порівняно з допустимими значеннями основних динамічних показників, що наведені в літературних джерелах.

Розглянуто різні варіанти жорсткості пружин підвішування та проведено аналіз впливу на динамічні показники установки поводків у вертикальному та горизонтальному напрямках. Порівняння одержаних результатів показало, що із збільшенням жорсткості другого ступеню підвішування, динамічні якості електровоза погіршуються. Жорсткість буксових поводків також впливає на динамічні показники електровоза: їх зменшення поліпшує показники, головним чином, по горизонтальній динаміці.

Виконано варіювання параметрів зв'язків проміжної балки з кузовом: довжина лопелчної підвіски, кута її нахилу, відстань в поздовжньому напрямку між лопелчними підвісками тощо. Проведене дослідження дозволило зробити вибір раціональних значень параметрів лопелчного підвішування.

В цілому розглянуто варіанти динамічних показників при різних параметрах гідроамортизаторів. Причому, розглянуті динамічні показники гідроамортизаторів для першого та другого ступенів підвішування. Також розглянуто результати варіювання деяких додаткових параметрів: жорсткість бокового упора, жорсткість зв'язку похилої тяги з кузовом електровоза в режимі вибігу та в режимі тяги тощо.

Наприклад, на рис. 2,а і 3,а показано тенденцію залежності коефіцієнта горизонтальної динаміки (по рамних силах) $K_{дг}$ та коефіцієнта динамічних добавок вертикальних сил в буксовому підвішуванні K_{Σ}^6 від значень в'язкого тертя в гідроамортизаторах β_k кузовного підвішування при різних швидкостях руху. На рис. 2,б і 3,б представлено залежність коефіцієнта горизонтальної динаміки (по рамних силах) $K_{дг}$ та коефіцієнта динамічних добавок вертикальних сил в буксовому підвішуванні K_{Σ}^6 від швидкості руху при різних значеннях в'язкого тертя в гідроамортизаторах β_k кузовного підвішування.

В дисертації наведено деякі результати визначених переміщень та сил при різних параметрах характеристик колії та швидкості руху електровоза, тобто при розв'язуванні задачі варіювалась значна кількість параметрів ходових частин та динамічних показників.

Аналіз результатів дає можливість обрати раціональні значення параметрів, які були рекомендовані при проектуванні електровоза ДЕ1.

В четвертій главі наведено результати експериментальних (поїзних) досліджень динамічної навантаженості вантажного магістрального електровоза. Із участю автора розроблено та затверджено програму випробувань, яку реалізовано

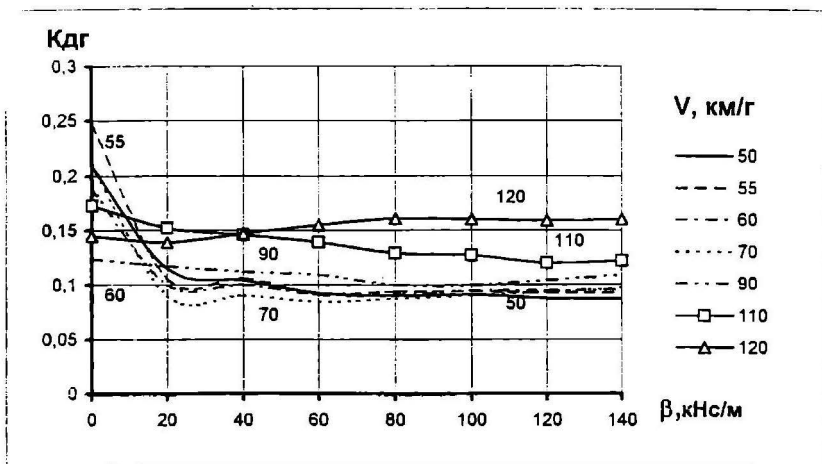


Рис. 2,а Залежність коефіцієнта горизонтальної динаміки (по рамних силах) $K_{дг}$ від значень в'язкого тертя в гідроамортизаторах β_k при різних швидкостях руху

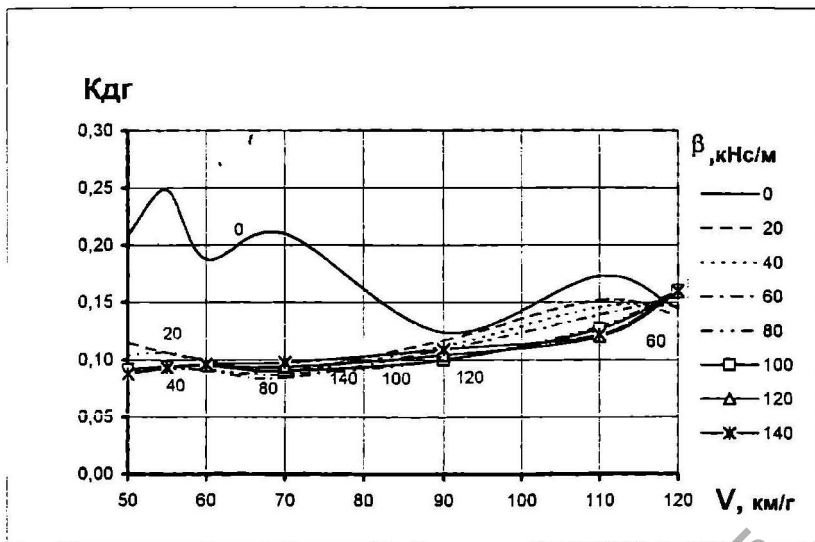


Рис. 2,б Залежність коефіцієнта горизонтальної динаміки (по рамних силах) $K_{дг}$ від швидкості руху при різних значеннях β_k

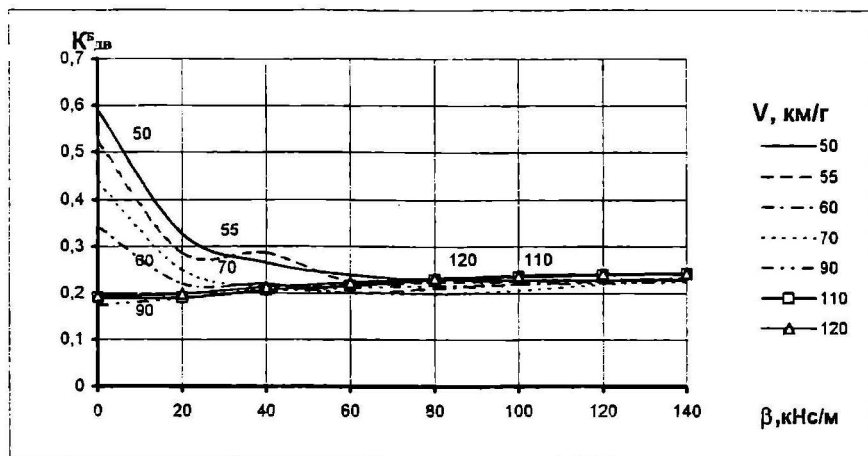


Рис. 3,а Залежність коефіцієнта динамічних добавок вертикальних сил в буксовому підвішуванні $K^E_{дв}$ від значень β_k при різних швидкостях руху

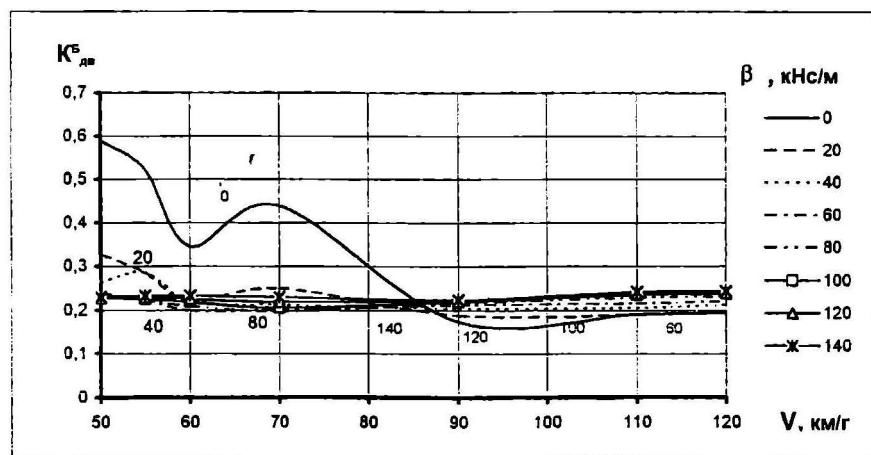


Рис. 3,б Залежність коефіцієнта динамічних добавок вертикальних сил в буксовому підвішуванні $K^E_{дв}$ від швидкості руху при різних значеннях β_k

силами Галузевої науково-дослідної лабораторії динаміки та міцності рухомого складу (ГНДЛ ДМРС) та коліє-дослідницької лабораторії ДІТу. В 1997 році були проведені комплексні динамічні випробування на Придніпровській залізниці електровозів ДЕ1, задачею яких була оцінка їх динамічних якостей. Для проведення випробувань було використано вагон-лабораторію.

Поїзні випробування проводились на ділянці Новомосковськ - Нижнєдніпровськ-Вузол - Верховцеве.

Найбільш повно було обладнано електровоз ДЕ1-002. Вимірювались такі показники:

- горизонтальні поперечні (рамні) сили та динамічні добавки вертикальних сил, діючі на ліву та праву букси першої по ходу руху колісної пари першого візка та останньої колісної пари другого візка першої секції електровоза;
- вертикальні стискання правого та лівого ресорних комплектів другого ступеню підвішування на першому з візків та лівого ресорного комплекта другого візка;
- поперечні горизонтальні переміщення рам візків відносно кузова, по яким водночас визначалося віляння переднього візка та його поперечний відніс (відносно кузова);
- сила тяги та гальмові сили в автозчипці;
- швидкість руху електровоза.

Метою випробувань електровоза ДЕ1 були визначення його динамічних показників, встановлення допустимої швидкості руху за критеріями динамічних показників горизонтальних та вертикальних сил обресорених й необресорених частин, а також коефіцієнта запасу стійкості колеса проти його вкатування на голівку рейки. Були проведені апробація математичної моделі та достовірність результатів розрахунків.

В дисертації приведено результати експериментів, які відображені в таблицях та графіках, що дозволяє краще їх порівнювати і оцінювати.

З усіх динамічних показників, отриманих в теоретичних розрахунках, найбільше важливе значення мають коефіцієнт запасу стійкості колеса від укочування на голівку рейки K_y , коефіцієнт K_{Σ}^{Φ} динамічних добавок вертикальних сил в буксовому підвішуванні та коефіцієнт K_{Δ} горизонтальної динаміки (по рамних силах). Обчислення виконувалися при швидкостях 50, 70, 90, 110 км/год на прямих, 50, 60, 70, 80 км/год на кривих з радіусом $R = 600$ м і 40, 50, 60, 70, 80 км/год на кривих з радіусом $R = 300$ м.

Величина коефіцієнта запасу K_y визначалась відповідно до відомої методики. По обчислених значеннях K_y в кожний момент часу визначались в кожному досліді їх мінімальні значення і зрівнювались з величиною, яка допускається. Результати обробки показали, що в усіх випадках найменші спостережені значення коефіцієнта K_y істотно більше величини, яка допускається, (в усіх випадках дослідні дані приведені для електровоза ДЕ1-002). Так, при русі по прямих ділянках

колії найменше значення $K_{y\min}$, отримане при швидкості 120 км/год, дорівнює 3,1, в кривій з радіусом 600 м $K_{y\min} = 3,2$ (при швидкості $V = 90$ км/год) і в кривій з радіусом 300 м - $K_{y\min} = 3,0$ при швидкості $V = 50$ км/год. Ці дані цілком узгоджуються із результатами теоретичних розрахунків, в яких також отримані достатньо великі значення коефіцієнта K_y .

На рис. 4 наведено точечну діаграму найбільших значень коефіцієнтів горизонтальної динаміки $K_{дг}$, одержаних при русі електровоза по прямолінійних ділянках колії в діапазоні швидкостей 50 - 130 км/год. З рис. 4 видно, що значення $K_{дг}$ в діапазоні швидкостей від 50 до 100 км/год незначно збільшуються із збільшенням швидкості, не перевищуючи значення $K_{дг} = 0,15$. При швидкості, що перевищує 100 км/год, значення $K_{дг}$ більш інтенсивно зростають і досягають величини $K_{дг} = 0,23$ при швидкості 120 км/год. В усіх випадках значення коефіцієнта $K_{дг}$ істотно нижче величини, яка допускається. На тому ж рисунку наведено графік зміни коефіцієнта $K_{дг}$, одержаний розрахунковим шляхом для діапазону швидкостей від 50 до 110 км/год. З рис. 4 видно, що розрахункова крива знаходиться усередині поля експериментальних значень коефіцієнта $K_{дг}$.

Графіки одержаних експериментально середніх з максимальних значень коефіцієнта $K_{дг}$ в залежності від швидкості руху електровоза наведено на рис. 5 (лінія 1) для випадків його руху по кривій з радіусом 600 м і на рис. 6 - для руху по кривій з радіусом 300 м. На тих же рисунках наведено графіки зміни значень коефіцієнтів $K_{дг}$, які отримані розрахунковим шляхом (лінія 2). З рис. 5 і 6 видно, що розрахункові значення $K_{дг}$ у розглянутих випадках достатньо добре відповідають даним експерименту.

На рис. 7 наведено точечну діаграму найбільших значень коефіцієнтів вертикальної динаміки в буксовому підвішуванні $K_{дв}^5$ (коефіцієнт динамічних добавок вертикальних сил), одержаних при русі електровоза по прямолінійних ділянках колії в діапазоні швидкостей 50 - 120 км/год. З рис. 7 видно, що значення $K_{дв}^5$ в діапазоні швидкостей від 50 до 100 км/год зростають із збільшенням швидкості і при $V = 100$ км/год приймають значення 0,27. При більшій швидкості, ніж 100 км/год, значення $K_{дв}^5$ різко зростають і досягають величини $K_{дв}^5 = 0,33$ при $V = 115$ км/год. В усіх випадках значення коефіцієнта $K_{дв}^5$ нижче величини, яка допускається. На тому ж рисунку приведено графік зміни коефіцієнта $K_{дв}^5$, одержаний розрахунковим шляхом для діапазону швидкостей від 50 до 110 км/год. З рис. 7 видно, що дані теоретичних розрахунків знаходяться в полі точок експериментальних даних.

Графіки одержаних експериментально середніх з максимальних значень коефіцієнта $K_{дв}^5$ в залежності від швидкості руху електровоза наведено на рис. 8 (лінія 1) для випадків його руху по кривій з радіусом 600 м і на рис. 9 - для руху по

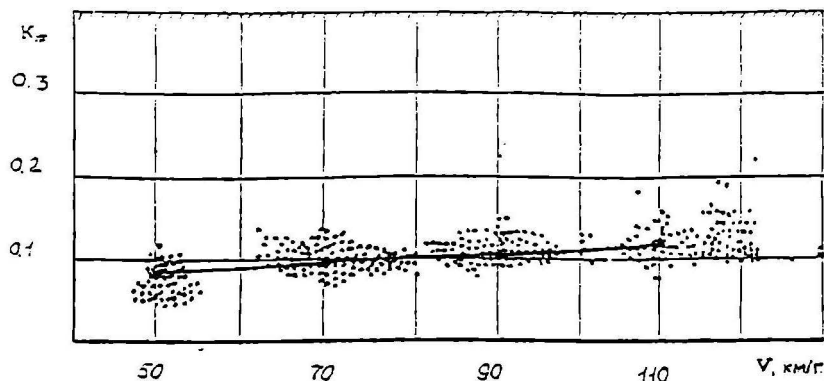


Рис. 4 Значення коефіцієнтів горизонтальної динаміки $K_{гр}$ при русі електровоза по прямолінійних ділянках колії

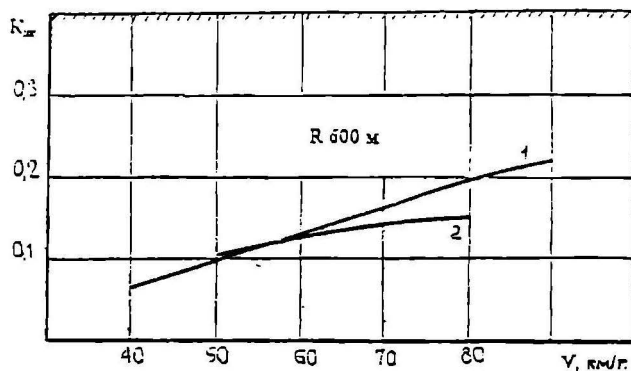


Рис. 5 Значення коефіцієнтів горизонтальної динаміки $K_{гр}$ при русі електровоза по кривій з радіусом 600 м

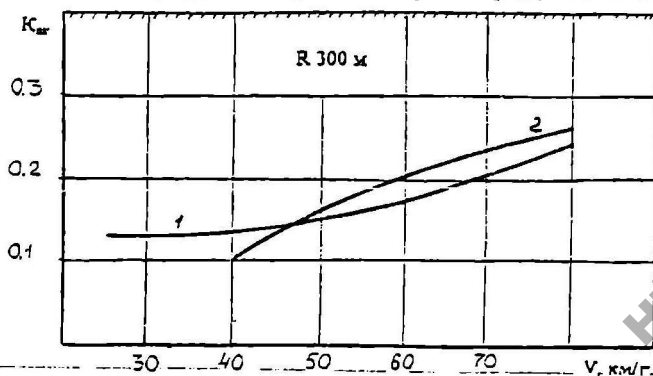


Рис. 6 Значення коефіцієнтів горизонтальної динаміки $K_{гр}$ при русі електровоза по кривій з радіусом 300 м

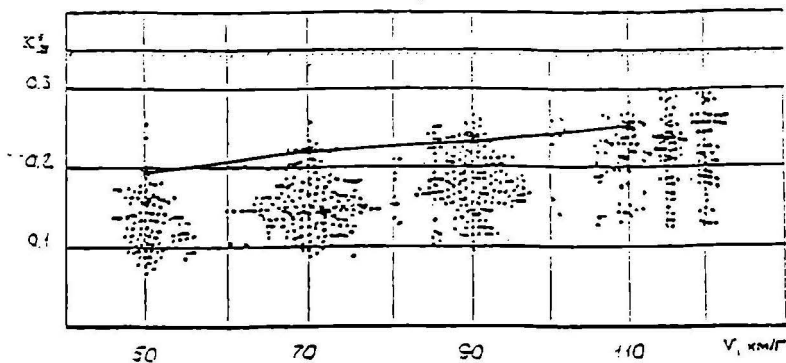


Рис. 7 Значення коефіцієнта динамічних добоавк вертикальних сил в буксовому підвішуванні K_d^z при русі електровоза по прямолінійних під'їзках колії

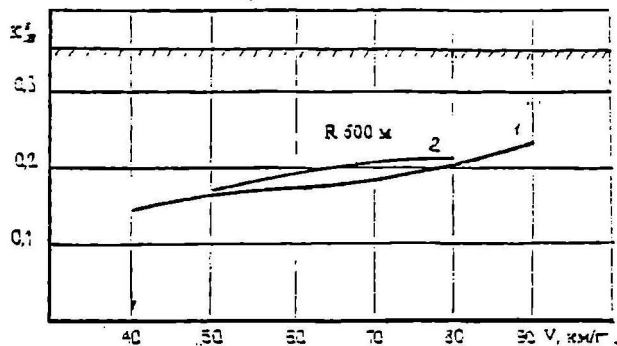


Рис. 8 Значення коефіцієнта динамічних добоавк вертикальних сил в буксовому підвішуванні K_d^z при русі електровоза по кривій з радіусом 500 м

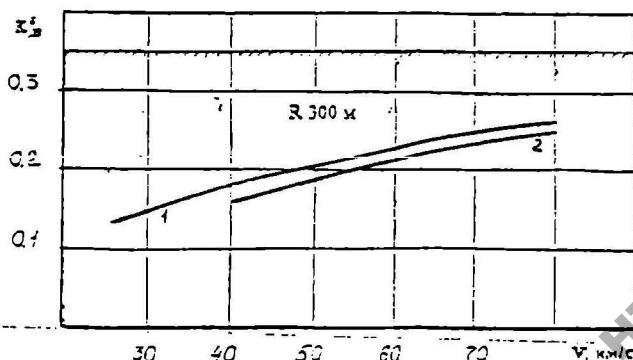


Рис. 9 Значення коефіцієнта динамічних добоавк вертикальних сил в буксовому підвішуванні K_d^z при русі електровоза по кривій з радіусом 300 м

кривій з радіусом 300 м. На тих же рисунках приведено значення коефіцієнтів, які отримані розрахунковим шляхом (лінія 2). З рис. 8 і 9 видно, що розрахункові значення в розглянутих випадках достатньо добре відповідають даним експерименту.

Порівняння результатів в діапазоні конструктивних швидкостей та ділянках колії експерименту з одержаними теоретичним шляхом свідчать про те, що останні знаходяться в середині поля експериментальних значень. Це свідчить про досить добре узгодження теоретичних та експериментальних досліджень.

Заміри параметрів динамічних процесів проводились при русі дослідних електровозів на різних ділянках колії. На основі обробки даних експерименту було встановлено допустимі швидкості та умови обертання електровозів на Залізницях.

ВИСНОВКИ

В дисертації вирішені задачі, спрямовані на поліпшення динамічних властивостей електровозів шляхом визначення раціональних значень параметрів їх екіпажної частини. Результати цих досліджень дозволяють зробити такі основні висновки:

1. Аналіз стану парка електровозів показав, що на даний час на залізницях України експлуатується, в основному, фізично та морально застарілі електровози. Тому необхідно поповнення локомотивного парка новими більш удосконаленими за динамічними якостями і надійністю електровозами.
Для визначення числових значень показників, які характеризують динамічні якості нового магістрального вантажного електровоза, екіпажна частина якого має систему люлечного підвішування і які забезпечують більш надійну його роботу додаткові проміжні балки, кузов та безшкворньові візки з похилими тягами, складено диференціальні рівняння просторових коливань системи, яка досліджується, і програма обчислювань за допомогою ПЕОМ. Програма дозволяє враховувати: жорсткості буксового і другого ступенів підвішування, буксових поводків, довжини люлечних підвісок, кута їх нахилу до горизонталі і відстані між ними в поздовжньому напрямку, в'язке тертя амортизаторів другого ступеню підвішування та їх кути нахилу, відстань між ними в поздовжньому напрямку, взаємне розташування та інші параметри, які впливають на динамічні якості електровоза.
3. З метою визначення кількості зайвих зв'язків проведено структурний аналіз зв'язків кузова з візком, в якому прийнята механічна система розглянута як просторовий механізм.
4. Виконано комплекс теоретичних досліджень з визначення динамічних характеристик електровоза в діапазоні робочих швидкостей руху на прямолінійних і криволінійних ділянках колії.

5. Проведено аналіз результатів динамічних ходових випробувань дослідного зразка електровоза і порівняння їх з нормативними величинами. Це порівняння свідчить про відповідність основних динамічних показників екіпажної частини вимогам, що пред'являються до перспективних конструкцій локомотивів.
6. Задовільне узгодження результатів теоретичних та експериментальних досліджень підтверджують правильність вибору розрахункової схеми і рекомендованих значень параметрів ходових частин.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ РОБІТ У ФАХОВИХ ВИДАННЯХ, В ЯКИХ ОСВІТЛЕНІ ПОЛОЖЕННЯ І РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ:

1. Математическая модель пространственных колебаний электровоза с модернизированной схемой соединения кузова с тележками / Данович В.Д., Коротенко М.Л., Мямлин С.В., Недужая Л.А. / Транспорт. Повышение эффективности работы устройств электрического транспорта: Сб. науч. тр. ДИИТа. – Дніпропетровськ: “Січ”. 1999. - С. 183 - 190.
2. Мямлин С.В., Клименко И.В., Недужая Л.А. Влияние характеристик связи кузова и тележек электровоза на динамическую нагруженность и воздействие на путь / Транспорт. 36. науч. пр. ДПТУ. – Дніпропетровськ: “Нова ідеологія”, 1999. Випуск 4. - С. 121 – 125.
3. Данович В.Д., Коротенко М.Л., Недужая Л.А. Сопоставление некоторых результатов экспериментальных и теоретических исследований динамических качеств электровоза ДЭ1 / Транспорт. 36. науч. пр. ДПТУ. – Дніпропетровськ: “Наука і освіта”, 1999. Випуск 2. - С. 123 - 129.

ДОДАТКОВО РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ ВИСВІТЛЕНІ В РОБОТАХ:

4. Недужая Л.А. К расчету параметров экипажной части электровоза // Придніпровський науковий вісник (Технічні науки), 1998. - №43 (110). - С.51 - 53.
5. Панасенко В.Я., Мямлин С.В., Недужая Л.А. К вопросу структурного анализа тележки электровоза // Придніпровський науковий вісник (Машинобудування та технічні науки). - 1997. - №35 (46). - С. 25 - 26.
6. Бабаев А.М., Панасенко В.Я., Недужая Л.А. О структурном анализе рычажной передачи дисковых тормозов подвижного состава / Транспорт. 36. науч. пр. ДПТУ. – Дніпропетровськ: “Наука і освіта”, 2000. Випуск 3. - С. 36 – 39.
7. Блохин Е.П., Данович В.Д., Недужая Л.А. Математическая модель пространственных колебаний магистрального грузового электровоза. Киев, 1996. – 12 с. - Рус. - Деп. в ГНТБ Украины 05.09.96. - Ук 96.

Дисертация
институт инженеров
железнодорожного
транспорта
БИБЛИОТЕКА

АНОТАЦІЇ

Недужа Л.О. ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ ПАРАМЕТРІВ ЕКІПАЖНОЇ ЧАСТИНИ ВАНТАЖНОГО МАГІСТРАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОВОЗА. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 - рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту, Дніпропетровськ, 2000.

Захищається три наукових праці, які містять дослідження стосовно вибору раціональних значень параметрів екіпажної частини електровоза та розробки математичної моделі його просторових коливань.

Спроекований та побудований електровоз для вантажних поїздів (ДЕ1) в конструкції екіпажної частини має нову систему люлечного підвішування кузова й безшкворньові візки з похилими тягами, за допомогою яких від візків кузову передаються тягові та гальмові сили.

Мета дослідження полягала у виборі раціональних значень параметрів ходової частини електровоза, при яких забезпечувались безпека руху та необхідні динамічні якості.

Для теоретичних досліджень просторових коливань електровоза розроблена математична модель для конструкції, запропонованої УЕНДІ. Складено диференційні рівняння просторових коливань системи, яка досліджується, та відлажено програму обчислювань за допомогою ПЕОМ. Програма містить параметри ходових частин, що залежать від конструкції візка.

Проведено дослідні поїздки з двома електровозами ДЕ1 і електровозом ВЛ82^м, як еталоном. Аналіз результатів динамічних (ходових) випробувань дослідного зразку електровоза і порівняння їх з даними теоретичних розрахунків свідчать про відповідність основних динамічних показників екіпажної частини вимогам, які пред'являються до перспективних конструкцій локомотивів.

Задовільне узгодження результатів теоретичних та експериментальних досліджень підтверджує правильність вибору розрахункової схеми та раціональних значень параметрів екіпажної частини вантажного магістрального електровоза, дані рекомендації стосовно умов його експлуатації.

Ключові слова: електровоз, динамічні показники, додатковий зв'язок, динамічне навантаження, просторові коливання, бокові сили, рамні сили, раціональні значення параметрів.

Недужая Л.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ЭКИПАЖНОЙ ЧАСТИ ГРУЗОВОГО МАГИСТРАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА. - Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов. Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта, Днепропетровск, 2000.

Защищается три научных работы, которые содержат исследования по выбору рациональных значений параметров экипажной части электровоза и разработки математической модели его пространственных колебаний.

Нынче на железных дорогах Украины эксплуатируются, в основном, физически и морально устаревшие электровозы. Это относится прежде всего к электровозам ВЛ8, которые выпускались с 1953 года, электровозам ВЛ80, выпуск которых начался в 1961 году, и некоторым иным их типам, которые имеют низкую надежность и недостаточно высокие динамические качества. На их восстановление расходуются значительные материальные и людские ресурсы, поскольку производство запасных частей и основных узлов для этих электровозов на заводах Украины недостаточно, а модернизация существующих конструкций не всегда целесообразна.

Постановлением Кабинета министров Украины от 26.07.1993 г. №480 «О разработке и производстве в 1993 – 2000 годах магистральных грузовых и пассажирских электровозов» поставлена задача обеспечить железные дороги страны современными электровозами. Главным разработчиком новых электровозов в Украине является Украинский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт электровозостроения (УЭлНИИ), г.Днепропетровск, входящий в состав научно-производственного объединения электровозостроения (НПО «ДЭВЗ»).

Спроектированный и построенный электровоз для грузовых поездов (ДЭ1) в конструкции экипажной части имеет новую систему люлечного подвешивания кузова и бесшкворневые тележки с наклонными тягами, с помощью которых от тележек кузову передаются тяговые и тормозные силы.

Выполнен обзор научной и патентной литературы. Описаны конструкции некоторых тележек электровозов с улучшенными ходовыми качествами.

Цель исследования состояла в выборе рациональных значений параметров ходовой части электровоза, при которых бы обеспечивались безопасность движения и необходимые динамические качества.

Для теоретических исследований пространственных колебаний электровоза разработана математическая модель для конструкции, предложенной УЭлНИИ. Составлены дифференциальные уравнения пространственных колебаний исследуемого электровоза.

дуемой системы и отлажена программа вычислений с помощью ПЭВМ. Программа включает в себя параметры ходовых частей, зависящих от конструкции тележки.

Выполнен структурный анализ связей кузова с тележкой. Эта система рассмотрена как пространственный механизм, в котором определено число лишних связей, сведенное до нуля; связи подобраны правильно.

В процессе решения задачи варьировались параметры ходовых частей: жесткости буксовой и второй ступеней подвешивания, буксовых поводков, длины люлечных подвесок, угол их наклона к горизонтали и расстояние между ними в продольном направлении, вязкое трение амортизаторов второй ступени подвешивания и их углы наклона, расстояние между ними в продольном направлении, взаимное расположение, коэффициент вязкого трения амортизаторов буксовой ступени подвешивания, их характеристика, угол наклона, жесткость горизонтального упора между кузовом и тележкой и величина начального зазора между ними, жесткость упругой связи между наклонной тягой и кузовом и другие.

По результатам расчетов определялись динамические показатели: коэффициенты вертикальной и горизонтальной динамики по силам в верхней и буксовой ступенях подвешивания и по силам взаимодействия, рамные, направляющие силы, коэффициенты устойчивости от сдвига рельсо-шпальной решетки, от вкатывания колес на рельсы, коэффициента конструктивного запаса прогиба пружин, взаимные перемещения и скорости тел системы и другие. Программа позволила определить экстремальные значения динамических показателей и их статистические характеристики. Анализ полученных результатов дал возможность выбрать рациональные значения параметров экипажной части нового грузового магистрального электровоза.

Проведены опытные поездки с двумя электровозами ДЭ1-001 и ДЭ1-002 и электровозом ВЛ82^м, в качестве эталона.

Результаты испытаний показали, что горизонтальные поперечные (рамные) силы для электровозов ДЭ1 сравнительно невелики. Несколько выше значения $K_{\text{дп}}$ получены для движения в кривых со скоростями, соответствующими допускаемому непогашенному ускорению. Вертикальные силы в кузовном подвешивании также невелики и не превышают допускаемых величин. Однако значения вертикальных сил в буксовом подвешивании достигают значительных величин.

Произведены анализ результатов динамических ходовых испытаний опытного образца электровоза и сравнение их с данными теоретических расчетов свидетельствуют о соответствии основных динамических показателей экипажной части требованиям, предъявляемым к перспективным конструкциям локомотивов.

Удовлетворительное согласование результатов теоретических и экспериментальных исследований подтверждает правильность выбора расчетной схемы и

рациональных значений параметров экипажной части грузового магистрального электровоза, даны рекомендации для условий его эксплуатации.

Ключевые слова: электровоз, динамические показатели, дополнительные связи, динамическая нагрузка, пространственные колебания, боковые силы, рамные силы, рациональные значения параметров.

Neduzha L. DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETER VALUES FOR VEHICLE PART OF FREIGHT TRUNK ELECTRIC LOCOMOTIVE. - Manuscript.

Thesis for a candidate's degree by speciality 05.22.07 - railway rolling stock and train traction. - Dnipropetrovsk State Technical University of Railway Transport, Dnipropetrovsk, 2000.

Three scientific works are proposed for defending, wherein the research results on a choice of rational parameter values of the electric locomotive vehicle part and the development of mathematical model of spatial oscillations of an electric locomotive are presented.

The ДЕ1 type electric locomotive, designed and manufactured for operating freight trains, in its vehicle part has a new system of the body bolster and the pivot-less bogies with inclined rods transferring tractive and braking efforts from bogies to the locomotive body.

The research purpose of the thesis is to choose rational parameter values of electric locomotive running gears that guarantee the traffic safety and required dynamic qualities.

In order to study theoretically the spatial oscillations of an electric locomotive, a mathematical model for the structure suggested by UENDI (Ukrainian R&D Institute for Electric Locomotive Construction) has been elaborated. Differential equations of spatial oscillations of the system under consideration have been set up and the PC software have been developed and debugged. The software takes into account the running gear parameters depending on the bogie structure.

Test runs with two ДЕ1 type electric locomotive and the БЛ82^м one taken as a reference standard have been performed. Results analysis of dynamic (running) tests of a trial sample of electric locomotive and their comparing with the data of theoretical calculations testify that the principal dynamic indices of the vehicle part meet the requirements to advanced designs of electric locomotives.

A satisfactory agreement of the results of theoretical and experimental studies confirms the validity of choice of the design scheme and the rational parameter values of the vehicle part of the freight trunk electric locomotive, and some recommendations regarding its operating conditions are given.

Key words: electric locomotive, dynamic indices, additional brace, dynamic loading, spatial oscillations, lateral forces, frame efforts, rational parameter values.

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ
ПАРАМЕТРІВ ЕКІПАЖНОЇ ЧАСТИНИ
ВАНТАЖНОГО МАГІСТРАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОВОЗА

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Спеціальність 05.22.07 - Рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Підписано до друку 20.10.00. Формат 60х84 1/16. Папір для множинних апаратів. Ум.друк.арк. 1,0. Обл. - вид арк. 1.1. Тираж 100 прим. Замовлення №434. Тираж 100.

Безкоштовно.

Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту. Адреса університету та дільниці оперативної поліграфії ДНТУ: 49010, м.Дніпропетровськ, 10, вул.Акад. А.Лазаряна, 2.