

Ключевые слова: высокооборотный дизель, газообменные процессы, время-сечение клапанов, новые безударные высокоэффективные газораспределительные кулачки.

Motivated urgency research and research and development developments, directed on ensuring the qualitative processes of the exchange gas in cylinder of the domestic diesels high turn to series DT. It Is Shown by that perspective studies in this direction is a making the camshafts with new fist of the drive valve. It is

presented designed in Ukrainian state academy of the rail-freight traffic new methods grading unaccented fist distribution to high efficiency. The Results of the called on studies witness that use offered fist provides the improvement of the processes of the exchange gas in cylinder of the diesels to series DT when performing all noted conditions on designing.

Keywords: high turn diesel, processes of the exchange gas, time-section valve, new unaccented high efficiency fist distribution gas.

УДК 629.424.1:621.436.004.15

МОРОЗ В.І., д.т.н., професор (УкрДАЗТ)
БРАТЧЕНКО О.В., к.т.н., доцент (УкрДАЗТ)
ТИЩЕНКО В.С., к.т.н., доцент (УкрДАЗТ)

Гармонійний аналіз формування крутних моментів в механічній системі енергетичної установки тепловоза з дизелем Д49

Moroz V., Dr. Eng., Professor (USART)
Bratchenko O., Cand. of Eng. Sc., Associated Professor (USART)
Tishchenko V., Cand. of Eng. Sc., Associated Professor (USART)

Harmonic analysis formation torque of mechanical systems, locomotive power plants with diesel for D49

Постановка задачі і аналіз останніх результатів досліджень

Суттєвий об'єм вантажних та пасажирських перевезень в транспортному комплексі України припадає на залізничний транспорт. Забезпечення виконання потреб у перевезеннях неможливе без наявності сучасного тягового рухомого складу. Поряд з цим низькі темпи оновлення локомотивного парку не дозволяють обслуговувати необхідний об'єм перевезень. Це визначає необхідність підтримки працездатного стану існуючого рухомого складу, серед якого значну частку складають вантажні і пасажирські тепловози (2ТЕ116, ТЕП70), що обладнані V-подібною енергетичною установкою. Зазначене обумовлює необхідність вирішення проблеми паливної еко-

номічності, експлуатаційної надійності та довговічності енергетичних установок тепловозів (ЕУТ) за рахунок проведення розрахунково-експериментальних досліджень напружено-деформованого стану окремих деталей та вузлів дизеля.

Відомо, що в процесі роботи будь якої силової установки енергія виробляється не рівномірним потоком, а імпульсами. Наприклад у відповідності до спрацювання за порядком роботи циліндрів дизеля [1]. Така нерівномірність має суттєвий негативний вплив на роботу як механічної системи (МС) самого дизеля (проявляється у порушенні законів паливоподачі та газорозподілу), так і на роботу споживача енергії – тягового генератора енергетичної установки тепловоза.

ЕУТ з дизелем типу Д49, які набули найбільшого розповсюдження в експлуатаційному парку тепловозів Укрзалізниці, розвиває потужність до 3000 кВт, що визначає значні рівні навантажень в МС. Поряд з цим, особливості роботи дизеля, а саме порядок спрацювання циліндрів (1пр-4л-5пр-2л-7пр-6л-3пр-1л-8пр-5л-4пр-7л-2пр-3л-6пр-8л), визначають нерівномірність формування зазначених навантажень. При чому мають місце суттєві відхилення від середнього значення.

Це обумовлює актуальність досліджень, спрямованих на зменшення таких відхилень, що в свою чергу визначає необхідність аналізу описання особливостей формування навантажень в МС ЕУТ з дизелями Д49.

Одним з можливих шляхів вирішення поставленої задачі є використання гармо-

нийного аналізу, який дозволяє представити функцію навантаження у вигляді ряду Фур'є [2]. Тому *метою статті* є проведення гармонійного аналізу формування крутних моментів в механічній системі енергетичної установки тепловоза з дизелем Д49.

В процесі математичного моделювання напружено-деформованого стану вузлів та деталей механічної системи ЕУТ з дизелем Д49, що проводилось з використанням розробленої комплексної математичної моделі [3], була отримана уточнена крива зміни крутних моментів колінчатого валу в перерізі восьмого циліндрового модуля - сумарний крутний момент, що формується в МС з урахуванням набігання навантажень від першого до восьмого циліндрового модуля (ЦМ) [4] (рис.1).

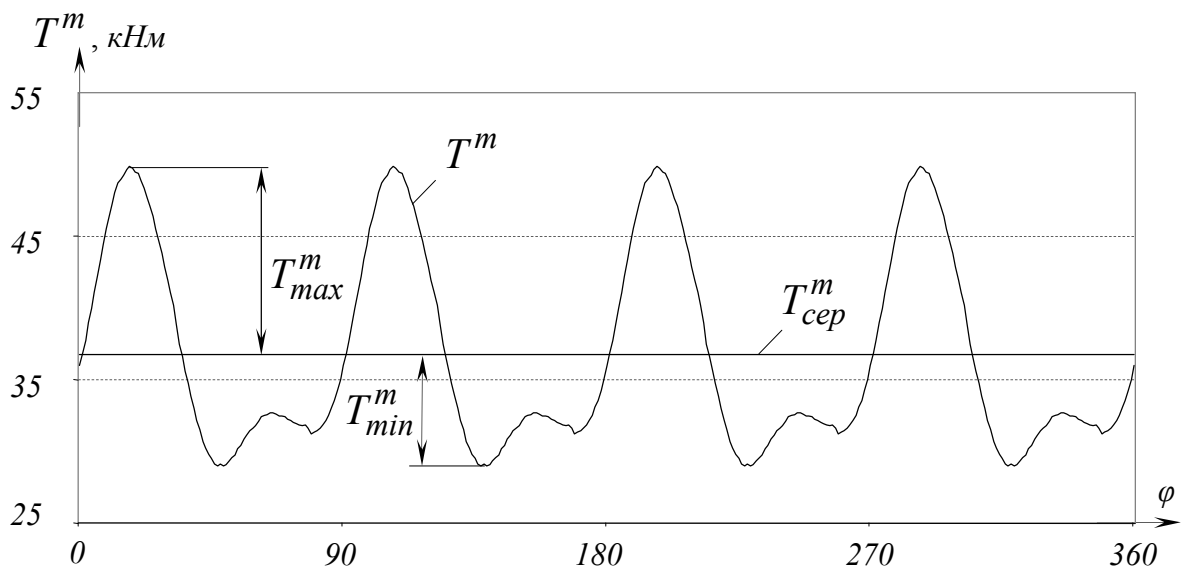


Рис. 1. Крива зміни крутного моменту в перерізі КВ восьмого ЦМ ЕУТ з дизелем Д49 (T^m)

Видно, що зміна сумарного крутного моменту має гармонійний характер, а відхилення від середнього значення $T^m_{сер}$ (що досягає майже 37кНм) перевищує 20% (майже 8 кНм) в бік зменшення (T^m_{min}) і 35% (майже 13 кНм) в бік збільшення

(T^m_{max}). Таку криву можливо описати у вигляді ряду Фур'є, запис якого має вид:

$$f(T^m) = T^m_{сер} + \sum_{k=1}^n X_k^m \quad (1)$$

де $T_{сер}^m$ – середнє значення крутного моменту в перерізі ЦМ m за один оберт КВ;
 k – номер синусоїди (гармоніки);

X_k^m – гармоніки, що описують закономірності формування кривих крутних моментів в перерізі ЦМ m .

Математичний запис гармонік будь якого порядку (k) для ЦМ має вид:

$$X_k^m = \sum_{i=1}^a C_k \cdot \sin(\varphi_i \cdot k + \psi_k) \quad (2)$$

де φ_i – кут повороту КВ в i -тому фіксованому положенні;

C_k – амплітуда коливань;

ψ_k – початкова фаза коливань.

Амплітуда і фаза коливань визначаються за допомогою представлених нижче залежностей (3) та (4) відповідно.

$$C_k = \sqrt{\overline{A_k}^2 + \overline{B_k}^2} \quad (3)$$

$$\psi_k = \arctg \frac{\overline{A_k}}{\overline{B_k}} \quad (4)$$

де $\overline{A_k}$ і $\overline{B_k}$ – середнє значення коефіцієнтів A_k і B_k що визначаються як:

$$A_{ki} = T_i^m \cdot \cos(k \cdot \varphi_i) \quad (5)$$

$$B_{ki} = T_i^m \cdot \sin(k \cdot \varphi_i) \quad (6)$$

де T_i^m – поточне значення крутного моменту в перерізі ЦМ m в i -тому фіксованому положенні.

Використання розробленої математичної моделі [5] дозволило відокремити синусоїди (гармоніки) з яких складається крива навантажень в перерізі восьмого ЦМ ЕУТ дизеля Д49. Поряд з цим особливості проведення розрахунків пов'язані з визна-

ченням дуже великої кількості складових, вплив яких на синтезовану незначний. Тому за рахунок аналізу амплітуд були виділені найбільш впливові синусоїди. Наприклад, для кривої, прийнятої за базову (рис.1), графік амплітуд перших 20 гармонік має вид рис.2.

Видно, що найбільший вплив на характер кривої навантажень мають гармоніки четвертого X_4^{δ} та восьмого X_8^{δ} порядку (наведені на рис.3). Тому доцільно при формуванні синтезованої кривої урахувати тільки їх. В цьому випадку запис ряду Фур'є набуває виду:

$$f(T^{\delta}) = T_{сер}^{\delta} + C_4 \cdot \sin(4\varphi_i + \psi_4) + C_8 \cdot \sin(8\varphi_i + \psi_8) \quad (7)$$

Середнє значення крутного моменту в перерізі восьмого циліндрового модуля $T_{сер}^{\delta}$ складає 36720 Н·м, параметри гармонік наведені в таблиці 1.

Слід зазначити, що при урахуванні тільки 4-ї та 8-ї гармонік в порівнянні з сумою усіх складових похибка синтезованої і базової кривих збільшилась на 1%, але не перевищила 2%.

Висновки і рекомендації з подальшого використання отриманих результатів

Розглянуті особливості формування крутних моментів в механічній системі енергетичної установки тепловоза з дизелем Д49, отримані з використанням гармонійного аналізу дані дозволяють з високою точністю визначати параметри основних складових циклічної зміни крутних моментів. Наведені результати надають можливість запропонувати конструктивні рішення щодо гасіння виділених гармонік і зменшення коливань. Це має важливе значення при вирішенні питань зменшення негативного впливу нерівномірності формування навантажень в механічній системі ЕУТ, а також в дослідженнях з оцінювання міцно-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ

сті та особливостей руху колінчатого і роз- подільного валів.

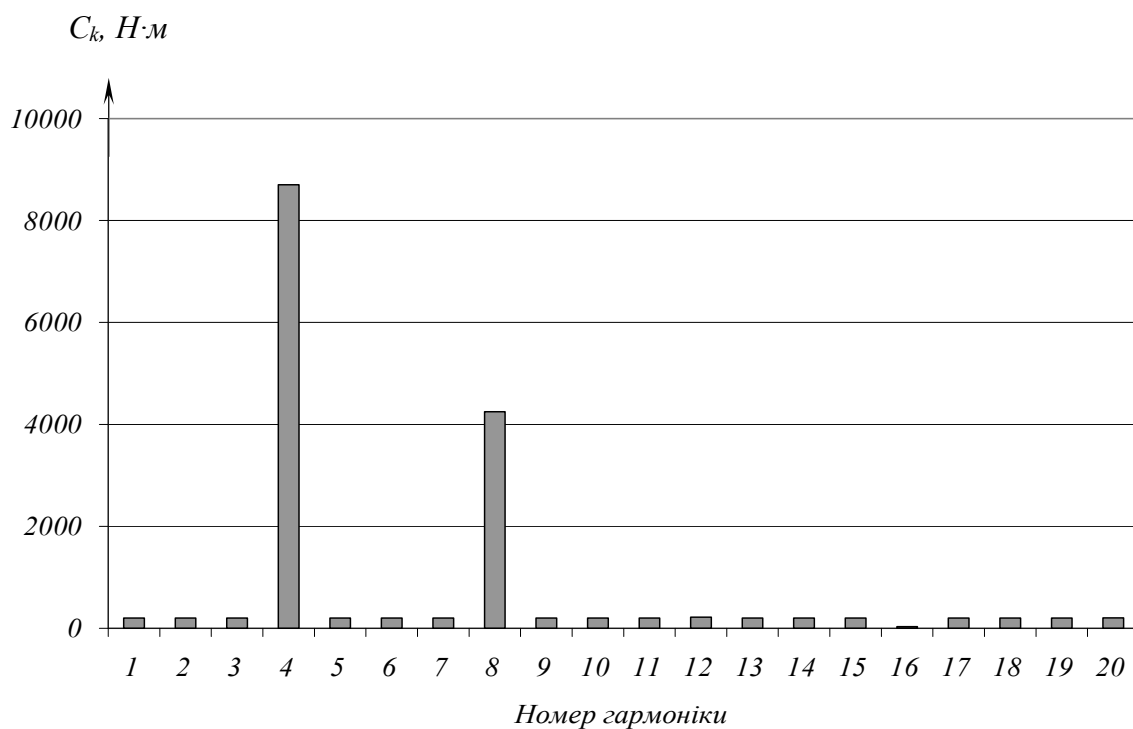


Рис. 2. Амплітуди перших 20 складових кривої крутного моменту.

Таблиця 1

Параметри гармонік 4-го та 8-го порядку.

Гармоніка	$C_k, H \cdot m$	$\psi_k, \text{град}$	$\overline{A}_k, H \cdot m$	$\overline{B}_k, H \cdot m$
X_4^8	8701,4	20,2	3005,34	17,38
X_8^8	4249,4	-67	-3910,78	31,19

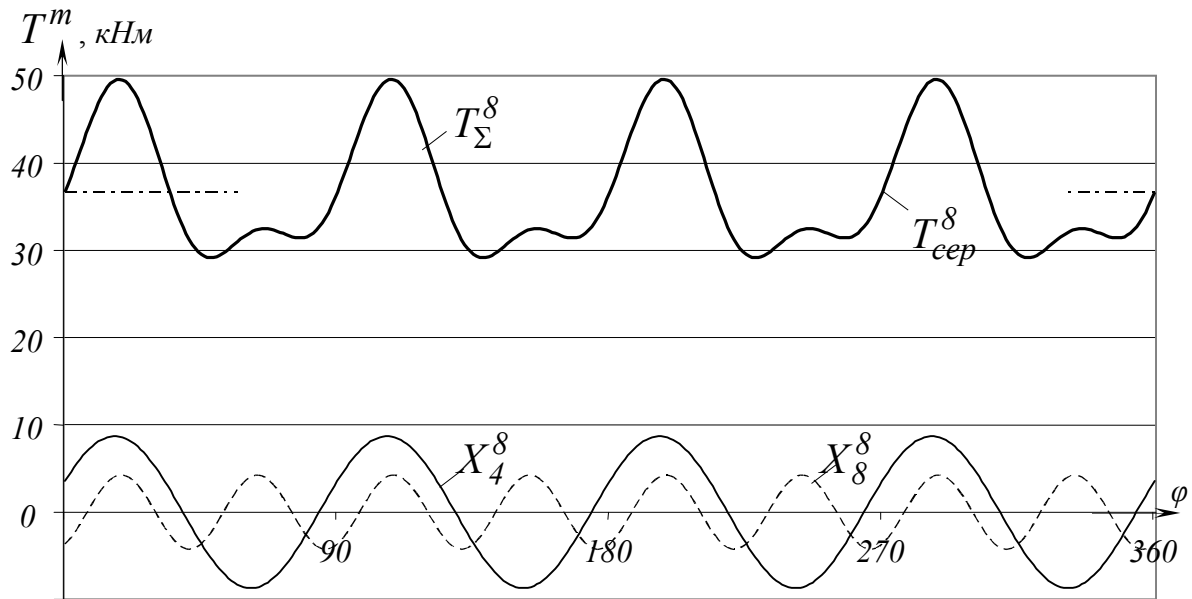


Рис. 3. Результати гармонійного аналізу кривої зміни крутного моменту в перерізі КВ восьмого ЦМ ЕУТ з дизелем Д49.

T_{Σ}^{δ} - синтезована крива зміни крутного моменту;

$T_{сер}^{\delta}$ - середнє значення крутного моменту;

$X_4^{\delta}, X_8^{\delta}$ - гармоніки четвертого та восьмого порядків відповідно.

Список літератури:

1 Терских В.П. Расчеты крутильных колебаний силовых установок. Справочное пособие. Том 1 / В.П. Терских – Ленинград: Государственное научно-техническое издательство Машино-строительной и судостроительной литературы, 1953. – 300 с.

2 Серебренников М.Г. Гармонический анализ / М.Г. Серебренников // Государственное издательство технико-теоретической литературы. М. Л. 1948. – 488 с.

3 Тищенко В.С. Моделивання експлуатаційних навантажень і деформацій в механічній системі локомотивних енергетичних установок з використанням комплексного математичного забезпечення / В.С. Тищенко // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2012. – Вип. 32. – С. 151 – 154.

4 Мороз В.І. Математичне описання модульно-накопичувального формування крутних моментів багатопідциліндрових V-подібних тепловозних дизелів / В.І. Мороз, О.В. Братченко, В.С. Тищенко // Удоскона-

лення будівельних, колійних та перевантажувальних машин // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 88 – С.34 – 39.

Spysok Literatury:

1 Terskyh V.P. Raschety krutilnyh kolebaniy silovyh ustanovok. Spravochnoe posobie. Tom 1 / V.P. Terskyh - Leningrad: Gosudarstvennoe nauchno-tekhnicheskoe izdatelstvo mashynostroitelnoy i sudostroytelnoy literatury, 1953. - 300 s.

2 Serebrennikov M.G. Garmonicheskii analiz / M.G. Serebrennikov // Gosudarstvennoe izdatelstvo tekhniko-teoreticheskoy literatury. ML 1948. - 488 s.

3 Tischenko V.S. Modeliuvannia ekspluatatsiinyh navantazhen i deformatsii v mehanichniykh sistemakh lokomotyvnykh energetychnykh ustanovok z vykorystanniam kompleksnogo matematychnogo zabezpechennia / V.S. Tischenko // Zb. Nauk. Prats. - Donetsk: DonIZT 2012. - Vyp. 32. - S. 151 - 154.

4 Moroz V.I. Matematychnе opysannia modulno-nakopychuvalnogo formuvannia krutnykh momentiv bagatotsylindrovyyh V-podibnykh teplovoznnykh dyzeliv / V.I. Moroz, O.V. Bratchenko, V.S. Tishchenko // Udoskonalennia budivelnykh, koliinykh ta perevantazhuvalnykh machyn // Zb. nauk. prats. - Kharkiv: UkrDAZT 2008. - Vyp. 88 - S.34 - 39.

Анотації:

В статті представлено результати розрахункових досліджень, спрямованих на аналіз особливостей формування крутних моментів в механічній системі енергетичної установки тепловоза з дизелем Д49, які проводились на основі гармонійного аналізу кривої крутних моментів в перерізі восьмого циліндрового модуля. Подані рекомендації щодо застосування отриманих результатів при вирішенні питань зменшення негативного впливу нерівномірності формування навантажень в механічній системі ЕУТ, а також в дослідженнях з оцінювання міцності та особливостей руху колінчатого і розподільного валів.

Ключові слова: тепловоз, дизель, механічна система, навантаження, гармонійний аналіз.

В статье представлены результаты расчетных исследований, направленных на анализ особенностей формирования крутящих моментов в механической системе энергетической установки тепловоза с дизелем Д49, проведенных на основе гармонического анализа кривой крутящих моментов в сечении с восьмого цилиндрического модуля. Даны рекомендации к применению полученных результатов при решении вопросов уменьшения негативного влияния неравномерности формирования нагрузок в механической системе ЭУТ, а также в исследованиях по оценке прочности и особенностей движения коленчатого и распределительного валов.

Ключевые слова: тепловоз, дизель, механическая система, нагрузки, гармонический анализ.

The article presents the results of computational studies aimed at analyzing the features of formation of torque in the mechanical system of the power plant with a diesel locomotive D49 conducted on the basis of harmonic analysis of the torque curve in the eighth section of the cylinder module. Recommendations for use of the results obtained in solving the issues of reducing the negative impact of the formation of uneven loads in the mechanical system PPL, as well as studies evaluating the strength and motion features crank and cam shafts.

Keywords: locomotive, diesel, the mechanical system, harmonic analysis.

УДК 629.463.65(477)

ФОМІН О.В., канд. техн. наук, доцент (ДонІЗТ УкрДАЗТ)

Аналіз експериментальних досліджень конструкції напіввагонів моделей 12-9904 та 12-9904-01

Fomin O., Cand. of Eng. Sc., Associated Professor (DRTI USART)

Analysis of experimental researches construction of freight gondolas models 12-9904 and 12-9904-01

Постановка проблеми і аналіз результатів останніх досліджень.

Для підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту України на внутрішньому і зовнішньому ринку вантажних транспортних послуг, Державною ці-

льовою програмою реформування залізничного транспорту України на 2010-2015 роки, затвердженою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року №1390 та Транспортною стратегією України на період до 2020 року, яка була затверджена на засіданні Кабінету Мініст-