

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**Павшенко Андрій Васильович**

УДК 629.423.33

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ  
СТРУМОЗНІМАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО  
СКЛАДУ ПІДВИЩЕНОЇ ШВИДКОСТІ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Харків – 2010

## **Дисертацією є рукопис**

Робота виконана на кафедрі «Механіка і проектування машин» в Українській державній академії залізничного транспорту, Міністерство транспорту та зв'язку України

**Науковий керівник** – доктор технічних наук, професор  
Мороз Володимир Ілліч,  
Українська державна академія залізничного транспорту,  
проректор з науково-педагогічної роботи.

**Офіційні опоненти** - доктор технічних наук, професор  
Далека Василь Хомич,  
Харківська національна академія міського господарства,  
завідувач кафедри "Електричний транспорт"

- кандидат технічних наук  
Матяш Віктор Олександрович,  
Проектно-конструкторське технологічне бюро  
з ремонту локомотивів, директор

Захист відбудеться «26» березня 2010 р. о 14<sup>00</sup> 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 у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха,7

Автореферат розісланий «20» лютого 2010 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Прохорченко А.В.

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

### **Вступ**

В здійсненні пасажироперевезень в приміському сполученні на мережах залізниць України моторвагонний рухомий склад (МВРС) займає провідне місце. В той же час намітилась стійка тенденція до використання МВРС інвентарного парку Укрзалізниці в місцевих і прямих перевезеннях, що визначає його експлуатацію на більших відстанях і при підвищених швидкостях. В таких умовах досягнення високих техніко-економічних показників перевізного процесу можливе лише при розв'язанні ряду науково-практичних задач, спрямованих на забезпечення експлуатаційної надійності основних елементів конструкції тягових одиниць.

Досвід експлуатації МВРС на залізницях України вказує на те, що в комплексі зазначених задач однією з найбільш складних є забезпечення безперервного і надійного постачання електроенергією бортових мереж тяги, гальмування та живлення допоміжних агрегатів, яке здійснюється від контактної лінії струмомознімальними пристроями (СЗП). При цьому значна роль в забезпеченні якісного струмомознімання належить досить складній в конструктивному плані механічній системі (МС) струмомознімального пристрою, деталі якої в процесі роботи сприймають значні динамічні навантаження. Тому в експлуатації МВРС (особливо в режимі швидкісного руху) мають місце відкази СЗП внаслідок залишкових деформацій ланок та інтенсивних зносів елементів кінематичних пар механізмів, що входять до МС.

Це визначає актуальність науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт в напрямку модернізації МС існуючих струмомознімальних пристроїв, а також синтезу нових конструкцій СЗП, які б задовольняли умовам експлуатаційної надійності при їх використанні на сучасному МВРС.

### **Актуальність теми дисертації**

Результати досліджень, проведених в Українській державній академії залізничного транспорту, показали, що однією з головних причин появи відказів в струмомознімальних пристроях є недосконалість конструкції їх механічних систем. Це головним чином пояснюється застосуванням спрощених методів розрахунку при виконанні проектних робіт. Така ситуація обумовлює важливість проведення наукових досліджень, спрямованих на розробку нових методів проектування СЗП і здійснення на їх основі робіт з модернізації існуючих та синтезу нових конструкцій МС струмомознімальних пристроїв.

Це визначає актуальність теми дисертаційної роботи.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами**

Тема дисертації відповідає Комплексній програмі оновлення залізничного рухомого складу України на 2006-2010 роки, затвердженої Наказом Міністерства транспорту та зв'язку № 535 від 5 червня 2006 р. та погодженої Міністерством промислової політики, Державній програмі "Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства", що введена в дію Постановою № 769 Кабінету Міністрів України від 2 червня 1998 р. і стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020, що схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1555-р. Наукові результати дисертаційної роботи отримані при виконанні планів госпдоговірної науково-дослідної роботи "Дослідження характеристик функціонування механізмів токоз'ємних пристроїв при підвищених швидкостях руху" (ДР 0108U000075) та держбюджетної НДР "Розробка нових підходів до структурного синтезу механічних систем струмознімальних пристроїв для сучасного швидкісного моторвагонного рухомого складу" (ДР 0109U001185).

### **Мета і задачі дослідження**

Метою роботи є вирішення науково-практичної задачі – поліпшення характеристик функціонування струмознімальних пристроїв моторвагонного рухомого складу підвищеної швидкості за рахунок удосконалення конструкції їх механічних систем на основі використання нових методів проектування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- виконати аналіз сучасних тенденцій розвитку моторвагонного рухомого складу залізниць;
- провести дослідження особливостей конструкції механічних систем струмознімальних пристроїв рухомого складу, що експлуатується на мережах залізниць;
- обґрунтувати перспективні напрямки удосконалення конструкції та методів розрахунку струмознімальних пристроїв для МВРС;
- розробити узагальнену класифікацію та структурні формули для побудови конструкції СЗП моторвагонного рухомого складу;
- розробити узагальнену методичку проведення структурного синтезу механічних систем СЗП для сучасного моторвагонного рухомого складу;
- удосконалити методи розрахунку кінематичних і динамічних характеристик механізмів струмознімальних пристроїв;
- розробити математичну модель для дослідження експлуатаційних характеристик функціонування СЗП при різних швидкостях руху МВРС;
- виконати аналіз недоліків конструкції СЗП типу ТЛ-13У та розробити рекомендації з її удосконалення;

- визначити граничні значення підвищення швидкостей руху моторвагонного та електротягового рухомого складу для існуючих конструкцій СЗП;
- розробити нову конструкцію струмознімального пристрою для швидкісного моторвагонного рухомого складу;
- провести розрахунково-експериментальні дослідження характеристик функціонування нового СЗП;
- оцінити економічний ефект від впровадження рекомендацій з удосконалення конструкції СЗП для моторвагонного рухомого складу підвищеної швидкості.

*Об'єкт дослідження* – процес проектування струмознімальних пристроїв для моторвагонного рухомого складу.

*Предмет дослідження* – методи проектування конструкції струмознімальних пристроїв для моторвагонного рухомого складу підвищеної швидкості.

#### Методи дослідження

При виконанні дисертаційної роботи використовувались такі методи: методи теорії багаторівневих ієрархічних систем при розробці узагальненої класифікації та структурних формули для побудови струмознімальних пристроїв моторвагонного рухомого складу; методи структурного синтезу для визначення оптимальної конструкції механічних систем струмознімальних пристроїв сучасного моторвагонного рухомого складу; методи теорії механізмів і машин, лінійної алгебри, динаміки та міцності машин для удосконалення методів розрахунку кінематичних і динамічних характеристик механізмів струмознімальних пристроїв; методи теорії надійності для оцінки досконалості конструкції струмознімальних пристроїв; методи теорії подібності при проведенні розрахунково-експериментальних досліджень характеристик функціонування нового струмознімального пристрою.

#### Наукова новизна отриманих результатів

Вирішено науково-практичну задачу поліпшення характеристик функціонування струмознімальних пристроїв моторвагонного рухомого складу за рахунок удосконалення конструкції їх механічних систем на основі використання нових методів проектування.

#### *Вперше:*

- науково обґрунтовані перспективні напрямки удосконалення конструкції та методів проектування струмознімальних пристроїв для сучасного моторвагонного рухомого складу;
- розроблено нову узагальнену класифікація та структурні формули для описання конструкції СЗП, які є основою для проведення структурного синтезу їх механічних систем;
- складено матричне описання кінематики просторових механізмів струмознімальних пристроїв на основі методу перетворення координат.

*Дістали подальшого розвитку:*

- метод структурного синтезу механічних систем сучасних струмознімальних пристроїв;
- моделі для описання динамічних процесів, що відбуваються в механічній системі СЗП при швидкісному русі МВРС;
- розрахунково-експериментальні методи дослідження характеристик функціонування механічних систем струмознімальних пристроїв.

**Практичне значення одержаних результатів:**

- науково обґрунтований варіант удосконалення конструкції механічної системи струмознімального пристрою типу ТЛ-13У, який прийнятий до впровадження в моторвагонних депо Південної залізниці;
- запропонована нова патенто захищена рамно-трапецеїдальна конструкція струмознімального пристрою, яка може використовуватися на МВРС підвищеної швидкості.
- матеріали дисертаційної роботи можуть використовуватись при створенні нових і модернізації існуючих СЗП моторвагонного складу, а також у навчальному процесі у складі дисципліни «Основи конструювання і САПР технічних засобів залізничного транспорту» при підготовці спеціалістів і магістрів за спеціальністю «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту».

Використання результатів роботи підтверджуються відповідними актами впровадження.

**Особистий внесок здобувача**

У працях, написаних у співавторстві, дисертанту належить:

[1] – здобувачем досліджено устрій та особливості функціонування СЗП типу ТЛ-13У і запропонований варіант удосконалення конструкції з урахуванням вимог до механізмів, що самовстановлюються; [2] – здобувачем розроблена модульно-декомпозиційна класифікація СЗП та описано новий підхід до формалізованого модульного описання їх конструкцій; [3] – здобувачем розроблена та описана нова конструкція СЗП, а також аналітичні залежності до визначення основних геометричних параметрів ланок струмознімального пристрою; [4] – здобувачем проведено математичне моделювання характеристик СЗП моторвагонного складу з метою виявлення граничних швидкостей руху, при яких порушуються умови якісного струмознімання; [5] – здобувачем розроблено матричне описання кінематики механічної системи СЗП і показано порівняння результатів розрахунку динамічних характеристик струмознімального пристрою типу ТЛ-13У, проведених за традиційними та уточненими методами.

**Апробація результатів дисертації.** Основні матеріали результатів дисертаційної роботи доповідалися й отримали схвалення на 10 міжнародних науково-технічних конференціях:

- 15-й, 16-й і 17-й міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Україна, м. Харків, НТУ ХП, 2007, 2008 2009 р.р.);

- 67-й, 68-й, 69-й, 70-й та 71-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр Української державної академії залізничного транспорту та спеціалістів залізничного транспорту підприємств (Україна, м. Харків, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 рр.);

- міжнародній науково-технічній конференції «Рухомий склад і спеціальна техніка транспорту» (Україна, м. Харків, 2008 р.);

- міжнародній науково-технічній конференції «Дни науки - 2009» (Чехія, м. Прага, 2009 р.)

Основні положення дисертації доповідались на кафедрі з 2005 по 2009 р., повністю дисертація доповідалась в 2008 році на міжнародній науково-технічній конференції «Рухомий склад і спеціальна техніка транспорту» (м. Харків) і в 2009 р. на розширеному засіданні кафедри «Механіка і проектування машин» УкрДАЗТ за участю членів спеціалізованої вченої ради Д64.820.04.

**Публікації.** Результати дослідження опубліковані в 6 статтях у фахових виданнях, затверджених ВАК України.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертаційна робота має вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел з 107 найменувань. Повний обсяг дисертації складає 189 сторінки, в тому числі 147 сторінок основного тексту, 13 таблиць, 63 рисунків, 4 додатків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету роботи, задачі дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, подано інформацію про апробацію роботи і публікації основних результатів.

**Перший розділ** присвячений обґрунтуванню перспективних напрямків удосконалення конструкцій та методів розрахунку струмознімальних пристроїв для сучасного МВРС, сформульовано комплекс вимог, що пред'являються до СЗП швидкісного моторвагонного рухомого складу.

Задачам удосконалення конструкції СЗП та підвищенню якості струмознімання присвячено велику кількість наукових праць. Найбільший внесок в цьому напрямку зробили: Бабанін О.Б., Басов Г.Г., Беляев І.А., Блохін Є.П., Боднар Б.Є., Вологин В.А., Воронин А.В., Далека В.Х., Колісник І.К., Колесов С.М., Кудряш А.П., Кузьмич В.Д., Мазнев А.С., Мороз В.І., Плакс А.В., Решетов Л.Н., Тартаковський Е.Д., Шиян В.А., Яцко С.І. та інші.

На нинішній час обсяги роботи залізничного транспорту України з забезпечення перевізного процесу залишаються суттєвими. При цьому до основних тенденцій розвитку МВРС відноситься підвищення ефективності пасажироперевезень за рахунок суттєвого збільшення маршрутних (середніх) швидкостей. На цей час на мережах залізниць України відношення маршрутних швидкостей МВРС до максимальних не перевищує 0,55, що складає резерв у вирішенні зазначеної задачі.

В свою чергу підвищення швидкостей руху МВРС визначає ряд вимог до конструкції і характеристик функціонування струмознімальних пристроїв. Це визначає необхідність розглядання особливостей конструкцій СЗП та їх відповідності вимогам руху МВРС з підвищеними швидкостями.

Встановлено, що конструкції СЗП, які використовуються на сучасному МВРС базуються на використанні багатоланкових просторових механізмів, які не забезпечують достатньої динамічної жорсткості при підвищених швидкостях руху. В той же час ланки таких механізмів мають значні маси та моменти інерції, що визначає великі динамічні навантаження в з'єднаннях (відповідних кінематичних парах), а також динамічні процеси, що обумовлюють порушення умов контакту полозу з контактним проводом. При експлуатації МВРС в режимах місцевого та прямого сполучення з маршрутними швидкостями 130 км/год і вище ці фактори обмежують використання таких СЗП, що обґрунтовує актуальність науково-дослідних робіт в напрямку удосконалення конструкції їх механічних систем.

На основі аналізу численних науково-технічних джерел з описанням досліджень у цьому напрямку сформульовані вимоги до струмознімальних пристроїв швидкісного моторвагонного рухомого складу і зроблено висновок про необхідність удосконалення їх конструкцій у відповідності до сучасних умов експлуатації. Виділені перспективні напрямки удосконалення конструкції та методів розрахунку СЗП. Обґрунтована необхідність розробки нових підходів до проектування механічних систем струмознімальних пристроїв, які орієнтовано для використання на швидкісному моторвагонному складі.

**У другому розділі** представлено результати досліджень, спрямованих на удосконалення методів проектування механічних систем струмознімальних пристроїв сучасного моторвагонного рухомого складу.

Запропоновано новий підхід до проектування СЗП на основі розробленої узагальненої класифікації та структурних формул для побудови струмознімальних пристроїв МВРС. У відповідності до такої класифікації будь-яка конструкція СЗП може бути представлена у вигляді чотирьох взаємопов'язаних модулів - пневмо-пружинний модуль (МІ) забезпечує регулювання статичного натискання та потрібні швидкості підйому – опускання СЗП; рамно-задаючий модуль (МІІ) забезпечує



закріплення СЗП на даху МВРС, а також необхідний рух елементів СЗП; модуль рухомих рам (МІІ) здійснює підведення струмознімального елемента до контактної мережі; модуль контактної струмознімання (МІV) забезпечує знімання струму та передачу його на споживаючі агрегати. При цьому класифікаційні особливості основних модулів конструкції СЗП доцільно представляти у вигляді декомпозиційних схем, які містять основні конструкційні елементи та інформують про особливості їх конструктивного виконання.

В загальному уявленні всі відомі конструкції СЗП за принципом забезпечення підйому – опускання розділяються на одноступеневі та двоступеневі. На рис. 1 представлені основні модулі конструкції таких СЗП та відомості про тип струму, який знімається. Отримані декомпозиційні схеми дозволяють описувати конструкції СЗП за допомогою структурних формул (1)..(5). Наприклад, для СЗП типу ТЛ-13У формалізоване описання конструкції має вигляд

$$СЗП=МІ+МІІ+МІІІ+МІV \quad (1)$$

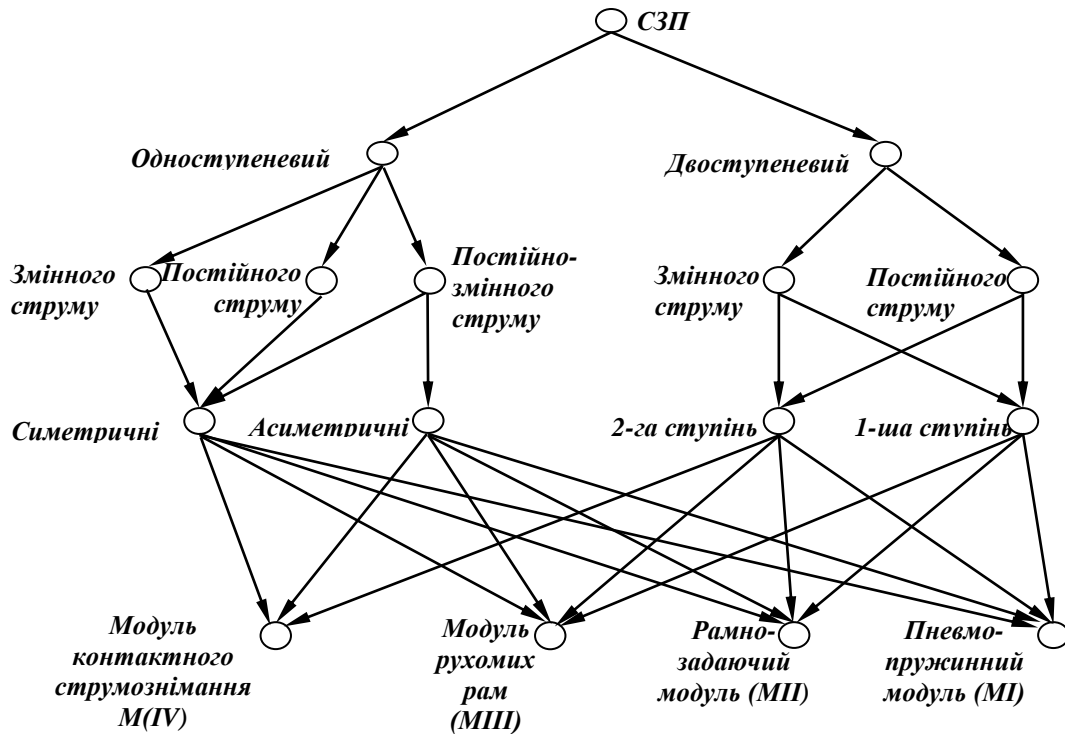


Рис. 1. Особливості побудови одноступеневих та двоступеневих СЗП

Описання конструкцій складових модулів мають вид:

$$МІ = \begin{cases} ПНП=ВСП/\Phi_3+ПЗШ/2+КПЦ/КР+ЗПР+ЕПК \\ ПП=П/2+НГВ+В/ЕВ \\ ПО=ПО/2+ВКПЦ \end{cases} \quad (2)$$

де ПНП – пневмопривід; ВСП – важільна система пневмоприводу;  $\Phi_3$  – фрикційний замок; ПЗШ – поршень зі штоком; КПЦ – корпус

пневмоциліндру;  $KP$  – кріплення на рамі;  $ЗПР$  – змінного перерізу;  $ЕПК$  – електропневматичний клапан;  $ППР$  – пружини підйому;  $П$  – пружини;  $НГВ$  – кріплення на головних валах;  $В$  – важелі;  $ЕВ$  – ексцентриковий важіль;  $ПО$  – пружини опускання;  $ВКПЦ$  – всередині корпусу пневмоциліндру.

$$MII = P/_{33P} + GB/_{ППР} + CT/_{1+П+БЗП} + I \quad (3)$$

де  $P$  – швелерна (нерухома) рама;  $33P$  – зі змінним розміром;  $GB$  – головні вали;  $ППР$  – постійного перерізу;  $CT$  – синхронізуюча тяга;  $П$  – пряма;  $БЗП$  – без запобіжного пристрою;  $I$  – ізолятори.

$$MII = NP/_{2+ЦТ} + BP/_{6+ТР} \quad (4)$$

де  $NP$  – нижні рухомі рами;  $ЦТ$  – циліндричні труби;  $BP$  – верхні рухомі рами;  $ТР$  – з'єднані у вигляді трапеції.

$$MIV = ПЛ/_{1+БУР} + K/_{MX=ВСК+П/Р} + KB \quad (5)$$

де  $ПЛ$  – полоз;  $БУР$  – без улавлюючого рогу;  $K$  – каретка;  $MX$  – з малим ходом;  $ВСК$  – важільна система каретки;  $П/Р$  – пружини, які працюють на розтяг;  $KB$  – контактні вставки.

Запропонований підхід дозволяє синтезувати нові та удосконалювати існуючі конструкції СЗП з використанням переваг та недоліків відомих технічних рішень.

Існуючі конструкції СЗП базуються на використанні багатоланкових просторових механізмів з великою кількістю рухомих з'єднань ланок (кінематичних пар). Досвід експлуатації та проведення деповських ремонтів МВРС вказують на значну кількість відказів СЗП, що пов'язано з деформаціями та руйнуванням ланок і значним зносом елементів окремих кінематичних пар. Однією з причин є негативний прояв надлишкових зв'язків, які є слідством помилок у виборі структури механічної системи СЗП. Їх ознакою є використання в конструкції значної кількості кінематичних пар високих класів, внаслідок чого не забезпечуються умови самовстановлення (має місце певна кількість надлишкових зв'язків  $q$ ).

В дисертації обґрунтована доцільність поліпшення експлуатаційних характеристик та підвищення надійності механічних систем СЗП за рахунок використання нових підходів до їх структурного синтезу.

У відповідності до запропонованого підходу виявлення та усунення надлишкових зв'язків  $q$  у МС струмозмінальних пристроїв здійснюється в такій послідовності:

- розробляються варіанти кінематичних схем СЗП для яких контролюється наявність та кількість надлишкових зв'язків  $q$  у кінематичному ланцюгу МС;

- для кожної з варіантів СЗП будуються структурні схеми та виділяються незалежні контури;

- для виділених незалежних контурів складаються матриці рухомостей, на основі аналізу яких з урахуванням класу кінематичних пар виявляється кількість надлишкових зв'язків  $q$  і їх характер (відсутні рухомості). Отримані результати перевіряються за допомогою способу С.А.Попова, який передбачає дослідження процесу складання незалежних контурів МС;

- проводиться аналіз можливих варіантів усунення надлишкових зв'язків за рахунок використання певних кінематичних пар. Здійснюється вибір варіанту удосконалення конструкції СЗП.

Запропонований підхід до проведення структурного синтезу СЗП використовувався при проведенні науково-дослідних робіт з удосконалення конструкції існуючих та створення нових струмозмінальних пристроїв для швидкісного МВРС.

Значна роль в забезпеченні потрібних експлуатаційних характеристик механізмів СЗП відводиться моделюванню їх кінематичних та динамічних характеристик ще на етапі проектування. В той же час при вирішенні таких задач головним чином використовуються спрощені методи. Так, при проведенні кінематичних та силових розрахунків, МС розглядається як сукупність плоских механізмів, ланки яких не деформуються, при цьому похибки у визначенні кінематичних параметрів (лінійних та кутових переміщень, швидкостей та прискорень) оказують негативний вплив на точність моделювання динамічних процесів в механічній системі СЗП.

Однією із задач дисертаційного дослідження була розробка нового підходу до визначення кінематичних та динамічних характеристик СЗП як просторової МС з деформуємими ланками. Основу нового підходу складає використання методу перетворення координат, адаптованого до МС СЗП. Практична реалізація такого підходу передбачає матричний запис рівнянь координат шуканих положень точок відповідних ланок.

Загальні формули перетворення координат для систем  $X_i Y_i Z_i$  і  $X_j Y_j Z_j$  мають такий вигляд

$$\begin{aligned} X_i &= k_{11} \cdot X_j + k_{12} \cdot Y_j + k_{13} \cdot Z_j + A_i; \\ Y_i &= k_{21} \cdot X_j + k_{22} \cdot Y_j + k_{23} \cdot Z_j + B_i; \\ Z_i &= k_{31} \cdot X_j + k_{32} \cdot Y_j + k_{33} \cdot Z_j + C_i, \end{aligned} \quad (6)$$

де  $A_i, B_i, C_i$  – координати початку системи  $X_j Y_j Z_j$  в системі  $X_i Y_i Z_i$ ;

$k_{11}, k_{12}, \dots, k_{33}$  – коефіцієнти при координатах – напрямні косинуси, які визначаються за допомогою кутів Ейлера.

Запис рівняння (6) у матричній формі буде мати вигляд

$$r_i = T_{ji} \cdot r_j, \quad (7)$$

$$\text{де } r_i = \begin{Bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \\ 1 \end{Bmatrix}, \quad r_j = \begin{Bmatrix} X_j \\ Y_j \\ Z_j \\ 1 \end{Bmatrix}, \quad T_{ji} = \begin{Bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & A_i \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & B_i \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & C_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix}. \quad (8)$$

Матриця коефіцієнтів рівнянь (6) записується з урахуванням відомих формул зв'язків між напрямними косинусами і кутами Ейлера ( $\psi_{ji}$  - кут прецесії;  $\varphi_{ji}$  - кут чистого обертання;  $\theta_{ji}$  - кут нутації)

$$T_{ji} = \begin{Bmatrix} \cos \psi_{ji} \cdot \cos \varphi_{ji} - & -\cos \psi_{ji} \cdot \sin \varphi_{ji} - & \sin \theta_{ji} \cdot \sin \psi_{ji} & A_i \\ -\cos \theta_{ji} \cdot \sin \psi_{ji} \cdot \sin \varphi_{ji} & -\cos \theta_{ji} \cdot \sin \psi_{ji} \cdot \cos \varphi_{ji} & & \\ \sin \psi_{ji} \cdot \cos \varphi_{ji} + & -\sin \psi_{ji} \cdot \sin \varphi_{ji} + & -\sin \theta_{ji} \cdot \cos \psi_{ji} & B_i \\ +\cos \theta_{ji} \cdot \cos \psi_{ji} \cdot \sin \varphi_{ji} & +\cos \theta_{ji} \cdot \cos \psi_{ji} \cdot \cos \varphi_{ji} & & \\ \sin \theta_{ji} \cdot \sin \varphi_{ji} & \sin \theta_{ji} \cdot \cos \varphi_{ji} & \cos \theta_{ji} & C_i \end{Bmatrix} \quad (9)$$

Матриця (9) в задачах дослідження кінематики просторових кінематичних ланцюгів розглядається як матриця кінематичної пари і вважається базовою для запису матриць різних нижчих кінематичних пар. При проведенні кінематичного аналізу просторовий замкнений кінематичний ланцюг механізму СЗП розділяється на незамкнені ланцюги шляхом умовного розмикання відповідних кінематичних пар. Для кожного з незамкнених кінематичних ланцюгів з рівнянь перетворення координат знаходяться положення елементів розімкнутої кінематичної пари. З порівняння визначених координат елементів двох незамкнених кінематичних ланцюгів записується система алгебраїчних рівнянь, яка вирішується відносно шуканих параметрів.

Розроблено алгоритм практичної реалізації такого підходу, який використовувався в дослідженні струмознімальних пристроїв типів ТЛ-13У, П-1Б та СЗП нової конструкції. Отримані уточнені кінематичні характеристики використовувались при моделюванні динамічних процесів СЗП при використанні багатомасових та узагальнених динамічних моделей.

Однією з головних задач в дослідженнях динаміки СЗП в рамках дисертаційної роботи було контролювання умови якісного струмознімання за величиною контактного натискання  $F_K$ , при цьому використовувалась узагальнена ДМ (рис.2.).

Її основними параметрами є:  $m_n$  – зведена маса полоза СЗП;  $m_p$  – зведена маса рухомих рам механічної системи СЗП;  $c_p, c_k$  – зведені жорсткості підйомних пружин СЗП і пружини каретки;  $k$  – зведений коефіцієнт демпфірування;  $F_K$  – сила контактного натискання;  $F_P$  – сила статичного натискання рухомих рам СЗП з урахуванням їх вагової характеристики;  $F_I$  – сила інерції;  $F_{AP}$  – аеродинамічна підйомна сила рами;

$F_{АП}$  – аеродинамічна підйомна сила полоза;  $F_T = F_{Tmax} \cdot \sin(\omega t)$  – сила тертя ( $F_{Tmax}$  – максимальне значення зведеної сили тертя в МС СЗП,  $\omega$  - кутова частота вимушених коливань).

Для прийнятої ДМ рівняння руху має вид

$$\overline{F}_И + \overline{F}_T + \overline{F}_P + \overline{F}_{AP} + \overline{F}_{АП} + \overline{F}_K = 0. \quad (11)$$

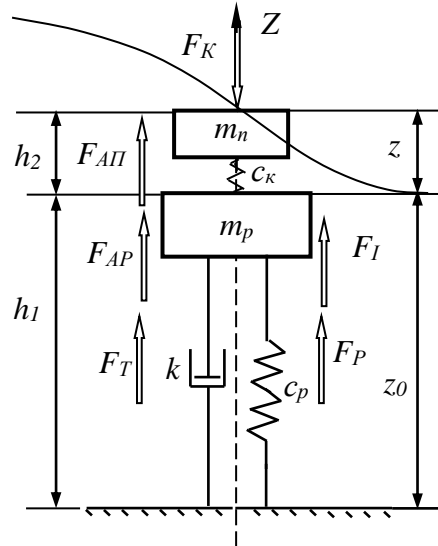


Рис.2. Узагальнена динамічна модель механічної системи СЗП

У відповідності до запропонованого підходу формула для визначення величини контактної натискання з урахуванням тертя в МС СЗП має вигляд

$$F_K = F_P - \omega^2 \frac{z_{max}}{2} \cos(\omega t) \left[ \frac{m_p \cdot c_k}{c_k - \omega^2 m_p} + m_p \right] - (m_n + m_p) \cdot g + F_{an} + F_{ap} + F_{Tmax} \sin(\omega t), \quad (12)$$

де  $z_{max}$  – максимальне вертикальне переміщення системи, що відповідає провису контактної проводу.

Уточнені методи визначення інерційних і силових параметрів представлені узагальненої динамічної моделі. Розроблена математична модель для визначення характеристик функціонування струмознімальних пристроїв при різних швидкостях руху МВРС.

Розроблене комплексне методичне забезпечення використовувалося в подальших дослідженнях, спрямованих на удосконалення конструкцій СЗП сучасного МВРС підвищеної швидкості.

**Третій розділ** присвячений висвітленню результатів досліджень, спрямованих на удосконалення конструкцій механічних систем струмознімальних пристроїв сучасного МВРС підвищеної швидкості.

На першому етапі виконувався аналіз недоліків конструкції найбільш розповсюджених на МВРС Укрзалізниці СЗП типу ТЛ-13У. На рис.3 представлені результати обробки статистичних даних за відказами різних

конструктивних модулів таких СЗП, які виявлено під час експлуатації і проведення деповських ремонтів МВРС.

Для оцінювання надійності було використано метод, що ураховує імовірності безвідмовної роботи основних елементів конструкції СЗП. Виконані розрахунки показали, що для струмознімального пристрою типу ТЛ-13У за термін експлуатації в один рік (відповідає пробігу між двома ремонтами, обсягу ПР3) імовірність безвідмовної роботи може зменшитися більше ніж на 50 %.

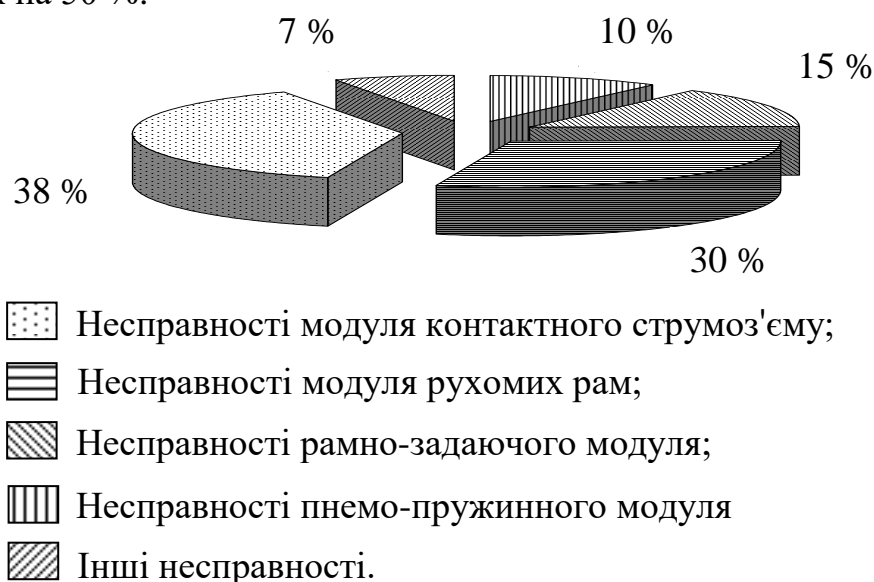


Рис. 3. Розподіл відказів СЗП типу ТЛ-13У за конструктивними модулями

За результатами деповських ремонтів (ПР-3) встановлено наявність суттєвих експлуатаційних деформацій ланок та зносів елементів кінематичних пар механічної системи СЗП, які є ознакою наявності та негативного прояву в конструкції струмознімальних пристроїв надлишкових зв'язків. Тому виявлення і усунення надлишкових зв'язків є одним з перспективних напрямків удосконалення конструкції СЗП. Результати досліджень, що проводились на основі запропонованого підходу до структурного синтезу СЗП, виявили в структурі механічної системи наявність двох надлишкових зв'язків ( $q=2$ ). Запропоновано рішення з усунення цих надлишкових зв'язків, яке базується на заміні, у модулі рухомих рам, гвинтових кінематичних пар V класу на кінематичні пари IV класу конструкція, яких реалізується у вигляді сферичних шарнірів з пальцями.

На наступному етапі були проведені пошукові дослідження, спрямовані на визначення граничних значень швидкостей МВРС для існуючих конструкцій СЗП за умов задовільного струмознімання -  $F_{Ki} \in [F_{K min}; F_{K max}]$ . Встановлено, що для СЗП типів П-1Б і ТЛ-13У такі умови порушуються вже при досягненні електропоїздом швидкостей  $v_{\Pi} \approx 65 \text{ км/год}$  і  $v_{\Pi} \approx 80 \text{ км/год}$  відповідно. Це є суттєвим обмеженням в

використанні таких конструкцій на МВРС при підвищенні швидкостей руху.

Отримані результати обґрунтували необхідність створення нових СЗП, які забезпечують виконання умов задовільного струмознімання при експлуатації МВРС з підвищеними швидкостями руху. З урахуванням сформульованих в першому розділі вимог, конструкція їх механічної системи повинна характеризуватися зменшеною зведеною масою модуля рухомих рам  $m_p$ , незначною кількістю ланок і їх рухомих з'єднань, а також достатньою повздожньою та поперечною жорсткістю.

Наступні дослідження проводились на основі представленого в другому розділі узагальненого алгоритму.

З використанням запропонованої класифікації і відповідних структурних формалізованих описань розроблена патентнозахищена рамно-трапецеїдальна конструкція механічної системи нового СЗП, що відповідає вимогам забезпечення якісного контактного струмознімання в вимогах підвищених швидкостей руху МВРС. На рис.4 представлено розроблену кінематичну схему модуля рухомих рам нового струмознімального пристрою, яка є основою для проведення подальших досліджень.

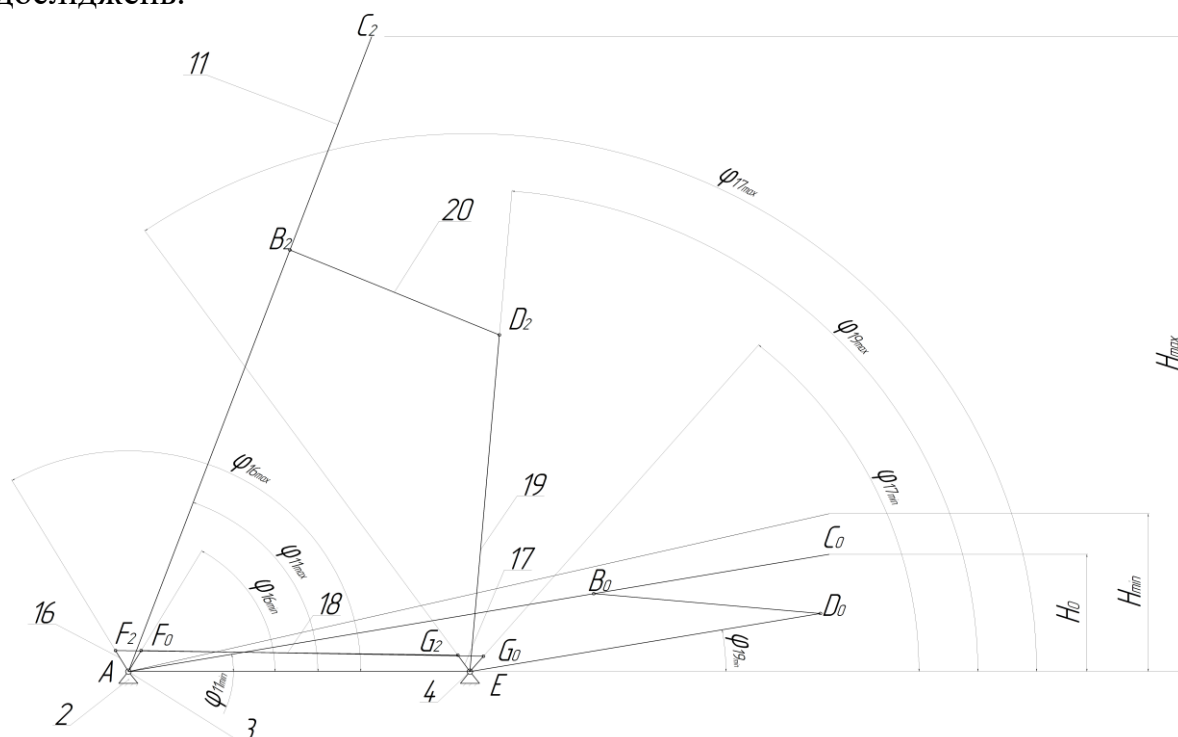


Рис.4. Кінематична схема модуля рухомих рам нового СЗП

Проведено синтез раціональної структури механічної системи нового СЗП. За умов забезпечення відсутності надлишкових зв'язків ( $q=0$ ) були вибрані конструктивні з'єднання ланок, які відповідають наступним кінематичним парам (рис.4): шарнір  $A$  — циліндрична КП IV-го класу (основна рухомисть); шарнір  $E$  — обертова КП V-го класу; шарнір  $B, D$  —

сферична КП III-го класу (місцева рухомість); шарнір  $F, G$  – сферична КП III-го класу (місцева рухомість). Проведено математичне моделювання кінематичних характеристик нового СЗП, за результатами якого визначені кінематичні та силові параметри узагальненої динамічної моделі, яка складає основу комплексної математичної моделі функціонування СЗП.

Виконана розробка конструкції механічної системи СЗП за умов забезпечення міцності при найменших значеннях зведених мас та моментів інерції її ланок та з'єднань. Визначені інерційні ( $m_p, m_n$ ) та силові ( $F_{AP}, F_{APb}, F_T, F_I$ ) параметри динамічної моделі СЗП. Встановлено, що в порівнянні з СЗП типу ТЛ-13У запропонований варіант конструкції забезпечує зменшення зведеної маси на 37%, а зведеної максимальної сили тертя на 60 % .

Проведено математичне моделювання механічних характеристик нового СЗП. Визначення величин контактних натискань  $F_{\hat{E} \min}$  і  $F_{\hat{E} \max}$  в залежності від швидкості руху електропоїзда  $v_{\Pi}$ . Результати представлені на рис.5 у вигляді графіків  $F_{K \min i} = f(v_{\Pi})$  і  $F_{K \max i} = f(v_{\Pi})$ . Видно, що на відміну від СЗП типів П-1Б та ТЛ-13У, новий струмознімальний пристрій забезпечує виконання вимог якісного струмознімання вже до  $v_{\Pi} > 175$  км/год (точка  $A$  перетину кривої  $F_{K \max i} = f(v_{\Pi})$  з обмежувальною ізолінією  $F_{K \max} = 120H$ ). Крім того проведенні дослідження підтвердили, що при подальшій оптимізації конструкції у напрямку зменшення зведеної маси такі СЗП можуть використовуватися при швидкостях руху МВРС 200 км/год і вище.

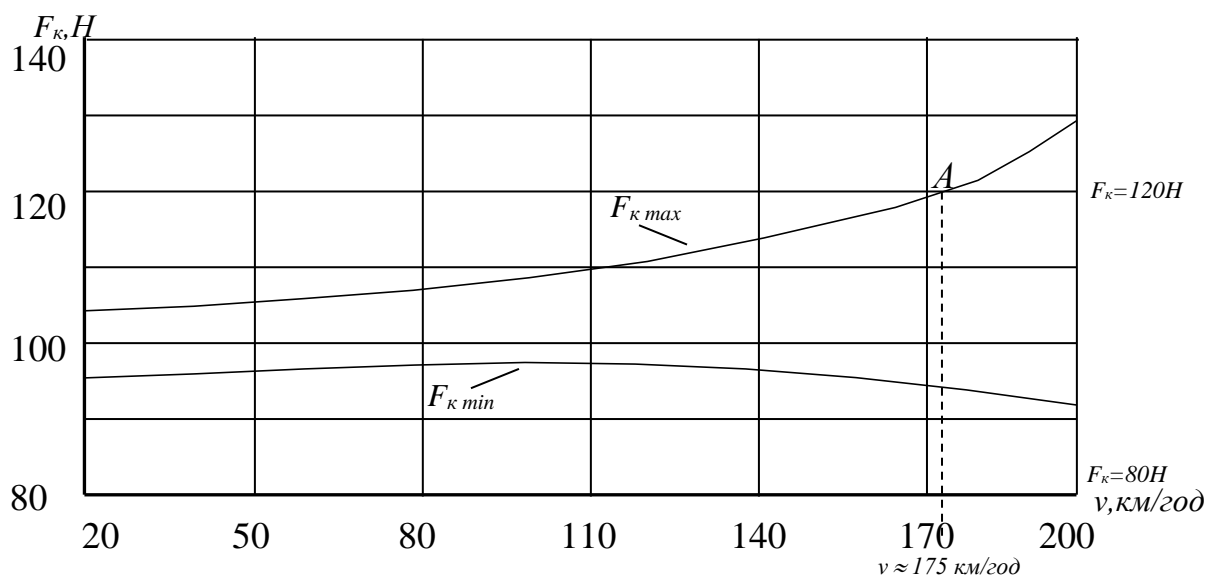


Рис. 5. Графік зміни мінімального і максимального контактних натискань в залежності від швидкості електропоїзда для нового СЗП

Для перевірки і підтвердження результати теоретичних досліджень з визначення основних характеристик функціонування нового СЗП, була виготовлена фізична модель його МС у масштабі 1:2. Отримані значення



статичного натискання, підйомних моментів, поперечної жорсткості та інш. підтвердили результати розрахункових досліджень та працездатність запропонованого варіанту конструкції нового рамно-трапецеїдального СЗП.

Розрахункова оцінка економічної ефективності рекомендацій з удосконалення конструкції струмознімальних пристроїв показала, що при впровадженні запропонованих рішень на експлуатаційному парку МВРС Південної залізниці, розрахунковий річний економічний ефект складає 92780 грн.

## ВИСНОВКИ

Дисертаційне дослідження проведено у відповідності до Державної програми «Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства» і Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2006-2010 роки. Отримані результати дозволяють зробити наведені нижче висновки.

1. Однією з актуальних задач, що вирішується при збільшенні маршрутних швидкостей МВРС залізниць є поліпшення характеристик функціонування СЗП. Це потребує удосконалення їх конструкцій та методів проектування.

2. Механічні системи СЗП, що використовуються на експлуатуємому МВРС характеризуються складністю побудови, містять просторові ланцюги рухомі ланки та їх з'єднання мають суттєві маси і не забезпечують потрібної жорсткості. Це обмежує використання таких СЗП в режимах місцевого та прямого сполучення з підвищеними швидкостями руху. Наведене обґрунтовує необхідність розробки і впровадження сучасних підходів до проектування механічних систем СЗП, що складають основу конструкції струмознімальних пристроїв швидкісного МВРС.

3. При створенні та модернізації існуючих СЗП для швидкісного МВРС доцільно використовувати розроблену в дисертації нову узагальнену класифікацію та структурні формули, які забезпечують складання формалізованих описань відповідних конструкцій.

4. Перспективним напрямком поліпшення експлуатаційних характеристик СЗП є здійснення структурного синтезу їх конструкцій за умов усунення надлишкових зв'язків у відповідних кінематичних ланцюгах їх механічних систем. При цьому доцільно використовувати наведений в роботі удосконалений метод структурного синтезу СЗП.

5. Значну роль при проектуванні сучасних СЗП відіграють методи розрахунку кінематичних та динамічних характеристик їх механізмів. В той же час методи, що використовуються, отримані з розглядання плоских механізмів, не враховують просторові переміщення ланок, а також аеродинамічних впливів з боку зовнішнього середовища. Тому при

проектуванні сучасних СЗП доцільно використовувати уточнені методи визначення таких параметрів.

6. Для визначення кінематичних характеристик просторових механізмів струмознімальних пристроїв доцільно використовувати наведений в роботі уточнений метод з відповідним матричним описанням кінематики механічної системи СЗП. В порівнянні з традиційними метод забезпечує уточнене на 15% визначення кінематичних параметрів. Це має суттєве значення для уточнених розрахунків зведених мас та сил при моделюванні динамічних характеристик СЗП.

7. При математичному моделюванні динамічних характеристик СЗП з використанням уточнених кінематичних параметрів доцільно використовувати запропоновану в роботі динамічну модель. Особливістю моделі є розрахунок і використання змінних значень зведеної маси та сили тертя в зоні контактуючого елемента СЗП з проводом та аеродинамічної підйомної сили. Використання такої моделі забезпечує уточнене (до 30 %) визначення граничних швидкостей руху МВРС за умовами нормального функціонування механічних систем СЗП при підвищених швидкостях руху.

8. Встановлено, що імовірність безвідмовної роботи механічної системи найбільш розповсюджених на МВРС Укрзалізниці СЗП типу ТЛ-13У, за період експлуатації один рік, може зменшуватися більше ніж на 50 %. При цьому одним з можливих шляхів її підвищення є використання запропонованої в роботі МС з раціональною (без надлишкових зв'язків) структурою.

9. При вирішенні питань, пов'язаних з необхідністю підвищення швидкостей руху МВРС, доцільно використовувати отримані в роботі значення граничних (за умовами якісного струмознімання) швидкостей: для СЗП типів П-1Б вона складає  $v_{II} \approx 65$  км/год; для СЗП типу ТЛ-13У –  $v_{II} \approx 80$  км/год.

10. При створенні нових СЗП для швидкісного МВРС доцільно використовувати наведені в роботі структурні формули і відповідні формалізовані описання конструкції механічної системи струмознімальних пристроїв. Для МВРС зі швидкостями руху більше 160 км/год може бути використано розроблена нова патентозахищена рамно-трапецеїдальна конструкція СЗП.

11. Впровадження запропонованих в дисертації рішень на експлуатаційного парку МВРС Південної залізниці дозволяє отримати розрахунковий річний економічний ефект у розмірі 92780 грн.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Основні*

1. Павшенко А.В. Удосконалення конструкції струмознімальних пристроїв електрорухомого складу залізниць / В.І. Мороз, О.В. Братченко, А.В. Павшенко // Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – № 76. – С 170-176.

2. Павшенко А.В. Модульно-декомпозиційна класифікація струмознімальних пристроїв сучасного електричного тягового рухомого складу залізниць / В.І. Мороз, Н.П. Карпенко, А.В. Павшенко // Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – № 86. – С 114-121.

3. Павшенко А.В. Моделювання експлуатаційних характеристик струмознімальних пристроїв сучасного електричного тягового рухомого складу при підвищених швидкостях руху / В.І. Мороз, Н.П. Карпенко, А.В. Павшенко // Інформаційно-керуючі системи на зал. транспорті. – 2008. – Вип. 3 (71). – С 66 – 68.

4. Павшенко А.В. Уточнена методика розрахунку контактного натискання струмознімальних пристроїв електротягового рухомого складу / А.В. Павшенко // Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – № 88. – С 140-148.

5. Павшенко А.В. Нова рамно-трапецеїдальна конструкція струмознімального пристрою для швидкісного електротягового рухомого складу / В.І. Мороз, О.В.Братченко, А.В. Павшенко // Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – № 96. – С 24-30.

6. Павшенко А.В. Удосконалення методів розрахунку механічних характеристик струмознімальних пристроїв сучасного моторвагонного рухомого складу / В.І. Мороз, О.В.Братченко, А.В. Павшенко // Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – № 107. – С 163-173.

7. Пат. 85140 Україна, МПК В 60 L 5/00, В 60L 5/18. Струмознімний пристрій / Мороз В.І., Братченко О.В., Павшенко А.В.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. - № а200706728; заявл. 15.06.2007; опубл. 25.12.2008, Бюл. №24.

### *Додаткові*

1. Дослідження характеристик функціонування механізмів токоз'ємних пристроїв при підвищених швидкостях руху електровозів: звіт про НДР (заключний) / УкрДАЗТ. – № ДР 0108U000075. – К., 2007. – 83 с.

2. Павшенко А.В. Особливості визначення зведених інерційних та силових параметрів динамічної моделі струмознімальних пристроїв електротягового рухомого складу / В.І. Мороз, А.В. Павшенко // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XVI міжнародна науково-практична конференція, 4-6 червня 2008 р. “microCAD” НТУ “ХПІ”: тези доп. – Харків, 2008 – С. 173

3. Павшенко А.В. Оцінка експлуатаційної надійності струмознімальних пристроїв моторвагонного рухомого складу / В.І. Мороз, А.В. Павшенко // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XVII міжнародна науково-практична конференція, 20-22 травня 2009 р. “microCAD” НТУ “ХПІ”: тези доп. – Харків, 2009 – С. 211

4. Павшенко А.В. Дослідження механічних характеристик струмознімального пристрою типу ТЛ-13У при підвищених швидкостях

руху моторвагонного рухомого складу / А.В. Павшенко, Н.П. Карпенко, О.В. Бурлуцький // Materiály v mezinárodní vědecko-praktická konference “DNY VĚDY - 2009” 27 března – 05 dubna 2009 roku. Díl 17. Technické vědy. Matematika.: - Praha, 2009. – С. 54-56.

### АНОТАЦІЯ

Павшенко А.В. Удосконалення методів проектування конструкції струмознімальних пристроїв моторвагонного рухомого складу підвищеної швидкості. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів; Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2009.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі – поліпшення характеристик функціонування струмознімальних пристроїв моторвагонного рухомого складу за рахунок удосконалення конструкції їх механічних систем на основі використання нових методів проектування.

Науково обґрунтовані перспективні напрямки удосконалення конструкції та методів проектування струмознімальних пристроїв для сучасного моторвагонного рухомого складу. Розроблено нову узагальнену класифікацію та структурні формули для описання конструкції СЗП, які є основою для проведення структурного синтезу їх механічних систем. Складено матричне описання кінематики просторових механізмів струмознімальних пристроїв на основі методу перетворення координат. Обґрунтований варіант удосконалення конструкції механічної системи найбільш розповсюдженого на МВРС Укрзалізниці струмознімального пристрою типу ТЛ-13У. Запропоновано нову патентозахищену рамно-трапецеїдальну конструкцію струмознімального пристрою, впровадження якого забезпечує виконання умов якісного струмознімання при підвищених швидкостях МВРС.

Ключові слова: моторвагонний рухомий склад, струмознімальний пристрій, механічна система, структурний синтез, умови якісного струмознімання.

### АНОТАЦІЯ

Павшенко А.В. Усовершенствование методов проектирования конструкции токосъемных устройств моторвагонного подвижного состава повышенной скорости. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов; Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2009.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-практической задачи – улучшению характеристик функционирования токосъемных устройств моторвагонного подвижного состава за счет

усовершенствования конструкции их механических систем на основе использования новых методов проектирования.

Показано, что одной из актуальных задач, которые решаются при увеличении маршрутных скоростей электропоездов, является улучшение характеристик функционирования ТСУ. Решение такой задачи связано с необходимостью усовершенствования их конструкций и методов проектирования. Анализ конструкторской документации выявил, что механические системы ТСУ, используемых на эксплуатируемом МВПС, характеризуются сложностью строения, содержат пространственные цепи, подвижные звенья и кинематические пары которых имеют существенные массы и не обеспечивают необходимой жесткости. Это обосновало необходимость разработки и внедрения современных подходов к проектированию МС токосъемных устройств, которые составляют основу конструкции ТСУ скоростного МВПС.

Разработана новая обобщенная классификация ТСУ и структурные формулы, которые обеспечивают составление формализованных описаний соответствующих конструкций при выполнении разработок по созданию новых или модернизации существующих токосъемных устройств. Представлен усовершенствованный метод структурного синтеза конструкций ТСУ по условию устранения избыточных связей в соответствующих кинематических цепях их МС.

Показано, что существенная роль при проектировании современных ТСУ отводится методам расчета кинематических и динамических характеристик их механизмов. Известные же методы основаны на рассмотрении плоских механизмов и не учитывают пространственные перемещения звеньев, а также аэродинамические воздействия со стороны окружающей среды. Для расчета кинематических характеристик пространственных механизмов токосъемных устройств разработан уточненный метод преобразования координат с соответствующим матричным описанием кинематики механической системы ТСУ, который по сравнению с традиционными обеспечивается уточнение кинематических параметров на 15%. Это имеет существенное значение для расчетов приведенных масс и сил при моделировании динамических характеристик ТСУ. Для осуществления математического моделирования динамических характеристик ТСУ при уточненных кинематических параметрах предложена динамическая модель, особенностью которой является учет переменных значений приведенной массы и силы трения в зоне контактного токосъема и аэродинамической подъемной силы. Использование такой модели обеспечивает уточненное (до 30 %) определение предельных скоростей движения МВПС по условиям нормального функционирования МС ТСУ при повышенных скоростях движения.

Установлено, что при эксплуатации наиболее распространенных на МВПС Укрзализныци ТСУ типа ТЛ-13У вероятность безотказной работы его МС понижается более чем на 50 %. Проведение структурного синтеза, направленного на усовершенствование конструкции механической системы, позволяет повысить основные показатели надежности ТСУ. При

решении задач повышения скоростей движения МВПС целесообразно использовать полученные результаты диссертационных исследований по определению предельных по условиям качественного токосъема скоростей для ТСУ типов П-1Б та ТЛ-13У. Так для ТСУ типа П-1Б такая скорость составляет  $v_{\text{П}} \approx 65$  км/час, для ТСУ типа ТЛ-13У –  $v_{\text{П}} \approx 80$  км/час. Показано, что для МВПС со скоростями движения более 160 км/час может быть использована разработанная новая патентозащищенная рамно-трапецеидальная конструкция ТСУ, исследования которой на физической модели подтвердили ее работоспособность с обеспечением соответствующих эксплуатационных характеристик.

Оценка экономической эффективности рекомендаций по усовершенствованию конструкции ТСУ показала, что внедрение предложенных решений на эксплуатационном парке МВПС Южной железной дороги обеспечит годовой экономический эффект в размере 92780 грн.

Ключевые слова: моторвагонный подвижной состав, токосъемное устройство, механическая система, структурный синтез, условия качественного токосъема.

#### THE SUMMERY

Pavshenko A.V. Improvement of the methods of the designing to designs current-collecting devices multiple-unit rolling stock raised to velocities. - the Manuscript.

The dissertation on competition of scientific degree of a Cand.Tech.Sci. by speciality 05.22.07 - a rolling stock of railways and hauling operations; the Ukrainian state academy of a railway transport, Kharkov, 2009.

Dissertational work is devoted to the solution of an actual scientifically-practical problem – uprating of functioning of the current-collecting devices for multiple-unit rolling stock due to improvement of a design of their mechanical systems on basis of use of new methods of designing.

Perspective directions of improvement of a design and designing methods of the current-collecting devices for modern multiple-unit rolling stock are scientifically proved.

New generalised classification and structural formulas for the description of design of the current-collecting devices are developed which are a basis for conducting of structural synthesis of their mechanical systems.

The matrix description of kinematics of spatial current-collecting devices on the basis of a method of transformation of co-ordinates is made. The variant of improvement of design of mechanical system for the most widespread current-collecting devices in UkrZalznitsya's multiple-unit rolling stock - type ТЛ-13У is proved.

New patented frame-trapezoidal construction of the current-collecting devices is offered. Its introduction provides fulfillment of conditions of the qualitative current pickup at the raised speeds.

Keyword: multiple-unit rolling stock, current-collecting device, mechanical system, structure synthesis, conditions of qualitative current pickup.

**Павшенко Андрій Васильович**

УДК 629.423.33

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ  
СТРУМОЗНІМАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ СУЧАСНОГО  
МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

к.т.н., доц. Логвіненко О.А.

---

Підписано до друку «17» лютого 2010 р. формат паперу А5  
Папір для тиражу вальних апаратів, друк на різнографі  
Умовн.-друк арк. 0,9 Обл.-вид. арк. 1,1  
Замовлення № 80, тираж 100 прим.

---

Видавництво УкрДАЗТу. Свідоцтво ДК № 2874 від 12.06.2007р.  
Друкарня УкрДАЗТу:61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7