

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Тіщенко Вадим Сергійович

УДК 629.424.3

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ
НАВАНТАЖЕНЬ ТА ЗНОСІВ КОЛІНЧАТИХ ВАЛІВ ЛОКОМОТИВНИХ
ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК**

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
Маслій В'ячеслав Георгійович
Національний технічний університет «Харківський
політехнічний інститут», кафедра Електричний
транспорт та тепловозобудування, професор кафедри;

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

Захист відбудеться «28» січня 2011 р. о 10⁰⁰ 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 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

А.В. Прохорченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. Необхідність здійснення значного обсягу вантажних і пасажирських перевезень відносить залізничний транспорт до однієї з найважливіших складових транспортної мережі України. Це визначає відповідні вимоги до забезпечення якості перевізного процесу, у задоволенні яких вагома роль відводиться вантажним та пасажирським тепловозам.

З урахуванням повільних темпів оновлення тягового рухомого складу Укрзалізниці особливої актуальності набувають вирішення комплексу науково-практичних задач щодо підтримання наявного експлуатаційного парку тепловозів у працездатному стані. Така ситуація визначає необхідність розгортання науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, спрямованих на забезпечення надійності та довговічності в експлуатації основних агрегатів тепловозів, головне місце серед яких належить локомотивним енергетичним установкам (ЛЕУ).

Досвід експлуатації тягового рухомого складу на мережах залізниць України вказує на те, що більшість відмов ЛЕУ тепловозів пов'язана з втратою працездатності модулів конструкції їх механічних систем (МС). Тому особливого значення при вирішенні вказаних задач набувають розрахунково-експериментальні дослідження з уточненого визначення експлуатаційних характеристик елементів конструкції МС локомотивних енергетичних установок, серед яких найбільш навантаженими є колінчаті вали (КВ).

Актуальність теми дисертації. Проведені в Українській державній академії залізничного транспорту дослідження показали, що існуючі підходи до виконання розрахунків експлуатаційних навантажень і зносів колінчатих валів передбачають використання ряду спрощених методик, не ураховують взаємопов'язане функціонування модулів конструкції механічних систем ЛЕУ і не забезпечують потрібної точності результатів. Особливо це відноситься до V-подібних ЛЕУ, якими обладнана більша частина вантажних і пасажирських тепловозів експлуатаційного парку Укрзалізниці.

Така ситуація обґрунтовує важливість проведення наукових досліджень, спрямованих на удосконалення методів розрахунку навантажень і зносів колінчатих валів ЛЕУ і розробка на їх основі рекомендацій щодо забезпечення надійності та довговічності КВ в експлуатації.

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 і 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.

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 задачі дослідження Метою дисертаційної роботи є вирішення науково-практичної задачі - поліпшення характеристик функціонування локомотивних енергетичних установок на основі використання удосконалених методів розрахунку експлуатаційних навантажень та зносів колінчатих валів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд задач, основними з яких є:

- аналіз особливостей конструкції ЛЕУ магістральних тепловозів інвентарного парку Укрзалізниці;
- розробка блочно-ієрархічного описання конструкції сучасних тепловозів;
- виділення основних систем ЛЕУ сучасних тепловозів;
- аналіз існуючих підходів і методів до розрахунків експлуатаційних навантажень і зносів колінчатих валів ЛЕУ;
- розробка структурно-функціональної схеми механічної системи ЛЕУ з виділенням відповідних підсистем;
- удосконалення методик розрахунків кінематики ланок просторових механізмів газорозподілу і кутових деформацій розподільних валів в перерізах паливних кулачків;
- розробка уточнених методик дослідження кінематики і динаміки кривошипно-шатунних механізмів ЛЕУ для описання формування навантажень в підсистемі циліндрових модулів;
- розробка формалізованих описань для дослідження навантажено-деформованого стану колінчатих валів ЛЕУ;
- складання математичного забезпечення розрахунків експлуатаційних навантажень і зносів колінчатих валів ЛЕУ;
- проведення експериментальних досліджень з визначення експлуатаційних зносів колінчатих валів ЛЕУ і обґрунтування доцільності використання розробленого математичного забезпечення;
- розрахункові дослідження з визначення експлуатаційних навантажень і зносів колінчатих валів ЛЕУ з дизелями типу Д49 з різними рівнями форсування за середнім ефективним тиском;
- розробка технічних рішень з удосконалення конструкції механічних систем ЛЕУ з дизелями типу Д49 з метою зниження експлуатаційних зносів їх колінчатих валів;
- оцінка економічної ефективності від впровадження запропонованих технічних рішень.

Об'єкт дослідження — процес поліпшення характеристик функціонування локомотивних енергетичних установок на основі

удосконалених методів розрахунку експлуатаційних навантажень та зносів колінчатих валів.

Предмет дослідження – методи розрахунку експлуатаційних навантажень та зносів колінчатих валів локомотивних енергетичних установок.

Методи дослідження.

В дисертаційних дослідженнях використовувались такі методи: методи теорії конструкції локомотивів і теорії багаторівневих ієрархічних систем при розробці блочно-ієрархічного описання конструкції сучасного тепловозу, розробці структурно-функціональної схеми механічної системи ЛЕУ, методи теорії механізмів і машин при дослідженні кінематики просторових і плоских механізмів; методи динаміки та міцності машин в дослідженнях деформованого стану розподільного та колінчатого валів ЛЕУ; методи лінійної алгебри та математичного моделювання при розробці математичних описань і моделей; сучасні методи та засоби технічних вимірювань при проведенні експериментальних досліджень.

Наукову новизну отриманих результатів складають наведені нижче розробки:

Вперше:

- запропоновано поняття механічної системи сучасної локомотивної енергетичної установки і розроблено її формалізоване описання;
- розроблені комплексні математичні описання для моделювання навантажено-деформованого стану розподільного валу від дії крутних моментів в перерізах кулачків приводу паливних насосів високого тиску в залежності від конструктивних параметрів та законів паливоподачі;
- запропоновані формалізовані описання формування навантажень в підсистемі циліндрових модулів, в яких враховується індикаторна діаграма і фазові відхилення протікання робочих процесів в кожному циліндрі;
- розроблено матричне описання і відповідна модель для визначення експлуатаційних навантажень, що діють на колінчатий вал.

Дістали подальшого розвитку:

- методи розрахунку кінематичних характеристик ланок V-подібних кривошипно-шатунних механізмів та просторових механізмів приводу клапанів сучасних ЛЕУ;
- метод визначення податливості колінчатих валів ЛЕУ, що ураховує їх конструктивні особливості і діючі експлуатаційні навантаження.

Практичне значення одержаних результатів. До основних практичних результатів дисертаційної роботи можна віднести:

- визначені особливості формування експлуатаційних навантажень і обґрунтовані перспективні напрямки зниження експлуатаційних зносів колінчатих валів ЛЕУ з дизелями типу Д49 при різних рівнях форсування за середнім ефективним тиском в циліндрах;
- запропонований варіант удосконаленої конструкції розподільного валу з патентозахищеними кулачками приводу клапанів локомотивних енергетичних установок з дизелями типу Д49.

Матеріали дисертаційної роботи доцільно використовувати для розрахунків експлуатаційних навантажень і зносів колінчатих валів сучасних ЛЕУ, а також у навчальному процесі Української державної академії залізничного транспорту при підготовці бакалаврів, спеціалістів та магістрів за спеціальністю «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту» (про що свідчать акти впровадження).

Особистий внесок здобувача

Усі результати дисертаційної роботи отримано особисто автором або при його безпосередній участі. У *основних* працях, написані у співавторстві, здобувачеві належить:

[1] – результати дослідження особливостей формування навантажень колінчатих валів V-подібного тепловозного дизеля; [2] – уточнений метод силового розрахунку кривошипно-шатунного механізму V-подібного тепловозного дизеля; [3] – тягові характеристики локомотива, отримані на основі результатів розрахунків крутного моменту ЛЕУ; [4] – математичне описання для моделювання формування крутних моментів у перерізах КВ V-подібного тепловозного дизеля; [5] – підхід до дослідження крутильних коливань колінчастих валів з використанням поняття про податливість; [7] – аналітичні залежності для розрахунків кінематики штовхача, що взаємодіє із запропонованим кулачком приводу клапанів.

У *додаткових* працях, написані у співавторстві, здобувачеві належить: [1] – результати розрахункових досліджень експлуатаційних навантажень і зносів колінчатих валів сучасних ЛЕУ; [2] – узагальнений запис матриці циліндрових навантажень в перерізах колінчатих валів ЛЕУ з V-подібними дизелями.

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 міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Україна, м. Харків, НТУ «ХПІ» 2007, 2008, 2009 р.р.);

- 67-й, 68-й, 69-й, 70-й, 71-й та 72-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр Української державної академії залізничного транспорту та спеціалістів залізничного транспорту підприємств (Україна, м. Харків, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 рр.);

В повному обсязі матеріали дисертації доповідалися на міжнародній науково-технічній конференції «Дни науки - 2009» (Чехія, м. Прага, 2009 р.) та об'єднаному засіданні кафедр «Механіка і проектування машин» і «Експлуатація та ремонт рухомого складу» за участю членів спеціалізованої вченої ради Д64.820.04.

Публікації. Результати дослідження опубліковані в 6 статтях у фахових виданнях, затверджених ВАК України, а також у 2 додаткових працях, наведених у списку літератури.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота має вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел з 107 найменувань. Повний

обсяг дисертації складає 186 сторінок, в тому числі 146 сторінок основного тексту, 7 таблиць, 67 рисунків, 5 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 методів розрахунку експлуатаційних навантажень та зносів колінчатих валів локомотивних енергетичних установок сучасних тепловозів.

Вирішенню задачі розрахункових досліджень характеристик функціонування механізмів ЛЕУ і удосконаленню методів розрахунку експлуатаційних навантажень елементів механічної системи ЛЕУ присвячена велика кількість наукових праць, вагомий внесок до яких зробили відомі вітчизняні вчені: Бабанін О.Б., Басов Г.Г., Боднарь Б.Є., Босов Є.Є., Венцель Є.С., Горбунов М.І., Дмитрієв М.М., Жалкін С.Г., Зайончковський В.М., Кельріх М.Б., Крайнюк О.І., Кудряш А.П., Куриц О.А., Маслієв В.Г., Мороз В.І., Панасенко М.В., Сімсон А.Е., Тартаковський Е.Д., Ткачук М.А., Фалендиш А.П., Хоміч А.З. та інші.

Показано, що в умовах повільного оновлення тягового рухомого складу Укрзалізниці особливої актуальності набувають вирішення комплексу науково-практичних задач щодо підтримання наявного експлуатаційного парку тепловозів у працездатному стані. Така ситуація визначає необхідність розгортання науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, спрямованих на забезпечення надійності та довговічності в експлуатації основних агрегатів тепловозів. На основі запропонованого блочно-ієрархічного описання конструкції сучасного тепловозу одним з основних агрегатів виділена локомотивна енергетична установка.

Результати досліджень показали, що більша частина інвентарного парку магістральних тепловозів (близько 76 %) обладнана ЛЕУ з V-подібними дизелями типів Д49, Д80, Д40. Досвід експлуатації тягового рухомого складу на мережах залізниць України вказує на те, що більшість відмов ЛЕУ тепловозів пов'язана з втратою працездатності модулів конструкції їх МС, які при виконанні відповідних досліджень потрібно розглядати як сукупність взаємопов'язаних і взаємодіючих механізмів.

Підкреслено значення розрахунково-експериментальних досліджень з уточненого визначення експлуатаційних характеристик елементів конструкції МС локомотивних енергетичних установок, серед яких найбільш навантаженими є колінчаті вали. При цьому до 16% відказів ЛЕУ в експлуатації приходиться саме на колінчаті вали.

Розглянуті існуючі підходи та методи розрахунку експлуатаційних навантажень і зносів ЛЕУ і виявлені їх основні недоліки:

- для проведення розрахункових досліджень кінематики і динаміки модулів конструкції механічних систем ЛЕУ використовуються наближені формули, які не забезпечують потрібної точності результатів;
- дослідження виконуються за окремими модулями конструкції МС без урахування особливостей функціональної взаємодії між ними;
- в розрахунках з визначення експлуатаційних навантажень і зносів КВ не враховується значні кутові та лінійні деформації відповідних деталей МС, що суттєво впливає на точність отриманих результатів.

Це обґрунтувало актуальність досліджень, спрямованих на удосконалення методів розрахунку експлуатаційних навантажень та зносів колінчатих валів ЛЕУ.

У другому розділі представлено результати досліджень, спрямованих на удосконалення методів розрахунку експлуатаційних навантажень та зносів колінчатих валів локомотивних енергетичних установок.

За результатами аналізу розробленої схеми розгалуженої пружної механічної системи тепловоза запропоновано виділити наступні підсистеми конструкції: розподільного валу (ПРВ), циліндрових модулів (ПЦМ), колінчастого валу (ПКВ) і допоміжного обладнання (ПДО), а також були проаналізовані особливості їх функціонування та взаємодії (рис.1).

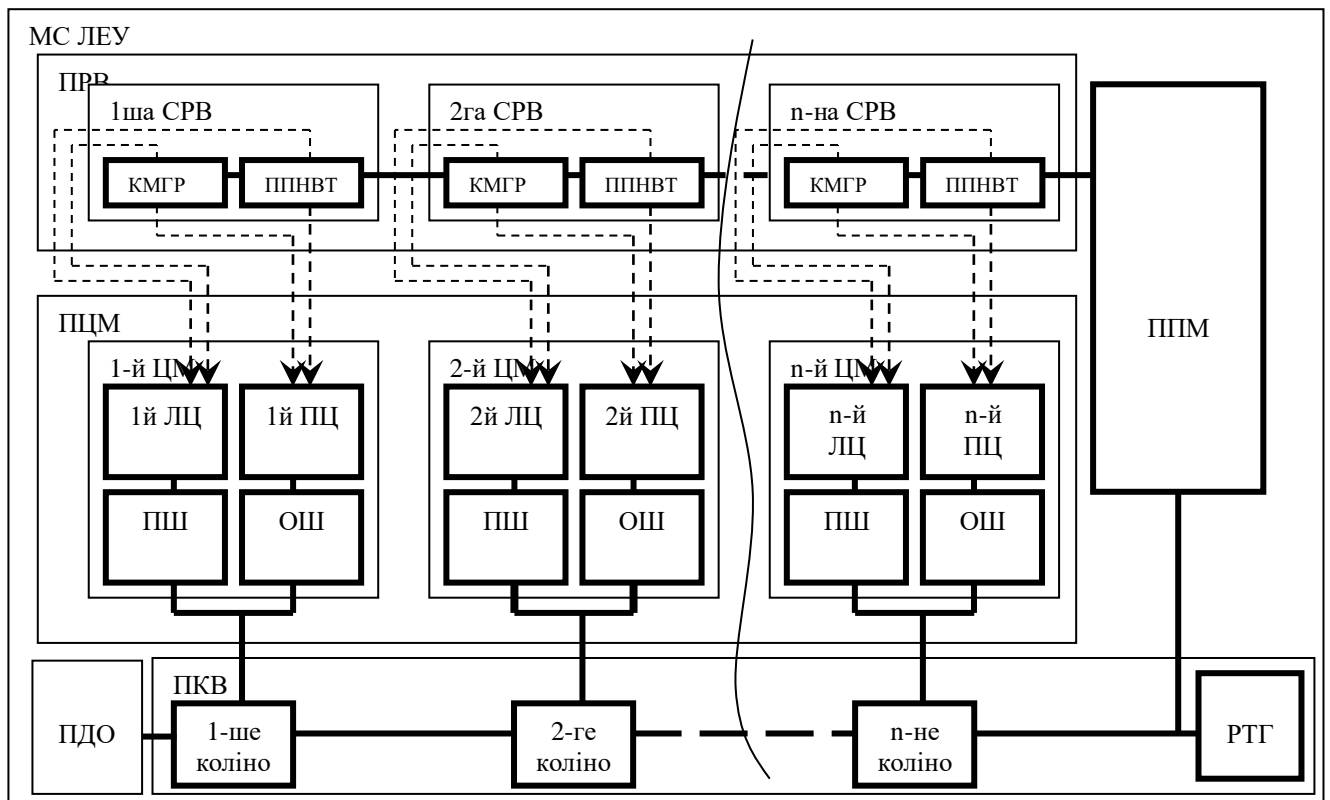


Рис. 1. Структурно-функціональна схема механічної системи локомотивної енергетичної установки

Слід зазначити, що функціонування ПДО в механічній системі ЛЕУ враховується як постійне навантаження, що діє з боку вільної сторони ПКВ.

Запропоноване математичне описання характеристик функціонування механічної системи, що ґрунтується на використанні модульно-накопичувального підходу, який в свою чергу базується на матричному описанні інтегрального прояву зусиль у механізмах *підсистеми розподільного валу*, навантажень у *підсистемі циліндрових модулів*, а також крутних та опорних моментів, що створюються від дії всіх циліндрів у *підсистемі колінчастого валу*. При цьому приймається припущення про ідентичність протікання робочих процесів у кожному з циліндрів, що характеризуються відповідними індикаторними діаграмами для експлуатаційних процесів, що розглядаються.

На початковому етапі формуються масиви вихідних даних для одного циліндра відповідного модуля конструкції у вигляді вектор-стовпців за кутом обертання φ_i з будь-яким кроком (наприклад 1 градус). Для ПРВ – вектор-стовпець тисків в надплунжерному просторі P^{PB} , що відповідає закону паливподачи. Для ПЦМ – тисків робочого тіла в циліндрі $P^{ЦМ}$, що відповідає індикаторній діаграмі (дослідній або розрахунковій) на розглядаємому експлуатаційному режимі.

Узагальнений запис цих вектор стовпців для першого циліндрового модуля має вид:

$$P_1 = \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ \dots \\ p_a \end{pmatrix}. \quad (1)$$

де a – кількість елементів вектор-стовпця P_1 .

Наведений масив складається з елементів

$$p_i = f(\varphi_i). \quad (2)$$

Кожний i -й елемент визначається відповідними законом паливподачи або індикаторною діаграмою. Для чотиритактних дизелів $i \in [0; 720]$.

За допомогою використання лінійних операцій над матрицями і відповідних перетворень масивів були отримані блочні матриці значень крутних моментів: T^{PB} - діють на розподільний вал (РВ) в перерізах паливних кулачків; T^{KB} - що діють на колінчастий вал в перерізах циліндрових модулів (ЦМ):

$$T^{PB} = [T_1^{PB}; T_2^{PB}; T_3^{PB} \dots T_m^{PB}] \quad (3)$$

$$T^{KB} = T^L + T^{PP} \quad (4)$$

де m – кількість циліндрових модулів;

T^L , T^{PP} – масиви крутних моментів від дії відповідно лівого та правого рядів циліндрів.

Наявність матриць T^{PB} та T^{KB} дозволяють визначити навантаження, які сприймають РВ та КВ від дії кожного ЦМ у кожному фіксованому

положенні, що відповідає куту φ_i . Узагальнений запис таких матриць має вигляд, наведений у таблиці 1.

Таблиця 1

Узагальнений запис матриць T .

	1	2	3	4	...	$m-1$	m
1	$T(1,1)$	$T(1,2)$	$T(1,3)$	$T(1,4)$	...	$T(1,m-1)$	$T(1,m)$
2	$T(2,1)$	$T(2,2)$	$T(2,3)$	$T(2,4)$	...	$T(2,m-1)$	$T(2,m)$
3	$T(3,1)$	$T(3,2)$	$T(3,3)$	$T(3,4)$	...	$T(3,m-1)$	$T(3,m)$
...
$a-1$	$T(a-1,1)$	$T(a-1,2)$	$T(a-1,3)$	$T(a-1,4)$	...	$T(a-1,m-1)$	$T(a-1,m)$
a	$T(a,1)$	$T(a,2)$	$T(a,3)$	$T(a,4)$	...	$T(a,m-1)$	$T(a,m)$

Кожен з елементів матриць $T^{PB}(a_i, m_i)$ або $T^{KB}(a_i, m_i)$ характеризує навантаження, що сприймається секцією РВ або коліном КВ у m_i -му модулі при a_i -му положенні колінчастого валу. Сума елементів однієї строки дає уявлення про сумарне навантаження на вали від дії усіх ЦМ при відповідному куті повороту КВ, а сума елементів кожного стовпця - про навантаження за цикл роботи.

З використанням матриць крутних моментів проведені дослідження, метою яких являлося описання картини нерівномірного обертання валів – крутильних коливань, а також описання прояву радіальних зусиль, що формуються в ПКВ від дії усіх циліндрів. В ході досліджень були отримані масиви для описання напружено-деформованого стану колінчастого валу. Запис матриці поточних кутових деформацій валів має вигляд:

$$\varphi = [\varphi_1; \varphi_2 \dots \varphi_{i-1}; \varphi_i; \varphi_{i+1} \dots \varphi_{m-1}; \varphi_m] \quad (5)$$

де φ_i – кутова деформація i -го перерізу валу відносно початкового, який умовно зафіксовано (рис. 2).

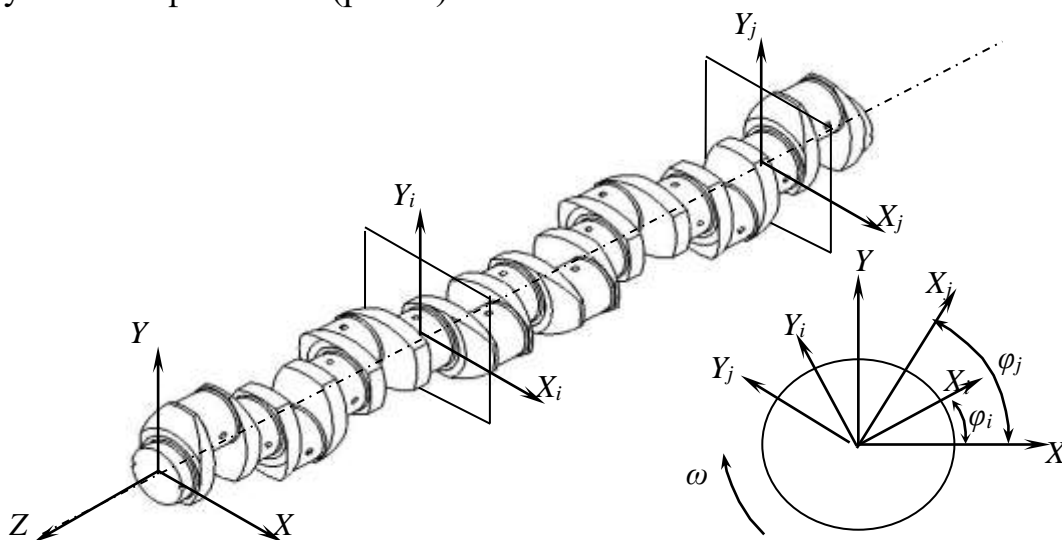


Рис. 2. До розглядання прояву кутових деформацій КВ

Загальний запис масивів величин радіальних зусиль R^{KB} у підсистемі колінчастого валу має вид:

$$f(P_{II}) = [f(P_2); f(P_4) \dots f(P_j)] = [R_2^{II}; R_4^{II} \dots R_j^{II}] = R^{II}; \quad (6)$$

$$f(P_{III}) = [f(P_1); f(P_3) \dots f(P_{j-1})] = [R_1^{III}; R_3^{III} \dots R_{j-1}^{III}] = R^{III}; \quad (7)$$

$$R^{KB} = R^{II} + R^{III}, \quad (8)$$

де R^{III}, R^{II} - радіальні зусилля на КВ від дії відповідно правого та лівого рядів циліндрів.

У відповідності до запропонованого підходу до дослідження механічних систем ЛЕУ, в якості лінійних операцій над матрицями використовувались розроблені в дисертації уточнені методики дослідження механізмів виділених підсистем. Наприклад, методики розрахунків кінематичних характеристик ланок механізмів газорозподілу і кривошипно-шатунних механізмів (розроблені на основі методу проєкцій замкнених векторних контурів на координатні осі); методика розрахунку кутових деформацій колінчатого валу з урахуванням податливості його елементів.

З метою забезпечення проведення досліджень характеристик функціонування ПРВ розроблені уточнені математичні описання кінематики руху ланок просторового кулачкового механізму приводу клапанів (КМПК).

В дослідженнях характеристик функціонування ПЦМ використовувались математичні залежності для визначення кінематичних параметрів ланок V-подібних кривошипно-шатунних механізмів (КШМ), які отримано на основі розглядання кінематичної схеми КШМ і відповідних векторних контурів.

Поточні значення переміщень S_B , швидкостей v_B і прискорень a_B основного поршня визначаються за формулами:

$$S_B = l_1 \cdot [(1 - \cos \varphi_1) + \lambda_1 \cdot (1 - \cos \varphi_2)]. \quad (9)$$

$$v_B = \omega_1 \cdot l_1 \cdot \frac{\sin(\varphi_1 - \varphi_2)}{\cos \varphi_2}. \quad (10)$$

$$a_B = \omega_1^2 \cdot l_1 \cdot (\cos \varphi_1 + \lambda_1 \cdot \varepsilon_{q2} \cdot \sin \varphi_2 + \lambda_1 \cdot \omega_{q2}^2 \cdot \cos \varphi_2). \quad (11)$$

де λ_1 – відношення довжини основного шатуна l_2 до радіуса кривошипу l_1 ;

ω_{q2}^2 – аналог кутової швидкості основного шатуна;

ε_{q2} – аналог кутового прискорення основного шатуна.

Поточні значення переміщень S_D , швидкостей v_D і прискорень a_D причіпного поршня визначаються за формулами:

$$S_D = Y'_{Dmax} - l_1 \cdot \cos(\varphi_1 + \beta) - l'_2 \cdot \cos(\varphi_2 + \delta) - l_4 \cdot \cos \varphi_4, \quad (12)$$

$$v_D = \omega_1 \cdot l_1 \cdot [\sin(\varphi_1 + \beta) + \lambda_2 \cdot \omega_{q2} \cdot \sin(\varphi_2 + \delta) + \lambda_3 \cdot \omega_{q4} \cdot \sin \varphi_4]. \quad (13)$$

$$a_D = \omega_1^2 \cdot l_1 \cdot \{ \cos(\varphi_1 + \beta) + \lambda_2 \cdot [\varepsilon_{q2} \cdot \sin(\varphi_2 + \delta) + \omega_{q2}^2 \cdot (\cos \varphi_2 + \delta)] + \lambda_3 \cdot (\varepsilon_{q4} \cdot \sin \varphi_4 + \omega_{q4}^2 \cdot \cos \varphi_4) \}. \quad (14)$$

де Y'_{Dmax} – лінійна координата, що відповідає положенню в.м.т. причіпного поршня;

λ_2 – відношення радіусу причепу l'_2 до радіуса кривошипу l_1 ;

λ_3 – відношення довжини причіпного шатуна l_4 до радіуса кривошипу l_1 ;

ω_{q4}^2 – аналог кутової швидкості причіпного шатуна;

ε_{q4} – аналог кутового прискорення причіпного шатуна.

Запропоновані уточнені методи дозволили підвищити точність розрахунків кінематики ланок: до 5% за переміщеннями, до 12% за швидкостям і до 20% за прискореннями. Отримані уточнені кінематичні характеристики ланок КМПК і КШМ використовувались при формуванні матриць T^{PB} і T^{KB} .

При моделюванні процесів, що протікають в ПКВ, для описання зовнішніх навантажень на експлуатаційних режимах використовувались матриці T^{KB} .

В дослідженнях з визначення кутових деформацій КВ від дії інтегральних навантажень всіх ЦМ використовувались уточнені значення його податливості, що дозволяє уточнити положення перерізів колінчастого валу враховуючи властивості матеріалу і характер навантаження.

Відомо, що для підрахунку податливості коліна КВ існує ряд емпіричних формул, отриманих на основі аналізу теоретичних і експериментальних досліджень, а також результатів випробувань КВ різних типів. Проведене дослідження показало, що при проведенні уточнених розрахунків в ПКВ доцільно використовувати усереднене (за чотирма розглянутими в роботі емпіричними формулами) значення податливості e .

Визначення кутових деформацій КВ в перерізах, що контролюються, виконувалось з формулою:

$$\varphi_{ij} = \varphi_{ij-1} + T_{krij} \cdot e. \quad (15)$$

В загальному випадку розрахунки опорних реакцій, що діють на колінчастий вал виконуються як для абсолютно жорсткої розрізної балки. Поряд з цим найбільшу точність при проведенні розрахункових досліджень надає метод розрахунку опорних реакцій, при якому КВ розглядається як нерозрізна балка. Одним з можливих напрямків розв'язання цієї задачі є розрахунок КВ як нерозрізної балки за допомогою теореми трьох моментів.

Рівняння для балки постійного поперечного перетину, із опорами розташованими на одній висоті, має вид:

$$M_{i-1} \cdot l_i + 2 \cdot M_i \cdot (l_i + l_{i+1}) + M_{i+1} \cdot l_{i+1} = -6 \cdot \frac{\Omega_i \cdot a_i}{l_i} - 6 \cdot \frac{\Omega_{i+1} \cdot b_{i+1}}{l_{i+1}} \quad (16)$$

де M_{i-1}, M_i і M_{i+1} - опорні моменти, що відповідають $(i-1)$ -ті, i -ті, та $(i+1)$ -ті опорам балки;

l_i і l_{i+1} - довжини пролетів балки відповідно між $(i-1)$ -ю та i -ю, а також i -ю і $(i+1)$ -ю опорами балки;

Ω_i і Ω_{i+1} - моментні площини, що відповідають навантаженням на i -м і $(i+1)$ -м пролетах балки;

a_i і b_{i+1} - координати центрів ваги моментних площин Ω_i і Ω_{i+1} .

Для практичного використання методу трьох моментів була розроблена розрахункова схема підсистеми колінчастого валу дизель-генератора 9ДГ (рис. 3).

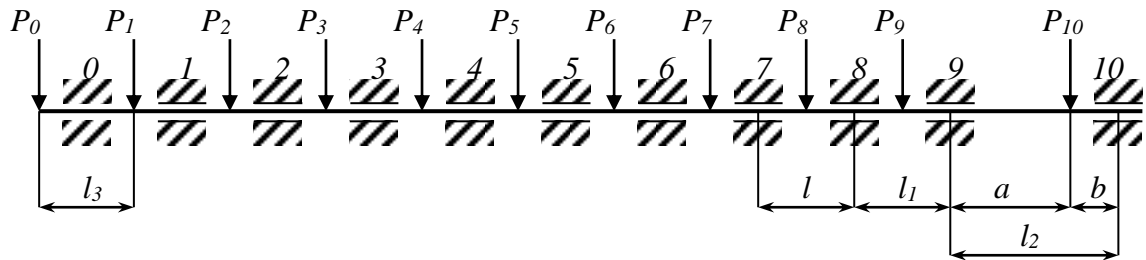


Рис. 3. Схема для визначення опорних реакцій колінчастого валу

На основі формули (16) для розробленої схеми колінчастого валу отримана система рівнянь, яка дозволяє визначити реакції k -ї опори від сили P_i , що діє на проліт, розташований між i -ю та $(i+1)$ -ю опорами. При цьому використовується залежність:

$$R_{ki} = \frac{M_{k+1,i} - M_{ki}}{l_{k+1}} - \frac{M_{ki} - M_{k-1,i}}{l_k} \quad (17)$$

В свою чергу реакція k -ї опори від дії усіх сил системи визначається як сума реакцій R_{ki} :

$$R_k = \sum_{i=1}^{i=9} R_{ki} \quad (18)$$

Розраховані за запропонованою методикою кутові деформації і реакції надають можливість отримання уточненої картини навантаження колінчастого валу по циліндрових модулях, що в свою чергу відіграє важливу роль у оцінюванні реальних процесів, які протікають при роботі механізмів ЛЕУ.

Третій розділ присвячений висвітленню результатів експериментальних і розрахункових досліджень експлуатаційних навантажень і зносів колінчастого валу локомотивної енергетичної установки 9ДГ з дизелем 16 ЧН 26/26.

В ході експериментальних досліджень з визначення експлуатаційних зносів колінчастих валів локомотивних енергетичних установок проводились обміри шатунних та корінних шийок КВ дизелів типу Д49, встановлених на тепловозах ТЕП70 і 2ТЕ116, які проходили капітальний ремонт (КР) на Полтавському тепловозоремонтному заводі. Поряд з цим проводився аналіз карт обміру колінчастих валів тепловозів, що проходили ремонт в

локомотивних депо Основа і Полтава, а також результатів досліджень з оцінювання стану ремонтного фонду поставлених на КР тепловозів 2ТЕ116, що виконувались проектно-конструкторсько-технологічним бюро з ремонту локомотивів.

При виконанні досліджень також були отримані діаграми зміни тиску палива в надплунжерному просторі та індикаторні діаграми протікання робочих процесів у циліндрах дизелів 16ЧН26/26. Такі результати стали основою для формування масивів P^{PB} і $P^{ЦМ}$.

Отримані дані використані при проведенні розрахункових досліджень з визначення експлуатаційних навантажень та зносів колінчатих валів ЛЕУ з дизелями типу Д49.

Дослідження проводилось з використанням комплексного математичного забезпечення, яке об'єднує математичні моделі функціонування розглянутих у другому розділі підсистем ЛЕУ. На рис. 4 наведена схема математичного моделювання експлуатаційних навантажень та зносів КВ ЛЕУ.

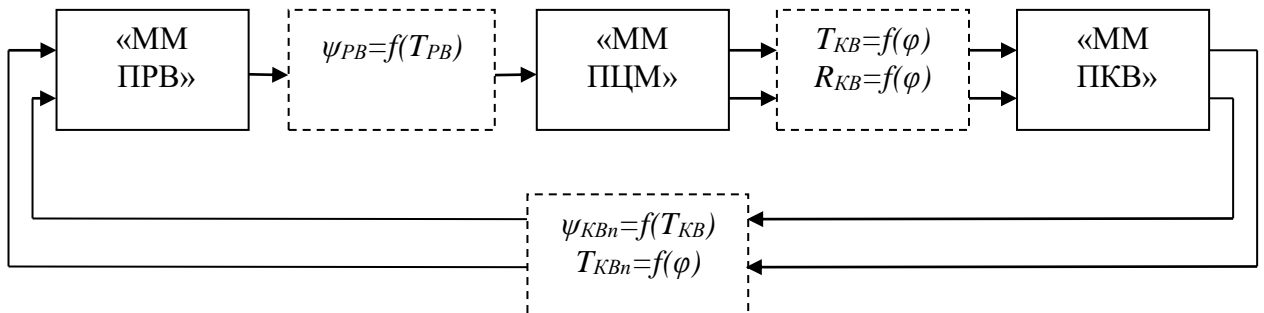


Рис. 4. Схема проведення розрахункового дослідження експлуатаційних навантажень та зносів колінчатого валу ЛЕУ.

Так, за результатами моделювання, що отримані з використанням математичної моделі ПРВ «ММПРВ», визначаються кутові відхилення (ψ_{PB}) в перерізах паливних та газорозподільних кулачків для кожної секції РВ відповідного ЦМ і РВ в цілому. Вони визначають відхилення робочих процесів в окремих ЦМ від заданих за порядком роботи циліндрів, що ураховується при моделюванні в ПЦМ.

Для ПЦМ з використанням математичної моделі «ММПЦМ» визначаються навантаження, що створюються і передаються до КВ від дії усіх ЦМ (крутні моменти T^{KB} та радіальні зусилля R^{KB}). Сформовані масиви T^{KB} та R^{KB} використовуються при проведенні досліджень в ПКВ.

Дослідження в ПКВ спрямовані на визначення кутових деформацій КВ (ψ_{KB}), експлуатаційних навантажень і зносів шийок КВ за допомогою використання математичної моделі «ММПКВ».

Замкнення ПКВ на ПРВ передбачає урахування впливу кутових деформацій КВ на характеристики передачі руху до РВ.

Нижче (на рис.5...8) представлені фрагменти результатів досліджень з визначення експлуатаційних навантажень і зносів КВ ЛЕУ з дизелями Д49, що виконувались з використанням розробленого математичного

забезпечення у відповідності до представленої схеми. На рис. 5 наведені графіки зміни поточних кутових деформацій РВ $\psi_{РВ}$ (для першої і п'ятої секцій) і КВ $\psi_{КВ}$ (п'ятого та восьмого колін). На рис. 6 - діаграма усереднених величин опорних реакцій R_k в корінних шийках колінчатого валу. На рис. 7 - графіки, що показують величини лінійних зносів δ корінних шийок КВ, які побудовані за результатами експериментальних і розрахункових досліджень.

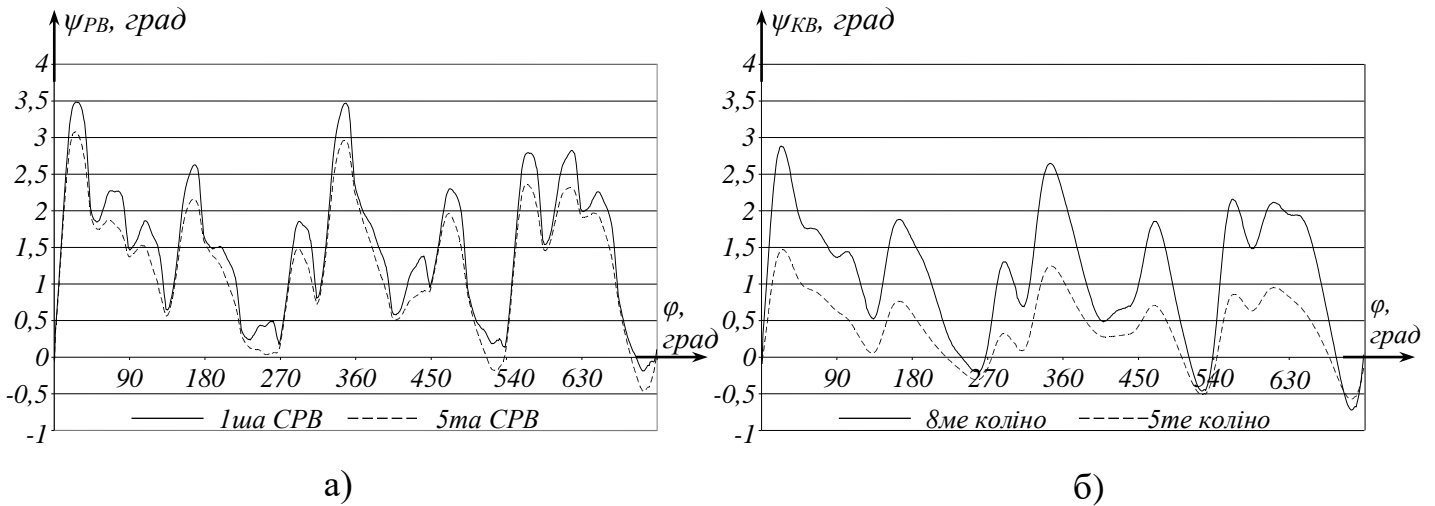


Рис. 5. Результати моделювання кутових деформацій:
а) розподільного валу; б) колінчатого валу

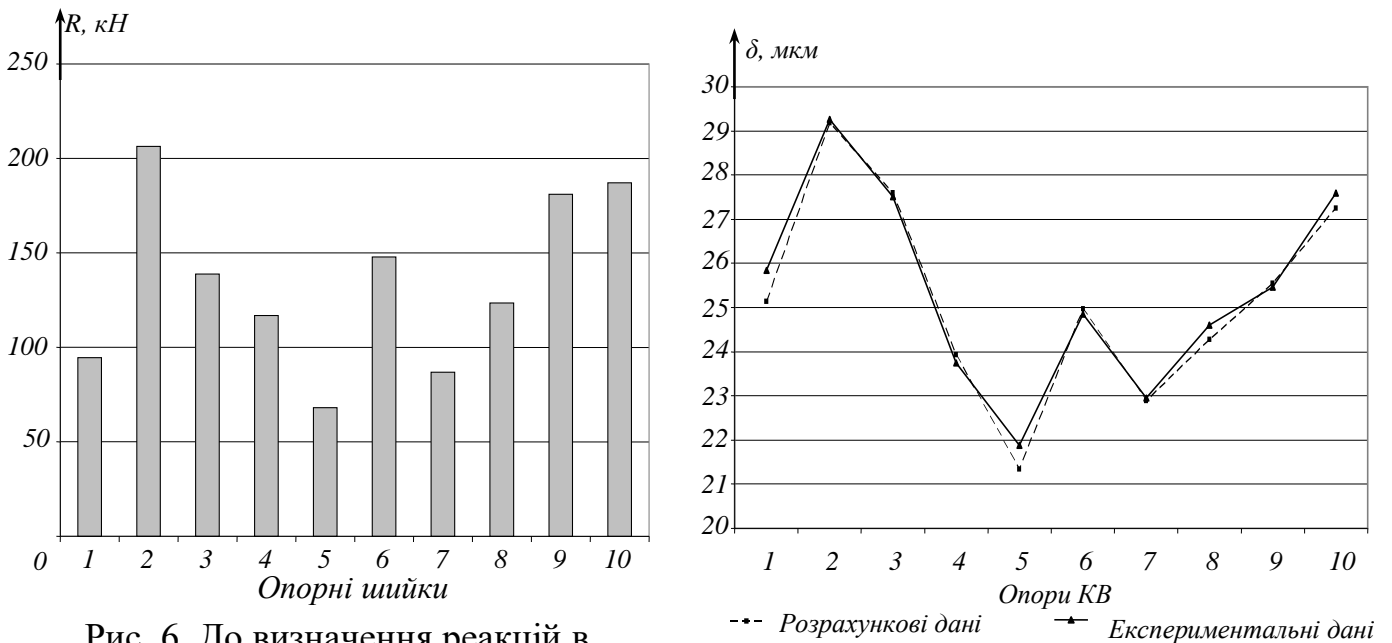


Рис. 6. До визначення реакцій в корінних шийках КВ

Рис. 7. До визначення зносів корінних шийок КВ дизелів Д 49

З графіків, які представлені на рис.7 видно, що розбіжність результатів експериментальних і розрахункових досліджень з визначення експлуатаційних зносів КВ не перевищує 4%. Це обґрунтовує можливість використання запропонованих методів і розробленого математичного забезпечення в дослідженнях, спрямованих на розробку рекомендацій із зменшення зносів КВ сучасних ЛЕУ в експлуатації.

За результатами проведених досліджень механічної системи ЛЕУ з дизелем Д49 виявлені суттєві кутові деформації РВ - $\psi_{PB_{max}} = 3^{\circ}$ за кутом обертання КВ. Це визначає відповідні відхилення в законах паливоподачі і фазах газорозподілу за циліндрами від встановлених. Результати розрахункових досліджень показали, що наявність таких відхилень приводить до суттєвого збільшення експлуатаційних навантажень і зносів колінчатих валів. Особливо це проявляється при збільшенні рівнів форсування тепловозних дизелів за величиною середнього ефективного тиску, що підтверджується розрахунковими дослідженнями.

Такі результати дали можливість виділити в якості перспективних заходів зі зниження зносів КВ ЛЕУ в експлуатації наукові дослідження з удосконалення конструкції відповідних елементів МС в напрямку усунення зазначених кутових деформацій РВ.

Для реалізації відміченого в дисертаційній роботі запропонований варіант удосконалення конструкції РВ ЛЕУ з дизелями Д49 шляхом збільшення його діаметру в конструкційних допустимих межах - з 63,7 мм до 76,2 мм. При цьому використання в складі конструкції удосконаленого РВ патентозахищених кулачків приводу клапанів забезпечує встановлені фази газорозподілу.

Заключний етап досліджень був спрямований на визначення експлуатаційних навантажень і зносів КВ дизелів Д49 з РВ удосконаленої конструкції. При проведенні розрахунків урахувались різні рівні форсування дизелів за величиною середнього ефективного тиску.

Встановлено, що впровадження запропонованих технічних рішень забезпечує суттєве зниження експлуатаційних зносів КВ: до 4% - при рівні форсування дизеля за величиною середнього ефективного тиску 14МПа; до 5% - при рівні форсування 16МПа; до 8% - при рівні форсування 21МПа.

Проведені з використанням прийнятих методик розрахунки показали, що впровадження запропонованого варіанту удосконалення конструкції механічної системи ЛЕУ з дизелями типу Д49, дозволить отримати розрахунковий річний економічний ефект в експлуатації тепловозів ТЕП70 і 2ТЕ116 у розмірі 222112 грн.

ВИСНОВКИ

Дисертаційне дослідження проведено у відповідності до Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, яку схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року N 1555-

р, Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2015 роки, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року №1390 та Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2006-2010 роки, затвердженої Наказом міністерства транспорту та зв'язку від 5 червня 2006 р. № 535. Отримані результати дозволяють зробити наступні висновки:

1 Однією з актуальних задач, що вирішується при подовженні термінів експлуатації тепловозів інвентарного парку Укрзалізниці, є забезпечення надійності систем локомотивних енергетичних установок, серед яких особливе місце займає механічна система.

2 При виконанні досліджень механічну систему ЛЕУ необхідно розглядати як сукупність взаємопов'язаних і взаємодіючих механізмів і вузлів, з яких найбільш навантаженими є колінчаті вали. Це визначає важливість розробки рекомендацій із зниження експлуатаційних зносів КВ на основі уточнених методів їх розрахунків.

3 Існуючі підходи до виконання розрахунків експлуатаційних навантажень і зносів КВ передбачають використання ряду спрощених методик, не ураховують взаємопов'язане функціонування модулів конструкції механічних систем ЛЕУ і не забезпечують потрібної точності результатів. Це визначає актуальність досліджень, спрямованих на удосконалення методів розрахунку експлуатаційних навантажень і зносів КВ сучасних ЛЕУ.

4 В дослідженнях, спрямованих на удосконалення методів розрахунку експлуатаційних навантажень і зносів КВ, доцільно використовувати структурно-функціональну схему МС сучасних ЛЕУ (з виділеними підсистемами), розроблену на основі запропонованого блочно-ієрархічного описання сучасного тепловозу.

5 При виконанні розрахункових досліджень підсистеми розподільного валу МС ЛЕУ з V-подібними дизелями доцільно використовувати уточнені методики розрахунку кінематики ланок просторових механізмів газорозподілу і кутових деформацій розподільних валів в перерізах паливних кулачків.

6 Застосування запропонованих методів дослідження кінематики і динаміки кривошипно-шатунних механізмів забезпечує суттєве уточнення результатів при дослідженні формування навантажень в підсистемі циліндрових модулів.

7 Уточнене визначення кутових деформацій КВ і опорних реакцій в ПКВ доцільно проводити з використанням розроблених в дисертації математичних описань.

8 За результатами математичного моделювання характеристик функціонування МС ЛЕУ з V-подібними дизелями типу Д49 виявлені суттєві експлуатаційні зноси КВ ($\delta = 29 \text{ мкм}$), а також кутові деформації КВ і РВ (наприклад, $\psi_{РВ \text{ max}} = 3^0$). Встановлено, що удосконалення конструкції елементів ПРВ є перспективним напрямком зниження експлуатаційних

навантажень і зносів колінчатих валів ЛЕУ. При цьому порівняння результатів експериментальних досліджень експлуатаційних зносів колінчатих валів з розрахунковими даними засвідчили про доцільність використання запропонованих в дисертаційній роботі уточнених методик і розробленого на їх основі математичного забезпечення.

9 Запропоновано варіант удосконалення конструкції РВ ЛЕУ з дизелями Д49 шляхом збільшення його діаметру в конструкційних допустимих межах - з 63,7 мм до 76,2 мм. При цьому використання в складі конструкції удосконаленого РВ патентозахищених кулачків приводу клапанів забезпечує встановлені фази газорозподілу ЛЕУ.

10 За результатами розрахункових досліджень, які проводились для ЛЕУ з дизелями Д49 (при різних рівнях форсування за середнім ефективним тиском) встановлено, що впровадження запропонованого варіанту удосконалення конструкції елементів ПРВ забезпечить суттєве (до 8%) зниження експлуатаційних зносів КВ.

11 Впровадження запропонованого варіанту удосконалення конструкції елементів механічної системи ЛЕУ з дизелями типу Д49 дозволить отримати в експлуатації тепловозів ТЕП70 і 2ТЕ116 розрахунковий річний економічний ефект у розмірі 222112 грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні:

1 Мороз В.І. Формалізований опис інтегрованого навантаження колінчастого вала V- подібного транспортного дизеля / В.І. Мороз, О.В. Братченко, В.В. Захарченко, В.С. Тіщенко // Підвищення ефективності перевантажувальних, будівельних і колійних робіт на транспорті // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вип. 73. – С. 113 – 118.

2 Мороз В.І. Уточнена методика силового розрахунку кривошипно-шатунного механізму V-подібного тепловозного дизеля. / В.І. Мороз, О.В. Братченко, В.С. Тіщенко // Перспективи розвитку рухомого складу залізниць // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вип. 76. – С. 157 – 164.

3 Мороз В.І. Особливості математичного моделювання тягових характеристик дизель-поїзда ДР1А / В.І. Мороз, О.В. Братченко, В.С. Тіщенко, А.І. Біленький // Надійність рейкового рухомого складу // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – Вип. 86. – С. 122 – 128.

4 Мороз В.І. Математичне описання модульно-накопичувального формування крутних моментів багатоциліндрових V- подібних тепловозних дизелів / Мороз В.І., Братченко, О.В., Тіщенко В.С. // Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 88 – С.34 – 39.

5 Мороз В.І. Математичне моделювання інтегральних деформацій колінчастого валу тепловозного V-подібного дизеля. / В.І. Мороз, В.С. Тіщенко, К.В. Астахова // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 107. – С. 159 – 163.

6 Тіщенко В.С. Новий підхід до розрахункових досліджень механізмів локомотивної енергетичної установки з v-подібним дизелем. // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. . – С. 159 – 163.

7 Кулачок механізму газорозподілу: пат 90952 Україна МПК F01L 1/08 / Мороз В.І., Братченко О.В., Астахова К.В., Тіщенко В.С.; заявник та власник Українська державна академія залізничного транспорту. - № а 200813509 Заявл. 24.11.08.; Опубл. 10.06.2010. Бюл. № 11 – 4 с.

Додаткові:

1. Розробка нової концепції і методів удосконалення механічних систем локомотивних енергетичних установок з метою поліпшення експлуатаційних характеристик: звіт про НДР (заключний) / УкрДАЗТ. – № ДР 0107U000341. – К., 2008. – 106 с.

2. Тіщенко В.С. Узагальнена матриця циліндрових навантажень в перерізах колінчатих валів V-подібних тепловозних дизелів/В.І.Мороз, В.С.Тіщенко, О.В.Братченко // Materiály V mezinárodní vědecko-praktická konference “DNY VĚDY 2009” 27 března – 05 dubna 2009 roku. Díl 17. Technické vědy. Matematika.: - Praha, 2009. – S. 45 – 48.

АНОТАЦІЯ

Тіщенко В.С. Удосконалення методів розрахунку експлуатаційних навантажень та зносів колінчатих валів локомотивних енергетичних установок. – 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, 2010.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі – поліпшення характеристик функціонування локомотивних енергетичних установок на основі удосконалених методів розрахунку експлуатаційних навантажень та зносів колінчатих валів.

Обґрунтовано необхідність удосконалення методів розрахункових досліджень експлуатаційних навантажень та зносів колінчатих валів локомотивних енергетичних установок. На основі запропонованого блочно-ієрархічного описання сучасного тепловозу розроблено структурно-функціональну схему механічної системи ЛЕУ з виділенням основних підсистем. Розроблено комплексне математичне забезпечення для розрахунку експлуатаційних навантажень і зносів колінчатих валів ЛЕУ, основою яких стали удосконалені методи дослідження виділених підсистем МС ЛЕУ. За результатами проведених експериментальних і розрахункових досліджень запропонований варіант удосконалення конструкції підсистем механічної системи ЛЕУ з V-подібними дизелями типу Д49, впровадження якого забезпечує суттєве зниження експлуатаційних зносів їх колінчатих валів.

Ключові слова: тепловоз, локомотивна енергетична установка, механічна система, експлуатаційні навантаження і зноси колінчатих валів, удосконалені методи розрахунків.

АННОТАЦІЯ

Тищенко В.С. Усовершенствование методов расчета эксплуатационных нагрузок и износов коленчатых валов локомотивных энергетических установок. – 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, 2010.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-практической задачи – улучшению характеристик функционирования локомотивных энергетических установок на основе усовершенствованных методов расчета эксплуатационных нагрузок и износов коленчатых валов.

Значительная часть пассажирских и грузовых перевозок на сети железных дорог Украины осуществляется тепловозами. При этом значительная часть тепловозного парка Укрзалізничці експлуатується в свєрхнормативные сроки. В условиях постепенного обновления тягового подвижного состава возникает необходимость разворачивания научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на обеспечение надежности и долговечности в эксплуатации основных элементов конструкции тепловозов. На основе предложенного блочно-иєрархического описания конструкции современного тепловоза показано, что главное место среди основных его агрегатов принадлежит локомотивным энергетическим установкам. Показано, что наиболее нагруженным узлом ЛЭУ являются коленчатые валы. Поэтому проведение исследований (на основе соответствующих методов расчета), направленных на разработку рекомендаций по снижению эксплуатационных износов КВ, являются актуальными. Результаты анализа современной научно-технической литературы показали, что существующие подходы к исследованию эксплуатационных нагрузок и износов КВ используют упрощенные методики, которые не обеспечивают необходимой точности расчетов. Это обосновало актуальность разработки уточненных методов расчета эксплуатационных нагрузок и износов КВ современных ЛЭУ.

В рамках решения поставленной задачи предложена структурно-функциональная схема механической системы ЛЭУ, в составе которой выделены следующие подсистемы: подсистема распределительного вала, подсистема цилиндрических модулей, подсистема коленчатого вала, а так же подсистема дополнительного оборудования. Проведение дальнейших исследований предполагает использование модульно-накопительного

подхода в матричном описании формирования действующих на элементы конструкции МС ЛЭУ эксплуатационных нагрузок.

Начальный этап исследований предполагает формирование массивов исходных данных для одного цилиндра виде вектор-столбцов по углу поворота КВ. Для ПРВ – вектор-столбец величин давлений в надплунжерном пространстве (соответствует закону топливоподачи). Для ПЦМ – давлений рабочего тела в цилиндре (соответствует расчетной или опытной индикаторной диаграмме). С использованием линейных операций над матрицами и преобразования массивов получены блочные матрицы значений крутящих моментов на РВ в сечениях топливных кулачков и крутящих моментов, действующих на КВ в сечениях цилиндрических модулей. В качестве линейных операций при формировании массивов данных используются уточненные методы исследования выделенных подсистем. Для ПРВ разработан уточненный метод расчета кинематических характеристик звеньев пространственных механизмов привода клапанов. Усовершенствована методика определения угловых деформаций распределительного вала от действия крутящих моментов в сечениях топливных кулачков. Для ПЦМ V-образных ЛЭУ - методика уточненного расчета кинематики основных и прицепных поршней. Усовершенствован метод силового расчета элементов ПЦМ. Уточнены методы расчета угловых деформаций КВ и его опорных реакций. Разработано комплексное математическое описание для исследования эксплуатационных нагрузок и износов коленчатых валов современных ЛЭУ.

Проведены экспериментальные исследования, в ходе которых получены значения эксплуатационных износов коленчатых валов ЛЭУ с дизелем Д49, а также диаграммы изменения давления в надплунжерном пространстве и индикаторные диаграммы рабочих процессов, протекающих в цилиндрах. Полученные данные легли в основу расчетных исследований с использованием разработанного математического обеспечения.

По результатам математического моделирования характеристик функционирования МС ЛЭУ с V-образными дизелями типа Д49 выявлены существенные эксплуатационные износы КВ ($\delta = 29 \text{ мкм}$), а также угловые деформации КВ и РВ (например, $\psi_{РВ \max} = 3^0$). Сделан вывод о том, что усовершенствование конструкции элементов ПРВ является перспективным направлением снижения эксплуатационных нагрузок и износов коленчатых валов ЛЭУ. Для устранения угловых деформаций РВ ЛЭУ с дизелями Д49 предложен вариант усовершенствования его конструкции. При этом использование в конструкции усовершенствованного РВ патентозащищенных кулачков привода клапанов обеспечивает требуемые фазы газораспределения ЛЭУ. Результаты расчетов для ЛЭУ с дизелями Д49 (при различных уровнях форсирования по среднему эффективному давлению) показали, что использование предложенных рекомендаций в МС позволит существенно (до 8%) снизить величину эксплуатационных износов КВ. Внедрение предложенного варианта усовершенствования механической

системы ЛЭУ с дизелями типа Д49 позволит получить в эксплуатации тепловозов ТЕП70 и 2ТЕ116 годовой экономический эффект в размере 222112 грн.

Ключевые слова: тепловоз, локомотивная энергетическая установка, механическая система, эксплуатационные нагрузки и износы коленчатых валов, усовершенствованные методы расчетов.

THE SUMMERY

Tischenko V.S. Improved methods for calculating the operating loads and wear of crankshaft locomotive power plants. The Manuscript.

The Dissertation on competition scientific degree candidate of the technical sciences for profession 05.22.07 - a rolling stock of the railways and pulling train; The Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkov, 2010.

Dissertation is devoted to actual scientific and practical tasks - improving methods for calculating the operating loads and wear of crankshaft locomotive power plants through new approaches to computational studies, which are based on the use of refined dependencies.

Research the possibility of improving methods approaches to settlement studies of operational loads and wear of crankshaft locomotive power plants. On the basis of the developed block-hierarchical description of a modern locomotive proposed examination MS LPP in the form of structural-functional circuits and color in its structure the basic subsystem design LPP locomotives that operated on the railway network in Ukraine. By using the proposed method the corrected according to the description of kinematics, dynamics and strain state units and parts MS LPP. A comparative analysis of experimental and computational research service wear of crankshaft of diesel LPP 16 CHN 26/26. The variant LPP improvement of the mechanical system, implementation of which provides reduction of operating loads and wear of crankshaft.

Key words: rolling stock, locomotive power plant, mechanical system, calculation methods, crank shaft.

Тіщенко Вадим Сергійович

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ
НАВАНТАЖЕНЬ ТА ЗНОСІВ КОЛІНЧАТИХ ВАЛІВ
ЛОКОМОТИВНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК**

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. Логвіненко О.А.

Підписано до друку «17» грудня 2010 р. формат паперу А5
Папір для тиражу вальних апаратів, друк на різнографі
Умовн.-друк арк. 0,9 Обл.-вид. арк. 1,1
Замовлення № 595, тираж 100 прим.

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