

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ НАВАНТАЖЕНЬ НА ШИЙКИ КОЛІНЧАТОГО ВАЛУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ТЕПЛОВОЗІВ 2ТЕ116

*Представив д-р техн. наук, професор О.В. Устенко*

**Постановка задачі і аналіз останніх результатів досліджень.** Відповідно до комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України передбачається окрім закупівлі нового рухомого складу, модернізація існуючого локомотивного парку [1]. Для вирішення задачі покращення характеристик функціонування основних вузлів та деталей локомотивів при модернізації виникає необхідність у проведенні досліджень особливостей формування навантажень в експлуатації. Поряд з цим такі питання недостатньо висвітлені у науковій літературі, що визначає актуальність проведення досліджень з описання механізму формування експлуатаційних навантажень у найбільш відповідальних вузлах рухомого складу.

Для задоволення потреб у перевезеннях на неелектрифікованих ділянках мережі залізниць України до складу експлуатаційного локомотивного парку входять ряд серій тепловозів, велику частку з яких складають магістральні вантажні тепловози серії 2ТЕ116, які обладнані енергетичною установкою з багаточиліндровими V-подібними дизелями типу Д49. Механічна система енергетичних установок тепловозів (ЕУТ) 2ТЕ116 об'єднує декілька виділених підсистем [2], найбільш навантаженою з яких є підсистема колінчатого вала. Це визначає доцільність проведення досліджень, спрямованих на виявлення особливостей формування експлуатаційних навантажень на шийки колінчатого вала

(КВ) ЕУТ з дизелями типу Д49, що необхідно для оцінки їх надійності та довговічності.

**Метою статті** є дослідження особливостей формування навантажень на шийки колінчатого вала енергетичних установок тепловозів 2ТЕ116 з багаточиліндровими V-подібними дизелями типу Д49.

**Дослідження особливостей формування навантажень на шийки колінчатого вала енергетичних установок тепловозів 2ТЕ116.** В ході проведення досліджень з оцінки зносу колінчатих валів ЕУТ з дизелями типу Д49 виявлено, що особливості навантаження колінчатого вала в експлуатації викликають найбільший знос 1, 2, 3, 9 та 10-ї корінних шийок (рис. 1) [3, 4].

Одночасно з цим, розрахункові дослідження що проводились з використанням розробленого комплексного математичного забезпечення підтвердили характер зносів шийок колінчатого вала, який збігається з експериментальними даними (рис. 2).

Це визначає необхідність у проведенні досліджень, спрямованих на виявлення особливостей формування навантажень у виділеній підсистемі колінчатого вала (з урахуванням її конструкції), пов'язаних з наведеним характером формування зносів корінних шийок. Для розв'язання цієї задачі використано наведену на рис. 3 розрахункову схему підсистеми колінчатого вала.

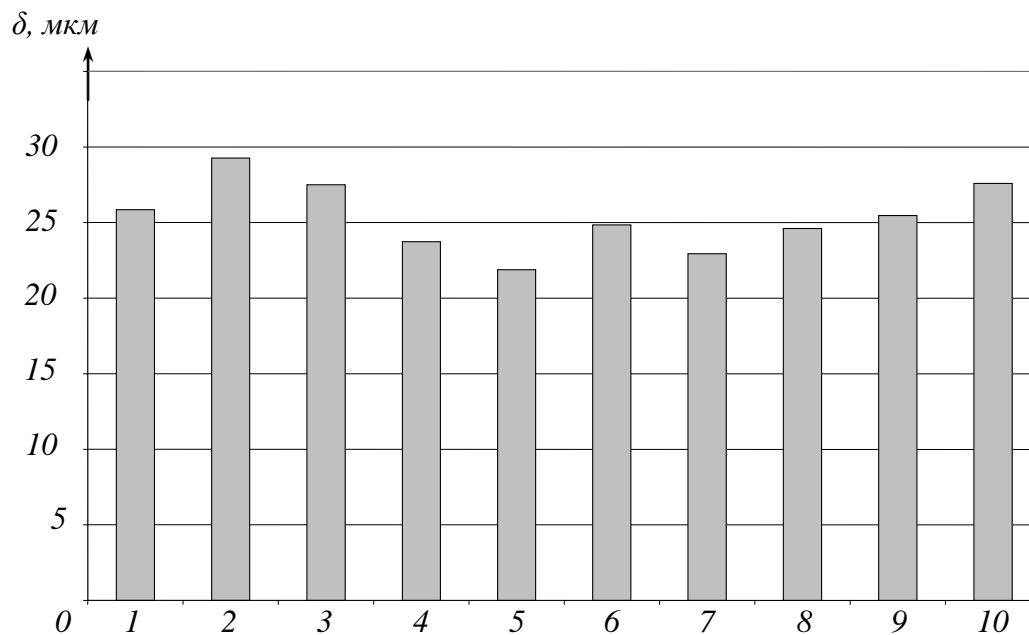


Рис. 1. Середній знос корінних шийок ремонтного фонду колінчатих валів локомотивних енергетичних установок

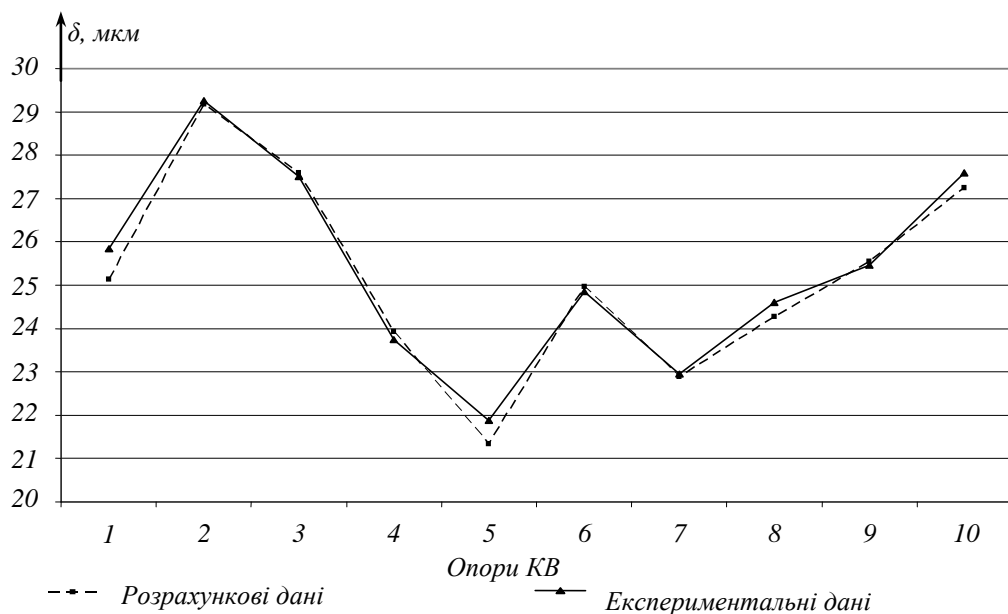


Рис. 2. Зноси корінних шийок КВ ЛЕУ з дизелями Д49

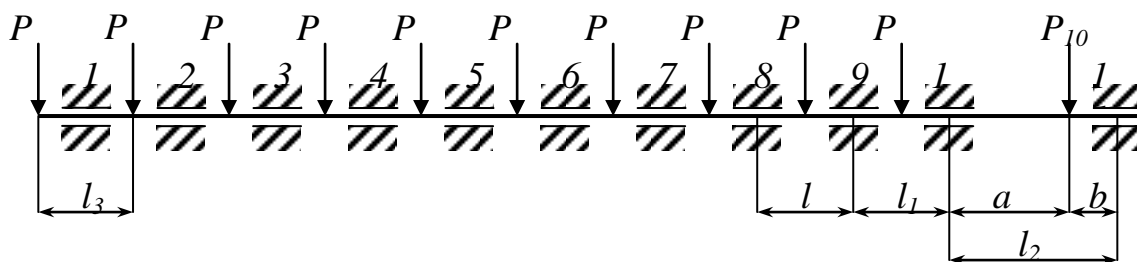


Рис. 3. Розрахункова схема підсистеми колінчатого вала

На схемі конструктивні особливості характеризуються такими параметрами:  $l$  – довжина одного коліна КВ;  $l_1$  – відстань між центральними перерізами 8 та 9-ї корінних шийок;  $l_2$  – відстань від центрального перерізу останньої опори дизеля та підшипником тягового генератора;  $a, b$  – відстані від центра ваги ротора до останньої опори дизеля та підшипника тягового генератора відповідно;  $l_3$  – відстань від перерізу першого циліндрового модуля до центра ваги комбінованого антивібратора. Навантаження характеризуються силами:  $P_0$  – сила ваги антивібратора,  $P_1 - P_8$  – навантаження від дії циліндрових модулів,  $P_9$  – сила ваги шестірні колінчатого вала,  $P_{10}$  – сила ваги ротора тягового генератора. Слід зауважити, що сили  $P_0, P_9$  та  $P_{10}$

мають постійний характер, причому  $P_9$  незначна і нею можна знехтувати, а  $P_1 - P_8$  змінюються за гармонійним характером.

При введенні допущення про однакові умови протікання робочих процесів у циліндрах навантаження  $P_1 - P_8$  мають однаковий характер зміни за кутом обертання КВ. Наприклад, на рис. 4 наведено годограф зміни навантажень на шатунну шийку у перерізі четвертого циліндрового модуля за два оберти колінчатого вала. Слід зазначити, що для усіх циліндрових модулів такий годограф буде відрізнятися лише кутом повороту нульової осі відносно узагальненої координати (ВМТ першого правого циліндра) відповідно до порядку роботи циліндрів.

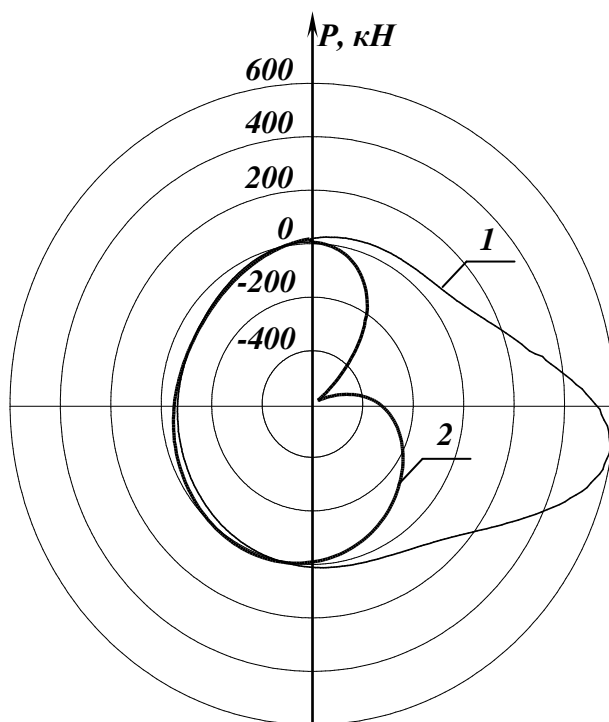


Рис. 4. Годограф розподілення навантаження на шатунну шийку четвертого циліндрового модуля:

- 1 – навантаження при куті повороту КВ від  $0$  до  $360^{\circ}$  відносно узагальненої координати;
- 2 – навантаження при куті повороту КВ від  $360$  до  $720^{\circ}$  відносно узагальненої координати

Для оцінки зносів, що формуються у підсистемі КВ, з використанням годографів розподілення навантажень на шатунні шийки та розрахункової схеми рис. 3 при проведенні досліджень отримані годографи розподілення навантажень для усіх корінних шийок. Слід зазначити, що особливості конструкції підсистеми колінчатого вала (рис. 3), а саме розташування навішених мас антивібратора та ротора тягового генератора ( $P_0$  та  $P_{10}$ ) на відповідних

відстанях ( $a$  та  $l_3$ ), визначають нерівномірність розподілення навантаження по різних корінних шийках. Наприклад, на рис. 5 наведені відповідні годографи для п'ятої та другої корінної шийки. Видно, що рівні навантаження для зазначених корінних шийок суттєво відрізняються як за рівнями найбільших значень, так і за напрямком їх дії. Це визначає відповідний характер зносів КВ.

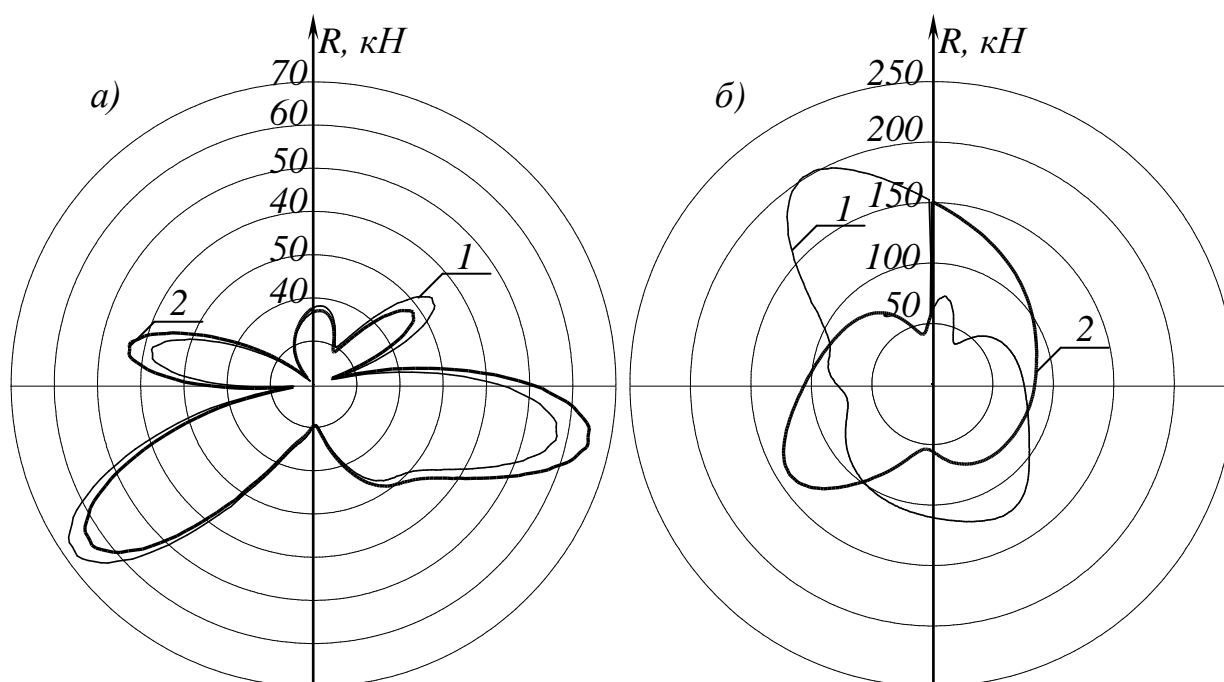


Рис. 5. Годографи розподілення навантаження на п'яті (а) та другі (б) корінні шийки:  
 1 – навантаження при куті повороту КВ від  $0$  до  $360^{\circ}$  відносно узагальної координати;  
 2 – навантаження при куті повороту КВ від  $360$  до  $720^{\circ}$  відносно узагальної координати

Аналіз отриманих годографів для всіх шийок показав, що окрім нерівномірного розподілення рівнів навантажень по перерізах різних корінних шийок спостерігається суттєва зміна радіус-вектора. Це викликає овальність корінних шийок, що у свою чергу характеризує ступінчастість між усіма корінними

шийками по довжині вала, що є одним з критеріїв оцінки придатності КВ до подальшої експлуатації [5].

**Висновки і рекомендації з подальшого використання отриманих результатів.** Наведені в статті матеріали можуть бути використані при врахуванні особливостей формування експлуатаційних

навантажень на шийки колінчатого вала енергетичних установок тепловозів 2ТЭ116 з дизелями типу Д49 при розробленні і

дослідженні скінченноелементної моделі КВ, що має важливе значення при оцінці надійності та довговічності деталей ЕУТ.

### *Список літератури*

1. Програма оновлення локомотивного парку залізниць України, затверджена Постановою КМУ № 840 від 01.08.2011 р. [Текст] // Урядовий кур'єр. – 26.08.2011. – № 155.

2. Тіщенко, В.С. Новий підхід до розрахункових досліджень механізмів локомотивної енергетичної установки з v-подібним дизелем [Текст] // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 117. – С. 159 – 163.

3. Исследование состояния ремонтного фонда дизелей типа Д49, подлежащих капитальному ремонту. Часть 1. Износы и дефекты коленчатого вала и блока дизеля 1А-5Д49. Проектно-конструкторско-технологическое бюро по ремонту локомотивов [Текст]. – Полтава, 1989. – 23 с.

4. Исследование состояния ремонтного фонда тепловозов 2ТЭ116 поступивших в капитальный ремонт. Этап 2. Износы и дефекты коленчатого вала и блока дизеля 1А-5Д49. Проектно-конструкторско-технологическое бюро по ремонту локомотивов [Текст]. – Полтава, 1994. – 27 с.

5. Стеценко, Е.Г. Коленчатые валы тепловозных дизелей [Текст] / Е.Г. Стеценко, Ю.Н. Конарев. – М.: Транспорт, 1985. – 112 с.

**Ключові слова:** енергетична установка тепловоза, колінчатий вал, експлуатаційні навантаження.

### *Анотації*

Відзначена доцільність проведення досліджень, спрямованих на виявлення особливостей формування експлуатаційних навантажень на шийки колінчатого вала енергетичної установки тепловоза 2ТЭ116 з дизелями типу Д49, що необхідно для оцінки їх надійності та довговічності. Наведені результати розрахункових досліджень експлуатаційних навантажень, отримані для перерізів шатунних та корінь шийок з урахуванням особливостей конструкції підсистеми колінчатого вала. Подані рекомендації щодо застосування отриманих результатів при розробленні і дослідженні скінченноелементної моделі колінчатого вала.

Отмечена целесообразность проведения исследований направленных на выявление особенностей формирования эксплуатационных нагрузок на шейки коленчатого вала энергетической установки тепловоза 2ТЭ116 с дизелями типа Д49, что необходимо для оценки их надежности и долговечности. Представлены результаты расчетных исследований эксплуатационных нагрузок, полученные для сечений шатунных и коренных шеек с учетом особенностей конструкции подсистемы коленчатого вала. Приведены рекомендации по применению полученных результатов при разработке и исследовании конечно-элементной модели коленчатого вала.

The desirability of research aimed at identifying the features of the formation of operating loads on the crankshaft journal 2TE116 diesel power plant with diesel D49, which is necessary to assess their reliability and durability. The results of computational modeling of operational loads

obtained for the cross sections of the connecting rod journals and indigenous structural peculiarities subsystem crankshaft. The recommendations for the use of the results in the development and study of a finite element model of the crankshaft.