

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

Біленький Андрій Іванович

УДК 629.424.2:62-55

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ
ШВИДКОСТІ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДІВ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2008

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, завідувач кафедри "Механіка і проектування машин"

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор
Бабанін Олександр Борисович,
Українська державна академія залізничного транспорту,
кафедра "Експлуатація і ремонт рухомого складу", професор

- кандидат технічних наук
Кашуба Володимир Іванович,
ВАТ ХК "Луганськтепловоз"
директор ІСЦ "Лугтранспорт"

Захист відбудеться «29» травня 2008 р. о 13³⁰ 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 «_____» _____ 200__ р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ

Займаючи провідне місце в транспортній системі України, залізничний транспорт залишається одним з найкрупніших споживачів паливно-енергетичних ресурсів. Тому розробка ефективних заходів із зменшення їх витрат являється пріоритетним напрямком зниження загальної собівартості перевізного процесу залізниць.

Враховуючи, що до 2010 р. обсяги пасажирських перевезень в приміському сполученні залишаються суттєвими (в тому числі на не електрифікованих ділянках залізниць), актуальною постає задача з забезпечення високого рівня техніко-економічних показників дизель-поїздів (ДП) інвентарного парку Укрзалізниці.

Незважаючи на те, що на базі магістральних тепловозів 2М62У і 2ТЕ116 розроблені і впроваджені в експлуатацію ДП серій ДПЛ1 і ДПЛ2, створено принципово нові моделі дизель-поїздів ДЕЛ-01 та ДЕЛ-02 (Холдингова компанія «Луганськтепловоз»), для здійснення пасажироперевезень у внутрішньорегіональних сполученнях і в сполученнях з пересадними станціями магістральних ліній планується подальше використання ДП, значна частина яких функціонує у наднормативний термін. Такий стан обумовлює актуальність науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, спрямованих на забезпечення відповідного рівня техніко-економічних показників, особливо дизель-поїздів з гідروпередачею, що знаходяться в експлуатації на мережі залізниць України.

Актуальність теми

Проведені наукові дослідження в Українській державній академії залізничного транспорту та досвід експлуатації дизель-поїздів серій ДР1А і Д1 з гідропередачею показали, що одним з перспективних напрямків досягнення високого рівня експлуатаційних показників ДП при їх роботі в приміському сполученні є поліпшення їх розгінних характеристик за рахунок скорочення часу на розгін поїзда при зрушенні і наборі швидкості, особливо за початковими позиціями контролера машиніста. При цьому одним з раціональних рішень такої задачі є модернізація механізмів системи регулювання швидкості (СРШ) локомотивної енергетичної установки. Тому наукове обґрунтування рекомендацій з удосконалення конструкції механічної системи СРШ з метою реалізації виділеного напрямку на дизель-поїздах з гідропередачею, що знаходяться в експлуатації, являє собою актуальну науково-практичну задачу.

Дисертація виконана у відповідності до Державної програми "Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства", що введена в дію Постановою Кабінету Міністрів України від 2 червня 1998 р. №769, та Концепції

Державної програми реформування залізничного транспорту України, що схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 р. N 651-р.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Наукові результати дисертаційної роботи отримані при виконанні планів держбюджетної теми: "Розробка нової концепції і методів удосконалення механічних систем локомотивних енергетичних установок з метою поліпшення експлуатаційних характеристик" (ДР 0107U000341).

Мета і завдання дослідження

Метою роботи є вирішення науково-прикладної задачі – поліпшення паливної економічності дизель-поїздів за рахунок удосконалення конструкції системи регулювання швидкості.

Досягнення поставленої мети визначило такі основні задачі:

- розробити функціональні схеми систем регулювання швидкості дизель-поїздів, що експлуатуються на залізницях України, та виконати аналіз їх конструктивних особливостей;
- розрахувати тягові характеристики для серійної СРШ за окремими позиціями контролера машиніста для всього діапазону їх зміни, з урахуванням умов експлуатації дизель-поїздів ДР1А;
- обґрунтувати ефективні напрямки поліпшення показників дизель-поїздів ДР1А на основі завдання нової ефективної характеристики СРШ, що ураховує умови експлуатації ДП в режимі приміського сполучення;
- скласти функціональну схему СРШ дизель-поїзда ДР1А і на її основі розробити кінематичні схеми відповідних передаточних механізмів;
- розробити формалізоване описання характеристик функціонування СРШ дизель-поїзда ДР1А і їх зв'язків з кінематичними та динамічними характеристиками передаточних механізмів;
- визначити раціональні параметри механізму управління регулятором частоти обертів, при яких досягається нова настройка СРШ і забезпечується виконання вимог експлуатаційної надійності елементів її механічної системи; розробити відповідну конструкторсько-технологічну документацію для їх виготовлення;
- доопрацювати методику контролю відсутності буксування колісних пар дизель-поїзда за швидкостемірною стрічкою;
- провести комплексні експлуатаційні дослідження з визначення ефективності запропонованих технічних рішень на силових установках моторних вагонів ДП і визначити економічну ефективність від впровадження модернізованої СРШ дизель-поїзда ДР1А.

Об'єкт дослідження – процес регулювання швидкості дизель-поїздів в експлуатації.

Предмет дослідження – конструкція механізмів системи регулювання швидкості силових установок дизель-поїздів.

Методи дослідження:

- при отриманні тягових характеристик дизель-поїздів ДР1А, що знаходяться в експлуатації, за окремими позиціями контролера машиніста (ПКМ) використовувались аналітичні методи дослідження гідравлічних передач тепловозів;

- при проведенні порівняльних тягових розрахунків використовувались методи теорії локомотивної тяги;
- при складанні кінематичних схем механізмів СРШ використовувались методи теорії механізмів і машин;
- при розробці математичного описання кінематики ланок механізмів СРШ використовувались методи теоретичної механіки, теорії механізмів і машин і методи математичного аналізу;
- при визначенні раціональних параметрів ланок важільного механізму управління регулятора частоти обертів (РЧО) використовувались методи структурного аналізу механізмів, теорії оптимізації та математичного планування експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів

У роботі отримані наступні нові наукові результати:

Вперше:

- встановлені особливості перетворення руху взаємопов'язаних механізмів СРШ дизель-поїзда ДР1А на основі розробленої функціональної схеми;
- розроблена комплексна кінематична схема механічної системи СРШ дизель-поїзда ДР1А;
- представлено формалізоване описання характеристик функціонування СРШ дизель-поїзда ДР1А і їх зв'язків з кінематичними та динамічними характеристиками передаточних механізмів, які досліджувались на основі отриманих нових математичних залежностей;
- розроблено математичне описання задачі оптимізації геометричних параметрів важільного механізму управління регулятором частоти обертів дизеля силової установки

Дістало подальшого розвитку:

- наукове обґрунтування доцільності та можливості поліпшення показників дизель-поїздів ДР1А за рахунок удосконалення конструкції механізмів системи регулювання швидкості;
- система залежностей тягових характеристик, розрахованих за окремими позиціями контролера з урахуванням умов експлуатації дизель-поїздів.

Практичне значення одержаних результатів:

- розроблено методичне забезпечення для проведення тягових розрахунків на основі отриманих тягових характеристик дизель-поїздів ДР1А за окремими позиціями контролера машиніста для всього діапазону їх зміни;
- запропоновано варіант удосконалення конструкції важільного механізму керування РЧО дизеля М756Б, який апробовано з позитивним результатом в локомотивному депо Полтава;
- матеріали дисертаційної роботи орієнтовані на використання при створенні нових і модернізації існуючих СРШ силових установок дизель-поїздів, а також у навчальному процесі (у складі відповідних дисциплін) при підготовці спеціалістів і магістрів за спеціальністю «Рухомий склад та

спеціальна техніка залізничного транспорту» і «Теплоенергетика» (про що свідчать акти впровадження).

Результати роботи підтверджуються відповідними актами та матеріалами впровадження.

Особистий внесок здобувача

У працях, які написані у співавторстві, дисертанту належить:

[1] – здобувачем досліджені особливості функціонування основних модулів конструкції регулятора типу 4-7РС-2, запропонований варіант функціональної схеми; [2] – здобувачем розроблена функціональна схема системи регулювання швидкості дизель-поїзду ДР1А, а також проведені дослідження особливостей функціонування важільних передаточних механізмів; [3] – здобувачем отримані аналітичні залежності для розрахунку кінематичних характеристик ланок важільного механізму на основі методу проєкцій замкнених векторних контурів на координатні осі; [4] – здобувачем розроблено кінематичну схему механізму електропневматичного модуля перетворень, запропоновані аналітичні описання для розрахунків положень вихідного важеля відповідно до встановленої позиції контролера машиніста; [5] – здобувачем розроблено кінематичну схему важільного механізму управління РЧО дизеля М756Б, а також аналітичне описання закономірностей руху його ланок; [6] – здобувачем отримані універсальні характеристики гідротрансформаторів ТП1000М для моделювання тягових характеристик дизель-поїздів ДР1А за окремими позиціями контролера для всього діапазону їх зміни.

Апробація результатів дисертації.

Основні матеріали і результати дисертаційної роботи доповідалися й отримали схвалення на 1 міжнародному з'їзді і 6 міжнародних науково-технічних конференціях:

- міжнародній науково-практичній конференції “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я” (Україна, м. Харків, 2004 р.);

- другому міжнародному з'їзді з теорії механізмів і машин (Україна, м. Харків, 2005);

- 66-й, 67-й, 68-й та 69-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр академії та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств (Україна, м. Харків, 2004, 2005, 2006, 2007 рр.);

- міжнародній науково-технічній конференції «Рухомий склад і безпека руху на транспорті» (Україна, м. Харків, 2007 р.)

Основні положення дисертації доповідались на кафедрах «Механіка і проектування машин» і «Експлуатація та ремонт рухомого складу» з 2004 по 2007 р., повністю дисертація доповідалась в 2007 р. на розширеному засіданні кафедри «Механіка і проектування машин» Української державної академії залізничного транспорту.

Публікації Результати дослідження опубліковані в 7 статтях у фахових виданнях, затверджених ВАК України.

Структура і обсяг роботи Дисертаційна робота має вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел з 105 найменувань і додатки. Повний обсяг дисертації складає 172 сторінки, в тому числі 104 сторінок основного тексту, 11 таблиць, 39 рисунків, 7 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 систем регулювання швидкості дизель-поїздів.

Аналіз робіт відомих вітчизняних вчених Бабаніна О.Б., Басова Г.Г., Блохіна С.П., Браташа В.О., Бодняра Б.С., Володіна О.І., Голубенко О.Л., Кельдріха М.Б., Коссова Є.Є., Кудряша А.П., Мороза В.І., Тартаковського Е.Д., Четвергова В.А. та інших показав, що дослідження, спрямовані на поліпшення техніко-економічних показників дизель-поїздів за рахунок удосконалення конструкції їх СРШ, є актуальними.

Розглянуті існуючі системи регулювання швидкості, що застосовуються на дизель-поїздах інвентарного парку Укрзалізниці та перспективних дизель-поїздах виробництва Холдингової компанії «Луганськтепловоз». Проаналізовані обсяги робіт дизель-поїздів ДР1А та обґрунтована актуальність науково-дослідних робіт в напрямку поліпшення паливної економічності при експлуатації таких ДП в режимі приміського сполучення за рахунок удосконалення характеристик функціонування СРШ.

На основі урахування дійсних умов експлуатації дизелів М756Б і характеристик гідротрансформаторів ТП1000М для серійної настройки СРШ вперше з використанням запропонованого методичного підходу отримані тягові характеристики дизель-поїздів ДР1А за окремими ПКМ для всього діапазону $i=2...16$.

На основі завдання нової настройки СРШ, при якій для ПКМ в діапазоні $i=2...6$, що відповідає експлуатації ДП в режимі приміського сполучення, досягаються підвищені (у порівнянні з серійною настройкою СРШ на 5...8 % за зазначеними ПКМ) частоти обертання колінчатого валу n_{KB} дизеля М756Б (табл.1). Для нової настройки СРШ отримані тягові характеристики дизель-поїзда ДР1А за окремими ПКМ.

Співставлення результатів тягових розрахунків, проведених для реальних ділянок експлуатації з використанням отриманих матеріалів (рис.1) показали, що при новій настройці СРШ суттєво (на 15%) збільшується час руху ДП в режимі вибігу. На 12% підвищується рівень початкових прискорень ДП, що наближається до встановлених вимог до рівнів цього показника для дизель-поїздів.

Зміна частоти обертів колінчастого валу дизеля М756Б
для серійної та нової настройки СРШ дизель-поїзду ДР1А

i , ПКМ	2	3	4	5	6
$n_{квi}$, об/хв (серійна настройка СРШ)	800	850	900	950	1000
$n_{квgip_i}$, об/хв (нова настройка СРШ)	840	920	980	1020	1080

При цьому аналіз отриманих характеристик руху ДП ДР1А показав, що нова настройка задовольняє умові дотримання максимального прискорення ДП, а також в порівнянні зі штатною настройкою збільшує величину на 12%.

Обґрунтовано, що забезпечення нової настройки за рахунок удосконалення характеристик функціонування важільних механізмів СРШ є перспективним напрямком поліпшення паливної економічності дизель-поїздів ДР1А при їх експлуатації в режимі приміського сполучення.

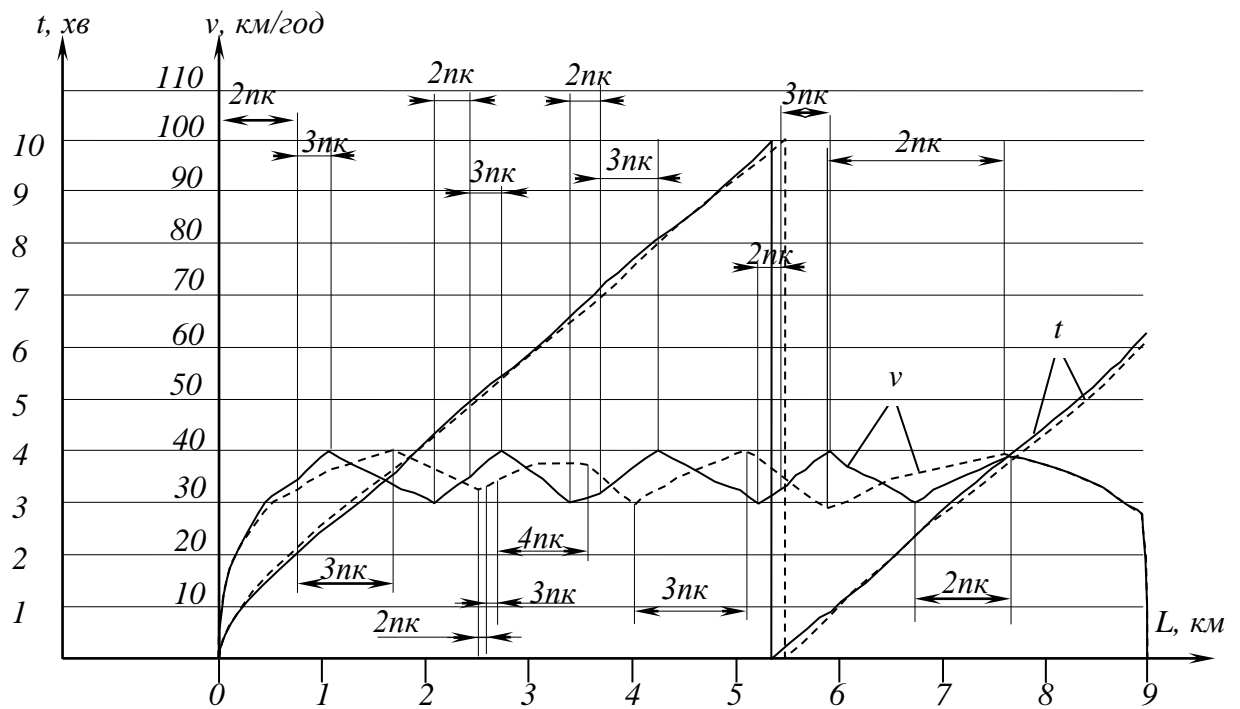


Рис.1. Характеристики руху дизель-поїзда ДР1А із серійною (-----) і новою (—) настройками СРШ.

На основі аналізу науково-технічної літератури і конструкторської документації розроблена функціональна схема СРШ дизель-поїздів ДР1А, яка дає можливість проведення подальших досліджень з поліпшення характеристик функціонування СРШ при забезпеченні умов експлуатаційної надійності деталей їх механічної системи.

У другому розділі виконувалась розробка методичного забезпечення оптимізаційного проектування механізмів СРШ дизель-поїзда ДР1А.

З використанням функціональної схеми СРШ дизель-поїзда ДР1А розроблена кінематична схема пневмомеханічного елемента (ПМЕ) електропневматичного модуля перетворень (рис.2) на основі якої отримані формули (1)...(4) і виконані розрахунки з визначення поточних величин лінійного переміщення вихідної ланки ПМЕ в залежності від встановленої позиції контролера машиніста $a_j = f(i)$ - узагальненої координати в дослідженнях кінематики механізму управління РЧО.

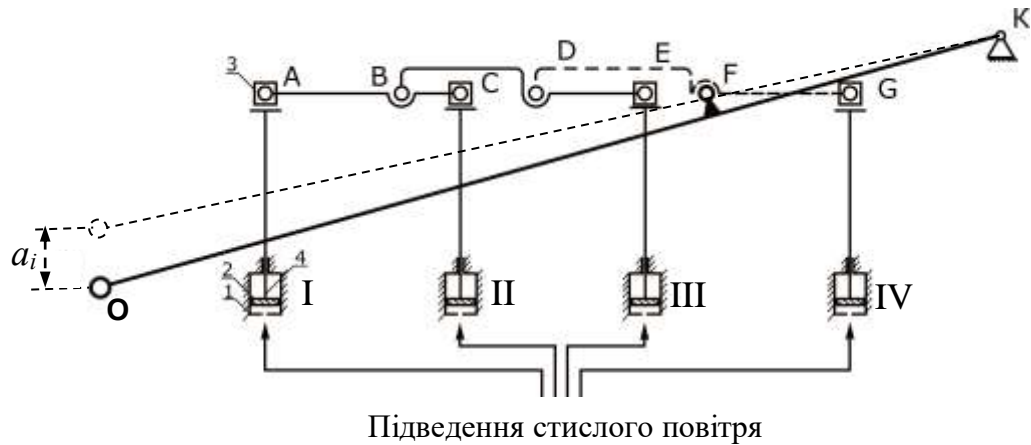


Рис.2. Кінематична схема пневмомеханічного елемента електропневматичного модуля перетворень СРШ:

- 1 – корпус пневмоциліндра;
- 2 – поршень;
- 3 – ролик;
- 4 – штовхач;
- ABC – важіль;
- BDE, DFG – вильчаті важелі;
- OFK – вихідний важіль;
- F – з'єднання важелів DFG і OFK

Для пневмоциліндра I

$$a_I = S_{ШТ} \cdot \frac{L_{BC} \cdot L_{DE} \cdot L_{FG} \cdot L_{OK}}{L_{AC} \cdot L_{BE} \cdot L_{DG} \cdot L_{GK}}. \quad (1)$$

Для пневмоциліндра II

$$a_{II} = S_{ШТ} \cdot \frac{L_{BA} \cdot L_{DE} \cdot L_{FG} \cdot L_{OK}}{L_{AC} \cdot L_{BE} \cdot L_{DG} \cdot L_{GK}}. \quad (2)$$

Для пневмоциліндра III

$$a_{III} = S_{ШТ} \cdot \frac{L_{DB} \cdot L_{FG} \cdot L_{OK}}{L_{BE} \cdot L_{DG} \cdot L_{GK}}. \quad (3)$$

Для пневмоциліндра IV

$$a_{IV} = S_{ШТ} \cdot \frac{L_{FD} \cdot L_{OK}}{L_{DG} \cdot L_{GK}}. \quad (4)$$

При роботі механізму на різних ПКМ ($i = 2...16$), коли одночасно можуть спрацьовувати декілька пневмоциліндрів, лінійні переміщення a_i визначаються як сума переміщень a_j діючих циліндрів

$$a_i = \sum_{j=1}^4 a_j. \quad (5)$$

На основі аналізу конструкторської документації розроблена кінематична схема шестиланкового важільного механізму управління РЧО з визначенням закономірностей руху ланок, а також числа і класу кінематичних пар (рис.3).

Відповідно до будови важільного механізму управління РЧО, його геометричних параметрів, отримано єдине математичне описання для моделювання кінематичних характеристик його вихідної ланки – важеля 5, зміна положення якого $\varphi_{5i} = f(a_i)$ визначає керуючий вплив на частоту обертання колінчатого валу (КВ) n_{KB} дизеля силової установки

$$\begin{aligned} \varphi_{5i} = \varphi_{5_0} + \Delta\varphi_{5i} = m\pi + \\ + (-1)^m \cdot \arcsin \frac{k_1^2 + k_2^2 + L_{ED}^2 - L_{CD}^2}{2 \cdot L_{ED} \cdot \sqrt{k_1^2 + k_2^2}} - \gamma_3 - \delta, \end{aligned} \quad (6)$$

де m – величина, що підбирається за умови отримання значень кутів $0 \leq \Delta\varphi_5 \leq \pi/2$.

φ_{5_0} – початкове кутове положення важеля 5, що відповідає 0-й і 1-й ПКМ;

$\Delta\varphi_{5i}, k_1, k_2, \gamma_3, \delta$ - поточні значення складових геометричних параметрів ланок механізму управління РЧО, які визначаються в залежності від вхідної лінійної координати a_i (встановленої ПКМ).

За розробленим математичним описанням проведені розрахунки величин частоти обертання колінчатого валу n_{KB} дизеля силової установки в залежності від поточного положення φ_{5i} важеля 5.

Отримані результати склали базу для проведення подальших теоретичних досліджень з визначення раціональних геометричних параметрів механізму управління РЧО, які для ПКМ в діапазоні $i = 2...6$ забезпечують досягнення і підтримку потрібних частот обертання n_{KB} дизеля силової установки при виконанні умов надійності складових важільних механізмів СРШ.

При проведенні досліджень з визначення раціональних параметрів механізмів СРШ урахувалось, що в експлуатації ДП серії ДР1А найбільшому зносу в конструкції механізму управління РЧО підлягають елементи ланок 3 і 6, що утворюють кінематичну пару B_5 (рис.3).

Тому на першому етапі досліджень з використанням запропонованої проф. Л.М. Решетовим методики виконувалась перевірка наявності надлишкових зв'язків в контурі BCDE кінематичного ланцюга механізму

управління РЧО. При цьому, результати проведених досліджень засвідчили про відсутність в механізмі управління РЧО надлишкових зв'язків ($q=0$).

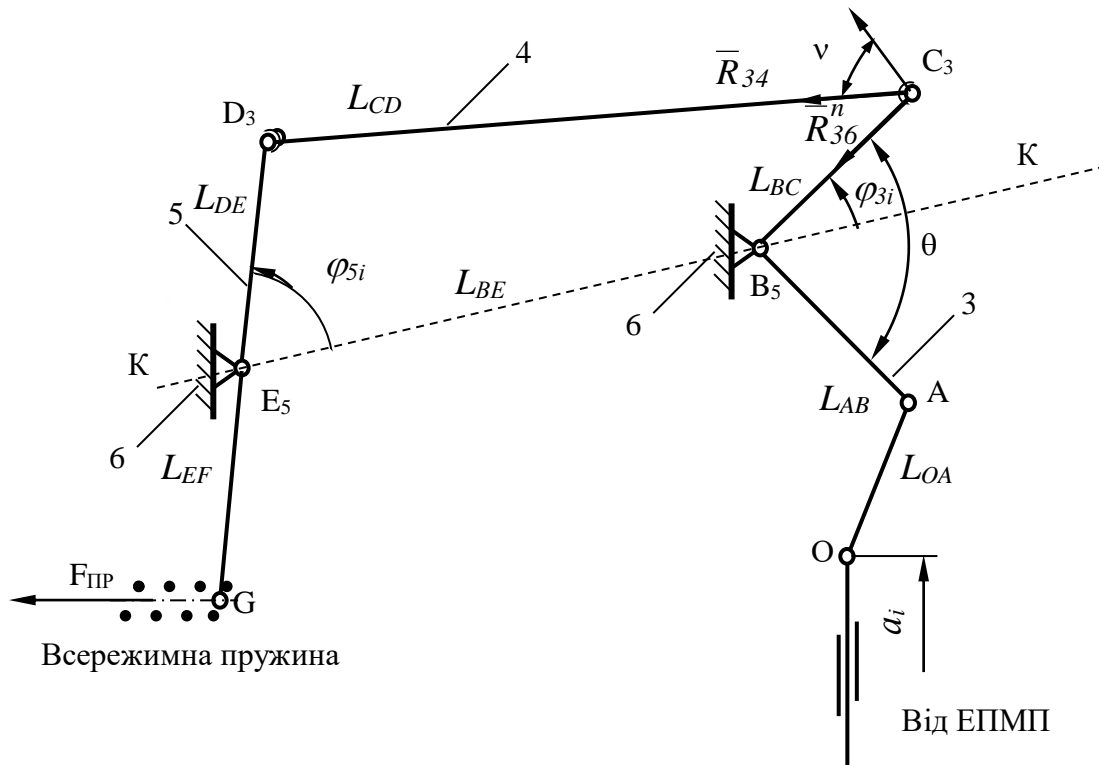


Рис. 3. Кінематична схема механізму управління РЧО дизеля М756Б

Таким чином при проведенні подальших досліджень урахувалось, що зниження інтенсивності зношення елементів кінематичної пари B_5 можливо забезпечити за рахунок зниження навантаження R_{36}^n (мінімізації поточних величин відповідного кута тиску ν) за рахунок раціональної зміни кута θ розвалу плечей і довжини плеча L_{BC} важеля 3 (рис.3).

Другий етап досліджень передбачав формалізацію задачі оптимізації геометричних параметрів ланок механізму управління регулятором частоти обертів за умовами поліпшення характеристик функціонування СРШ дизеля М756 Б.

Зважаючи на викладене вище, модернізована конструкція механізму управління РЧО на кожній ПКМ (для режимів приміського руху дизель-поїзда - $i = 2 \dots 6$), повинна забезпечувати:

- мінімальні величини кутів тиску ланки 3 на ланку 4 ν_{imin} (рис.3);
- досягнення та підтримання потрібної частоти обертання КВ дизеля
- $n_{KBi} \geq n_{KBgipi}$.

При цьому слід урахувувати, що величина номінальної частоти обертання КВ дизеля $n_{KBmax} = 1500$ об/хв визначає обмеження граничного положення важеля 5 - $\varphi_{5max} \leq 68^\circ$.

Таким чином мету дослідження склав вибір з визначених інтервалів

варіювання кута розвалу плечей $\theta=80^0 \dots 200^0$ і довжини плеча BC $L_{BC} = 40 \dots 60$ мм важеля 3 таких значень θ^* і L_{BC}^* , при яких би для кожної ПКМ в діапазоні $i = 2 \dots 6$ забезпечувалися мінімальні величини абсолютних значень кутів тиску ланки 3 на ланку 4 $|v_i| = |v_{imin}|$ при досягненні та підтриманні потрібної частоти обертання КВ дизеля - $n_{KBi} \geq n_{KBgipi}$ (табл. 1), а також виконанні обмеження за величиною граничного положення важеля 5 $\varphi_{5max} \leq 68^0$.

Відповідно до цього вибір раціональних геометричних параметрів зазначених ланок механізму управління РЧО розглядався як задача багатомірної оптимізації, при розв'язанні якої (для кожної з ПКМ в діапазоні $i = 2 \dots 6$) величина кута тиску ланки 3 на ланку 4 $|v_i|$ обрана в якості основного критеріального показника, потрібна частота обертання КВ дизеля n_{KBgipi} і обмеження граничного положення важеля 5 $\varphi_{5max} \leq [\varphi_{5max}]$ урахувалися у вигляді функціональних обмежень (реалізація процедури згортання векторного критерію), а обрані інтервали варіювання кута розвалу плечей θ і довжини плеча BC L_{BC} важеля 3 – у вигляді параметричних обмежень.

Математичний запис задачі, що розглядається приймає вид

$$\begin{aligned} |v|(\theta^*, L_{BC}^*) &\Rightarrow |v_{min}|; \\ \theta^*, L_{BC}^* &\in D_x \in D, \end{aligned} \quad (7)$$

де $|v|(\theta^*, L_{BC}^*)$ - мінімальне для кожної i -ї ПКМ значення абсолютної величини кута тиску v при заданих інтервалах варіювання змінних θ і L_{BC} з урахуванням функціональних обмежень за частотою обертання КВ $n_{KBi} \geq n_{KBgipi}$;

θ^*, L_{BC}^* - оптимальні значення параметрів θ, L_{BC} , які вибираються в зоні допустимих рішень D_x , яка належить зоні можливих рішень D .

При цьому область можливих рішень, що визначається інтервалами варіювання змінних параметрів θ та L_{BC}

$$D = \left\{ \theta, L_{BC} \mid \theta_{min} \leq \theta \leq \theta_{max}; L_{BC_{min}} \leq L_{BC} \leq L_{BC_{max}} \right\}. \quad (8)$$

Область допустимих рішень з урахуванням функціональних обмежень

$$D_x = \left\{ \theta, L_{BC} \mid n_{KBi} \geq n_{KBgipi}; \varphi_{3max} \leq 68^0; \theta_{min} \leq \theta \leq \theta_{max}; L_{BC_{min}} \leq L_{BC} \leq L_{BC_{max}} \right\}. \quad (9)$$

Вибір оптимальних значень геометричних параметрів механізму управління РЧО θ^* і L_{BC}^* виконувався на основі сумісного аналізу відповідних узагальнених математичних моделей (УММ) виду $v = f(\theta, L_{BC})$, $n = f(\theta, L_{BC})$, $\varphi_{3max} = f(\theta, L_{BC})$, найбільш раціональним шляхом отримання яких є методи математичного планування експерименту (МПЕ). Тому наступний етап досліджень передбачав отримання шуканих УММ (для кожної ПКМ в діапазоні $i = 2 \dots 6$) і проведення їх аналізу з метою обґрунтованого вибору оптимальних значень геометричних параметрів

механізму управління РЧО - кута розвалу плечей θ^* і довжини плеча BC L_{BC}^* важеля 3. В таблиці 2 наводиться ортогональний математичний план досліджень для двох змінних, що варіюються на трьох рівнях, складений для положення механізму, що відповідає 2-й ПКМ.

Таблиця 2

Математичний план дослідження (для $i = 2$)

№ режиму	θ , град.	L_{BC} , мм	ν , град.	$\varphi_{5\max}$, град.	n_{KB} , об/хв.
1	200	60	-54,7	60,5	825
2	200	40	-61,2	57,3	800
3	80	60	62,4	67,8	820
4	80	40	59,3	63,8	805
5	140	50	11,5	73,7	855
6	200	50	-58,2	58,8	820
7	80	50	60,9	65,8	810
8	140	60	15,4	78	880
9	140	40	7,5	69,5	840

Реалізація математичного плану дала можливість отримати шукані адекватні УММ

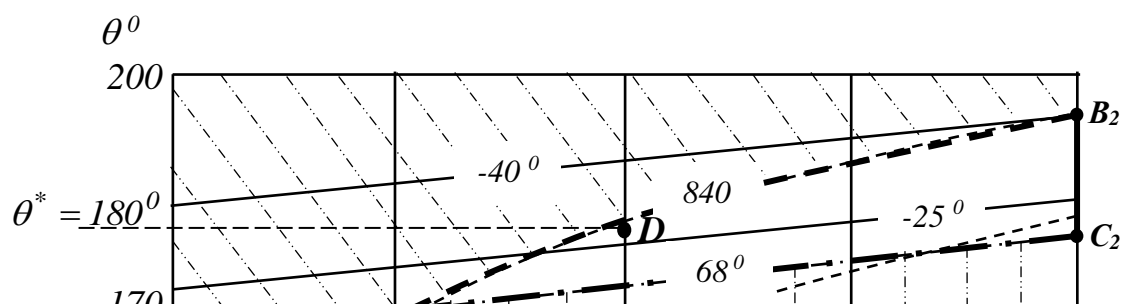
$$\nu = 90,2759 - 0,3059 \cdot \theta + 0,1933 \cdot L_{BC} - 0,0027 \cdot \theta^2 - 0,001167 \cdot L_{BC}^2 + 0,00142 \cdot \theta \cdot L_{BC}; \quad (10)$$

$$\varphi_{5\max} = 7,83338 + 0,84861 \cdot \theta + 0,15833 \cdot L_{BC} - 0,00318 \cdot \theta^2 + 0,0015 \cdot L_{BC}^2 - 0,000333 \cdot \theta \cdot L_{BC}; \quad (11)$$

$$n_{KB} = 571,9444 + 3,3194 \cdot \theta + 0,75 \cdot L_{BC} - 0,0125 \cdot \theta^2 + 0,004167 \cdot \theta \cdot L_{BC}. \quad (12)$$

Аналогічні УММ були отримані для ПКМ $i = 3 \dots 6$.

Останній етап досліджень передбачав отримання оптимальних значень геометричних параметрів механізму управління РЧО - кута розвалу плечей θ^* і довжини плеча BC L_{BC}^* важеля 3 – шляхом сумісного аналізу отриманих УММ виду $\nu = f(\theta, L_{BC})$, $n_{KB} = f(\theta, L_{BC})$ і $\varphi_{5\max} = f(\theta, L_{BC})$. Для цього були побудовані допоміжні графіки з ізолініями відповідних фіксованих значень контрольованих показників - ν , $\varphi_{5\max}$ і n_{KB} . На рис.6 представлений такий графік, ізолінії якого будувались за допомогою УММ (10)...(12). Такі ж допоміжні графіки були побудовані для $i = 3, 4, 5, 6$.



Сумісний аналіз допоміжних графіків показав, що рішення задачі вибору раціональних величин зазначених параметрів (для кожного положення механізму для ПКМ в діапазоні $i = 2 \dots 6$) задовольняє розташована в областях D_{xi} точка D , якій відповідає кут розвалу плечей $\theta^* = 180^\circ$ і довжини плеча BC важеля 3 $L_{BC}^* = 50$ мм. Для прийнятих геометричних параметрів важеля 3 довжина тяги холостого ходу 4 складає $L_{CD} = 104,14$ мм. При цьому розрахунки кінематики механізму при таких параметрах показали, що граничне положення важеля 3 складає $\varphi_{5max} = 67,6^\circ$.

З метою перевірки ефективності прийнятих рішень були проведені розрахункові дослідження з уточнення величин контрольованих показників

при визначених раціональних величинах геометричних параметрів механізму управління РЧО.

Результати таких розрахунків показали, що для розглянутого діапазону ПКМ $i = 2...6$ при визначених геометричних параметрах механізму управління РЧО забезпечується суттєве зниження кутів тиску ν ланки 3 на ланку 4 і відповідно рівнів навантажень R_{14}^n , що діють на шарнір В і обумовлюють його знос; настройка СРШ на створення і підтримку швидкісних режимів КВ дизеля М756Б, при яких досягається поліпшення експлуатаційних характеристик дизель-поїздів ДР1А.

Одержані оптимальні величини геометричних параметрів були прийняті за основу для подальших конструкторських розробок з модернізації механічної системи СРШ дизель-поїздів серії ДР1А.

З урахуванням зміни розгінних характеристик та підвищення початкових прискорень ДП з удосконаленою СРШ була розроблена представлена в розділі уточнена методика контролю відсутності буксування колісних пар моторних вагонів.

Третій розділ присвячений висвітленню результатів експериментальних досліджень удосконаленої СРШ дизель-поїздів ДР1А.

Для практичної реалізації рекомендацій з модернізації СРШ ДП серії ДР1А була розроблена відповідна конструкторсько-технологічна документація. Дослідні деталі, геометричні параметри яких відповідають результатам представлених оптимізаційних досліджень, виготовлені в умовах ремонтного виробництва локомотивного депо Полтава.

На першому етапі дослідження була проведена модернізація механізму управління РЧО дизеля М756Б, встановленого після поточного ремонту на випробувальному стенді. Результати випробувань підтвердили досягнення очікуваних швидкісних режимів дизеля для всього діапазону ПКМ $i = 1...16$.

На другому етапі запропонований варіант модернізації СРШ було апробовано в експлуатації на дизель-поїздах серії ДР1А на різних полігонах експлуатації депо Полтава. Наприклад за результатами експериментальної поїздки в приміському сполученні в реальному режимі експлуатації за маршрутом Полтава – Ліщинівка – Полтава, під час якої були перевірені усі відповідні позиції контролера машиніста згідно режимної карти ведіння поїзда на даній дільниці, зафіксована економія дизельного палива в розмірі 3%.

На третьому етапі з метою підтвердження ефективності запропонованих рішень в умовах тривалої експлуатації в рамках планового ремонту в об'ємі ПР-1 виконана дослідна модернізація СРШ дизелів обох моторних вагонів дизель-поїзда № 288. Результати його експлуатації в режимі приміського сполучення терміном 6 місяців у напрямках Полтава – Кременчук, Полтава – Лозова, Полтава – Харків засвідчили, що за рахунок впровадження запропонованого варіанту удосконалення механічної системи СРШ, забезпечується зниження витрат палива на 3 % у порівнянні з ДП №№ 262 і 129, що знаходились в експлуатації на цей час на тих же дільницях.

Аналіз отриманих результатів (рис. 5) підтверджує, що поліпшення паливної економічності досягається за рахунок збільшення часу ведіння ДП в режимі вибігу. При цьому за результатами розшифрування швидкостемірних стрічок не виявлено жодного випадку буксування колісних пар моторних вагонів ДП.

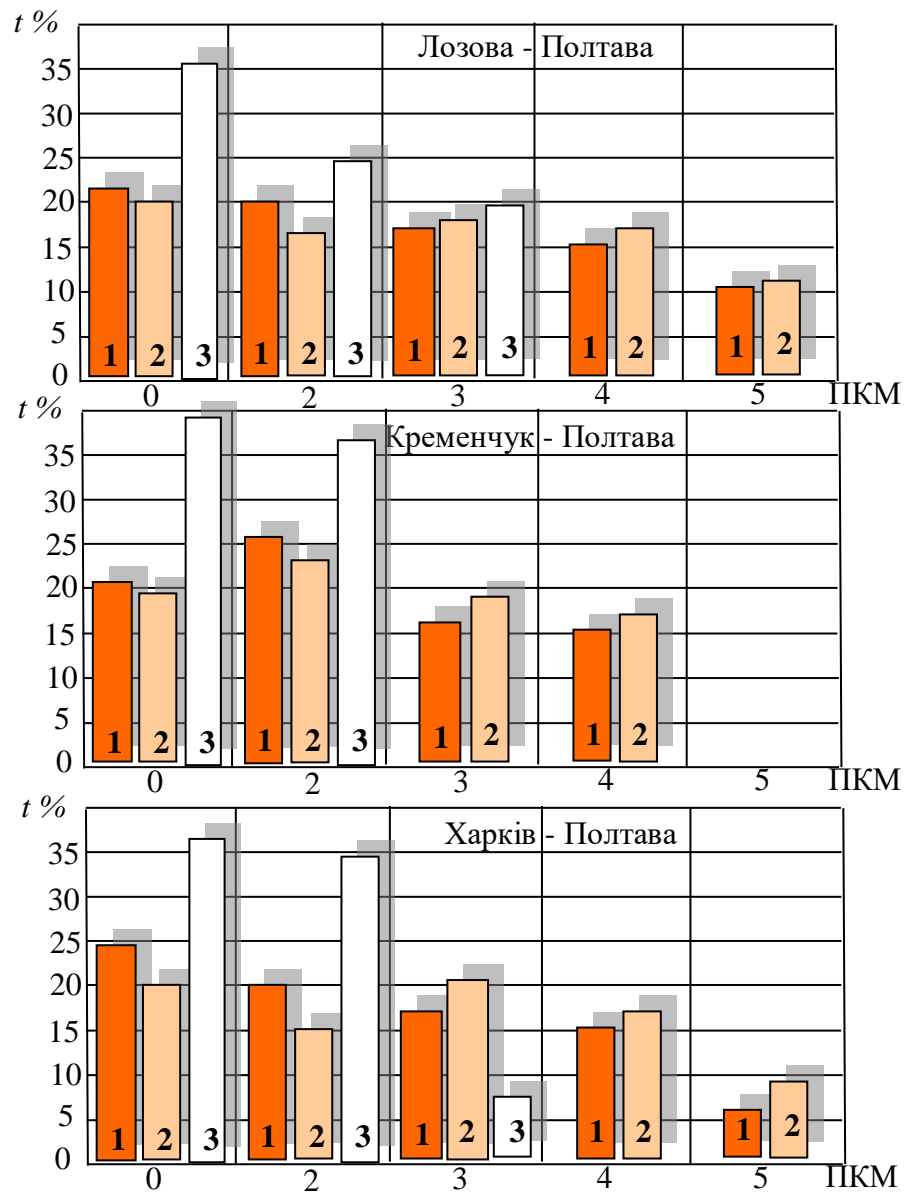


Рис.5. Розподіл часу роботи дизель-поїздів на позиціях контролера машиніста: 1 – ДП № 262, 2- ДП №129, 3 – ДП № 288 (з модернізованою СРШ)

Виконані під час деповських ремонтів вимірювання підтвердили суттєве зменшення експлуатаційних зносів елементів шарніру В₅ (рис.3) модернізованого механізму управління РЧО дизеля М756Б.

Проведена з використанням прийнятих методик оцінка економічної ефективності удосконаленої СРШ на дизель-поїздах ДР1А показала, що впровадження запропонованих рішень на ДП експлуатаційного парку депо Полтава, що функціонують в режимі приміського сполучення, забезпечить річний економічний ефект у розмірі 81213 грн.

ВИСНОВКИ

Дисертаційне дослідження присвячене вирішенню актуальної науково-прикладної задачі – поліпшенню паливної економічності дизель-поїздів за рахунок удосконалення конструкції їх систем регуляторів швидкості. Воно проведено у відповідності до Державної програми «Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства» та Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту України і дозволяє зробити наведені нижче висновки:

1. Розроблені функціональні схеми СРШ дизель-поїздів серій Д1, ДПЛ1, ДПЛ2, що знаходяться в експлуатації на мережах залізниць України і перспективних ДП серій ДЕЛ1 і ДЕЛ2, наведені в дисертації результати аналізу технічного стану інвентарного парку ДП Укрзалізниці, доцільно використовувати в дослідженнях, спрямованих на підвищення експлуатаційних показників ДП за рахунок поліпшення характеристик функціонування СРШ їх силових установок.

2. Розраховані тягові характеристики за окремими позиціями контролера машиніста для всього діапазону їх зміни з урахуванням дійсних умов експлуатації дизель-поїздів ДР1А доцільно використовувати при вирішенні задачі модернізації їх СРШ.

3. Обґрунтування ефективних напрямків поліпшення показників дизель-поїздів ДР1А шляхом удосконалення механізмів їх СРШ необхідно проводити на основі розглядання нової ефективної тягової характеристики, яка може бути сформована за наведеною в дисертації методикою з урахуванням особливостей розгінних характеристик ДП на відповідних полігонах експлуатації.

4. Складену функціональну схему системи регулювання швидкості дизель-поїздів ДР1А та розроблені на її основі кінематичні схеми відповідних передаточних механізмів, доцільно використовувати при вирішенні питань удосконалення конструкції СРШ.

5. Розроблене формалізоване описання характеристик функціонування СРШ дизель-поїзда ДР1А і їх зв'язків з кінематичними та динамічними характеристиками передаточних механізмів дозволяють проводити розрахунки конструктивних параметрів відповідних ланок, які визначають частоти обертання колінчатого валу дизеля на різних ПКМ за умов забезпечення нової ефективної тягової характеристики.

6. Визначені раціональні геометричні параметри ланок важільного механізму управління РЧО дизель-поїзда ДР1А, що забезпечують для ПКМ в діапазоні $i=2...6$ потрібні частоти обертання колінчатого валу дизеля при виконанні вимог експлуатаційної надійності механічної системи СРШ. Для їх виготовлення розроблена відповідна конструкторсько-технологічна документація.

7. Наведена в дисертації доопрацьована методика контролю відсутності буксування колісних пар моторних вагонів дизель-поїздів ДР1А дозволяє розробити практичні заходи для експериментальної перевірки ефективності функціонування модернізованої СРШ в експлуатації.

8. Проведені комплексні експлуатаційні випробування дизель-поїздів ДР1А з модернізованою СРШ підтвердили їх працездатність, а також підвищення поливної економічності ДП. Так за результатами експлуатації дизель-поїзду №288 терміном 6 місяців у приміському сполученні за маршрутами Полтава – Харків, Полтава – Лозова, Полтава – Кременчук зареєстровано зменшення експлуатаційних витрат палива на 3%.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні

1 Мороз В.І. Розробка функціональної схеми регулятора швидкості типу 4-7РС-2 / В.І. Мороз, А.І. Біленький, О.В. Братченко // Збірник наукових праць. – Харків, 2005. – № 69 – С. 5 – 10.

2 Дослідження особливостей функціонування керуючих механізмів системи регулювання швидкості енергетичної установки дизель-поїздів типу ДР1А / В.І. Мороз, А.І. Біленький, О.В. Братченко [та ін.] // Матеріали 2-го міжнародного з'їзду з теорії механізмів і машин. – Харків, 2005. – С. 60 – 65.

3 Використання вектора “умовного кривошипу” для уточнення описання переміщень причіпних поршнів ДВЗ / В.І. Мороз, А.І. Біленький, О.В. Братченко [та ін.] // Збірник наукових праць. – Харків, 2005. – № 70 – С. 95 – 100.

4 Мороз В.І. Дослідження характеристик функціонування електропневматичного модуля перетворення системи регулювання швидкості дизель-поїздів ДР1А / В.І. Мороз, А.І. Біленький, О.В. Братченко // Збірник наукових праць. – Харків, 2006. – № 73 – С. 108 – 113.

5 Братченко О.В. Розрахункове дослідження важільного механізму керування регулятором швидкості дизеля М756Б / О.В. Братченко, А.І. Біленький, В.Р. Войцехівський // Збірник наукових праць. – Харків, 2006. – № 79 – С. 19 – 27.

6 Мороз В.І. Особливості математичного моделювання тягових характеристик дизель-поїзду ДР1А / В.І. Мороз, А.І. Біленький, О.В. Братченко [та ін.] // Збірник наукових праць. – Харків, 2007. – № 86 – С. 122 – 128.

7 Біленький А.І. Результати експериментальної перевірки модернізованої системи регулювання швидкості дизель-поїзда ДР1А / А.І. Біленький // Збірник наукових праць. – Харків, 2007. – № 81 – С. 131 – 138.

Додаткові

8 Мороз В.І. Оцінка впливу експлуатаційного зношення на характеристики регулятора швидкості тепловозного дизеля / В.І. Мороз, А.І. Біленький // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта,

здоров'я: Анотації доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції 20-21 травня 2004 р. "microCAD 2004" НТУ "ХПІ": – Харків, 2004. – С. 203.

АНОТАЦІЯ

Біленький А.І. Удосконалення конструкції систем регулювання швидкості дизель-поїздів. – 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, 2008.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі – поліпшенню паливної економічності дизель-поїздів за рахунок удосконалення конструкції систем регулювання швидкості.

Науково обґрунтована можливість поліпшення характеристик функціонування систем регулювання швидкості дизель-поїздів за рахунок удосконалення конструкції передаточних важільних механізмів. Розроблені функціональні схеми систем регулювання швидкості ДП, що експлуатуються на мережі залізниць України, та кінематична схема механізму управління регулятором частоти обертів дизеля М756Б. Отримано єдине математичне описання закономірностей руху ланок складного кінематичного ланцюга механізму управління регулятором частоти обертів дизеля силової установки. На основі результатів оптимізаційних досліджень запропонований варіант модернізації системи регулювання швидкості, впровадження якого забезпечує поліпшення експлуатаційної паливної економічності дизель-поїздів ДР1А, що експлуатуються в режимі приміського сполучення.

Ключові слова: дизель-поїзд, паливна економічність, система регулювання швидкості, важільний механізм, регулятор частоти обертів.

АННОТАЦИЯ

Беленький А.И. Усовершенствование конструкции систем регулирования скорости дизель-поездов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов; Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2008.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-практической задачи – улучшению топливной экономичности дизель-поездов за счет усовершенствования конструкции системы регулирования скорости.

Выполнен анализ технического состояния инвентарного парка дизель-поездов Укрзалізничниці, в том числе и дизель-поездов ДР1А, выполняющих значительные объемы перевозок на сети железных дорог Украины в пригородном сообщении. В качестве одного из перспективных направлений

улучшения эксплуатационных показателей дизель-поездов выделено усовершенствование их СРС.

Получены тяговые характеристики дизель-поездов ДР1А по отдельным позициям контроллера машиниста для серийной настройки СРС и новой, при которой достигаются повышенные частоты вращения коленчатого вала дизеля силовой установки. Результаты тяговых расчетов, выполненных для реального участка эксплуатации с использованием полученных материалов, показали, что обеспечение новой настройки СРС является перспективным направлением улучшения топливной экономичности дизель-поездов ДР1А при их эксплуатации в режиме пригородного сообщения. Для проведения исследований по улучшению характеристик функционирования СРС дизель-поезда ДР1А разработана ее функциональная схема.

На основе составленных кинематических схем пневмомеханического элемента электропневматического модуля преобразований и рычажных передаточных механизмов получено единое математическое описание закономерностей движения соответствующих звеньев сложной кинематической цепи механизма управления РЧО дизеля силовой установки. Проведены расчеты по определению частоты вращения коленчатого вала дизеля М756Б в зависимости от положения выходного звена механизма - рычага, который непосредственно соединен с всережимной пружиной регулятора.

С использованием разработанного математического обеспечения, положений теории оптимизации, теории математического планирования эксперимента были определены рациональные геометрические параметры звеньев рычажного механизма управления РЧО, при которых для позиций контроллера машиниста, соответствующих режиму работы ДП в пригородном сообщении, достигаются требуемые частоты вращения коленчатого вала дизеля (соответствуют новой настройке СРС). При этом обеспечивается выполнение требований эксплуатационной надежности механизмов СРС.

Проанализированы особенности проведения контроля боксования колесных пар моторных вагонов дизель-поездов ДР1А, что дало возможность разработать практические рекомендации для экспериментальной проверки эффективности функционирования модернизированной СРС в эксплуатации.

С целью экспериментальной проверки эффективности предложенных технических решений по модернизации СРС дизель-поездов ДР1А разработана соответствующая конструкторско-технологическая документация, на основе которой в условиях ремонтного производства локомотивного депо Полтава изготовлены опытные элементы конструкции механизма РЧО. Проведена модернизация механизма управления РЧО дизеля М756Б, установленного после текущего ремонта на испытательный стенд. Выполненные исследования подтвердили достижение ожидаемых скоростных режимов дизеля для всего диапазона позиций контроллера машиниста.

Проведена модернизация СРС дизелей моторных вагонов дизель-поезда ДР1А эксплуатационного парка депо Полтава. Проведены его испытания вначале при вождении на тракционном пути депо, а затем в ходе поездки в пригородном сообщении в условиях реального режима эксплуатации. По результатам экспериментальных исследований зафиксировано снижение расхода топлива на 3%.

При проведении планового ремонта в объеме ТР-1 проведена модернизация СРС дизелей обоих моторных вагонов дизель-поезда эксплуатационного парка депо Полтава. По результатам его эксплуатации в течение 6 месяцев в режиме пригородного сообщения в различных направлениях установлено, что за счет внедрения предложенного варианта усовершенствования СРС достигается снижение расхода топлива на 3% при обеспечении условий эксплуатационной надежности модулей ее конструкции. По результатам расшифровки скоростемерных лент случаев боксования колесных пар ДП не выявлено.

Оценка экономической эффективности использования усовершенствованной СРС на дизель-поездах ДР1А показала, что внедрение предложенных решений на ДП пригородного сообщения эксплуатационного парка депо Полтава обеспечит годовой экономический эффект в размере 81213 грн.

Ключевые слова: дизель-поезд, топливная экономичность, система регулирования скорости, рычажный механизм, регулятор частоты оборотов.

THE SUMMERY

Belenkij A.I. Improvement of construction of the system of regulation of diesel-trains' speed. – Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of candidate technical science on a specialty 05.22.07 - "The rolling stock of railways and to pull of trains", Ukrainian state academy of a railway transportation; Kharkov, 2008.

Dissertation is devoted to the decision of actual scientific–practical task – to the improvement fuel economy of diesel-trains at the expense improvement of construction of driving lever gears.

It's the scientific well-grounded possibility of improvement of characteristic of functioning of the system of regulation of diesel - the trains' DR1A speed at the expense improvement of construction of driving lever gears. It is elaborated functional chart of the system of regulation of speed and kinematics charts of its driving gears. It is received united mathematical description of regularities of motion of section of complex kinematics chain of mechanism of management by the regulator of frequency of rotations of diesel of power-plant. On the basis of the optimization researches results it is proposed variant of modernization of the system of regulation of speed. Its introduction guarantees supply of the improvement of exploitation fuel economy diesel - the trains DR1A, which are exploited in the mode of local join.

The Keywords: fuel economy, reliability, diesel-train, system of the speed's regulation, driving lever gear, the regulator of frequency of rotations.

Біленький Андрій Іванович

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ
ШВИДКОСТІ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДІВ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано з оригіналу автора

Відповідальний за випуск

к.т.н., доц. Братченко О.В.

Підписано до друку «__» _____ 200__ р. формат паперу А5
Папір для тиражу вальних апаратів, друк на різнографі
Умовн.-друк арк. 0,9 Обл.-вид. арк. 1,1
Замовлення №_____, тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТу. Свідоцтво ДК №112 від 06.07.2000р.
Друкарня УкрДАЗТу:61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7