

УДК 621.436

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЇ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ВАЛІВ ТРАНСПОРТНИХ ДИЗЕЛІВ

Канд. техн. наук К.В. Астахова

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ ТРАНСПОРТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Канд. техн. наук К.В. Астахова

ANALYSIS OF CONSTRUCTION FEATURES AND FUNCTIONING OF CAMSHAFTS DIESEL POWER PLANTS

Cand. of techn. science K. Astakhova

В роботі подано результати досліджень, спрямованих на визначення особливостей конструкції та функціонування розподільних валів енергетичних установок, якими обладнана переважна більшість магістральних тепловозів експлуатаційного парку Укрзалізниці. Отримані схеми формування навантажень, що діють на елементи конструкції розподільних валів енергетичних установок, дали змогу визначити рівні механічної напруженості в механізмах привода клапанів та навантаження на опорні шийки розподільних валів.

Ключові слова: енергетична установка тепловоза, розподільний вал, кулачковий механізм газорозподілу.

В работе приведены результаты исследований, направленных на определение особенностей конструкции и функционирования распределительных валов энергетических установок, которыми оборудовано подавляющее большинство магистральных тепловозов эксплуатационного парка Укрзалізниць. Полученные схемы формирования нагрузок, действующих на элементы конструкции распределительных валов энергетических установок, позволили определить уровни механической напряженности в механизмах привода клапанов и нагрузки на опорные шейки распределительных валов.

Ключевые слова: энергетическая установка тепловоза, распределительный вал, кулачковый механизм распределения.

The results of studies designed to determine the characteristics of the design and operation of power plants camshafts, which is equipped with the vast majority of diesel locomotives operating Ukrzaliznytsi park. Significant impact on the quality of workflow processes render cylinder gas exchange flow which provide appropriate design mechanisms for timing. Underlying these mechanisms a suitable camshafts. Most power plants camshafts manage traffic intake and exhaust valves and the fuel pump pressure according to the order of the cylinders. The resulting generation circuit loads on structural elements of camshafts power plants, allowed to determine the levels of mechanical stress in the valve operating mechanisms and load bearing cervical camshafts. The level of mechanical tension in the valve drive mechanism, the load on the bearing neck RVs determined by current value of the total force. The analysis results demonstrate the feasibility of the research and development work aimed at improving the camshafts and timing mechanisms in general.

Keywords: diesel engine, camshaft, cam timing.

Постановка проблеми і аналіз останніх досліджень у напрямку її вирішення. Відповідно до основних положень Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року (схвалена розпорядженням Кабінету

Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1555-р) і Програми оновлення локомотивного парку залізниць України (затверджена Постановою КМУ № 840 від 01.08.2011 р.), пріоритетом в оновленні тягового рухомого

складу (ТРС) є забезпечення залізниць України парком ТРС переважно нового покоління. Це надасть змогу покращити техніко-економічні показники діяльності залізничного транспорту, поліпшити безпеку та зручність перевезень, підвищити конкурентоспроможність залізниць України і суттєво підвищити ефективність роботи галузі.

В той же час оперативне оновлення залізничного рухомого складу ускладнюється необхідністю витрат дуже великих обсягів коштів. Тому при поетапному (поступовому) вирішенні такої проблеми набувають актуальності роботи, спрямовані на зниження витрат на ремонт і утримання наявного ТРС.

Суттєвий обсяг вантажних і пасажирських перевезень на мережах залізниць України, а також маневрової роботи на підприємствах залізничного транспорту та промисловості виконується тепловозами. На цей час на залізницях України експлуатуються магістральні тепловози серій 2ТЕ116, 2М62, М62, ТЕП70, ТЕП150, 2ТЕ10 [1, 2]. Їх техніко-економічні показники в основному визначаються експлуатаційними характеристиками енергетичних установок.

Тепловози серій М62 і 2М62 обладнані енергетичними установками тепловозів (ЕУТ) з V-подібним двотактним дванадцятициліндровим дизелем 14Д40 [3]. На тепловозах ТЕП70 і 2ТЕ116 встановлені ЕУТ з V-подібними чотиритактними дизелями Д49 [4, 5]. Винятком є незначна кількість тепловозів 2ТЕ116 з V-подібними чотиритактними дизелями типу Д80 [6].

Відомо, що значний вплив на якість робочого процесу в циліндрах справляють процеси газообміну, протікання яких забезпечується відповідними конструкціями механізмів газорозподілу. В основі таких механізмів використовуються відповідні розподільні вали (РВ), тому одним з перспективних напрямків вирішення завдань щодо поліпшення техніко-економічних показників ЕУТ є удосконалення конструкції розподільних валів за умов забезпечення якісних експлуатаційних характеристик. Це потребує аналізу особливостей їх конструкції та функціонування у складі ЕУТ.

Мета статті і виклад основного матеріалу. У статті наведено опис результатів досліджень, спрямованих на визначення

особливостей конструкції і функціонування розподільних валів енергетичних установок тепловозів, якими обладнана переважна більшість магістральних тепловозів експлуатаційного парку Укрзалізниці.

У конструкцію двотактної V-подібної енергетичної установки з дизелем Д40 з прямоточно-клапанним продуванням входить один розподільний вал з тангенціальними кулачками, кожен з яких управляє випускними клапанами правого і лівого циліндра відповідного циліндрового модуля [3, 7].

Кулачки виконані за одне ціле з розподільним валом. Рівень механічної напруженості в механізмі привода клапанів, навантаження на опорні шийки РВ визначається поточними величинами сумарних сил $F_{\Sigma П}$ і $F_{\Sigma Л}$ – сил тиску на кулачок відповідного циліндрового модуля від роликів штовхачів відповідно циліндрів правого і лівого рядів (рис. 1).

$$F_{\Sigma П,Л} = F_{Г П,Л} + F_{ПР П,Л} + F_{И П,Л}, \quad (1)$$

де $F_{Г П,Л}$ – зведені до кулачка загальні сили газів у циліндрах правого і лівого рядів, що діють на тарілки випускних клапанів;

$F_{ПР П,Л}$ – зведені до кулачка загальні сили клапанних пружин циліндрів правого та лівого рядів;

$F_{И П,Л}$ – зведені до кулачка загальні інерційні навантаження від прискореного руху деталей КМГР циліндрів правого та лівого рядів.

В більшості чотиритактних ЕУТ, що встановлені на ТРС Укрзалізниці, розподільні вали здійснюють управління рухом впускних (ВПК) і випускних (ВИПК) клапанів, а також роботою паливного насоса високого тиску (ПНВТ) відповідно до порядку роботи циліндрів.

В конструкцію V-подібної енергетичної установки тепловоза з дизелем Д80 входить два РВ – лівий та правий [3, 7]. За одне ціле з розподільними валами виконані паливні і тангенціальні газорозподільні кулачки для кожного циліндра відповідного ряду.

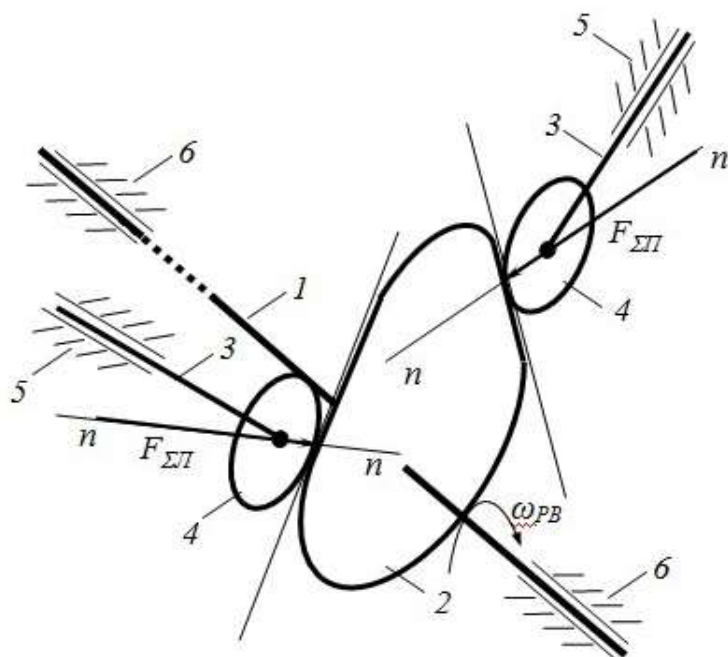


Рис. 1. Формування навантажень, діючих на елементи конструкції РВ енергетичної установки тепловоза з дизелем Д40: 1 – розподільний вал; 2 – кулачок; 3 – штовхачі; 4 – ролики штовхачів; 5 – напрямні штовхачів; 6 – опори РВ

Рівні механічної напруженості в механізмах привода ПНВТ, впускних і випускних клапанів, навантаження на опорні шийки кожного з РВ визначаються величинами таких сил (рис. 2):

$F_{ПНВТ}$ – діюча на паливний кулачок сила тиску ролика штовхача ПНВТ (визначається величиною поточних тисків палива в надплунжерному просторі);

$F_{\Sigma ВП}$ – діюча на кожний впускний кулачок сила тиску ролика штовхача механізму привода ВПК;

$$F_{\Sigma ВП} = F_{ПР} + F_{ИН}, \quad (2)$$

де $F_{ПР ВП}$ – зведена до кулачка сила клапанних пружин ВПК;

$F_{ИН ВП}$ – зведене до кулачка загальне інерційне навантаження від прискороного руху ланок механізму привода ВПК;

$F_{\Sigma ВП П}$ – діюча на кожний випускний кулачок сила тиску ролика штовхача механізму привода ВІПК;

$$F_{\Sigma ВІП П} = F_{Г} + F_{ПР ВІП П} + F_{ИН ВІП П}, \quad (3)$$

де $F_{Г}$ – зведена до кулачка сила тиску газів у відповідному циліндрі, що діє на тарілки ВІПК;

$F_{ПР ВІП П}$ – зведена до кулачка сила клапанних пружин ВІПК;

$F_{ИН ВІП П}$ – зведене до кулачка загальне інерційне навантаження від прискороного руху ланок механізму привода ВІПК.

В конструкції чотиритактної V-подібної енергетичної установки тепловоза з дизелем Д49 використовується розміщений у лотку один розподільний вал, на якому встановлені паливні і тангенціальні газорозподільні кулачки [3, 7]. Кожен паливний кулачок управляє роботою ПНВТ правого і лівого циліндрів відповідного циліндрового модуля. Кожен газорозподільний кулачок – переміщенням відповідних клапанів правого і лівого циліндрів циліндрового модуля.

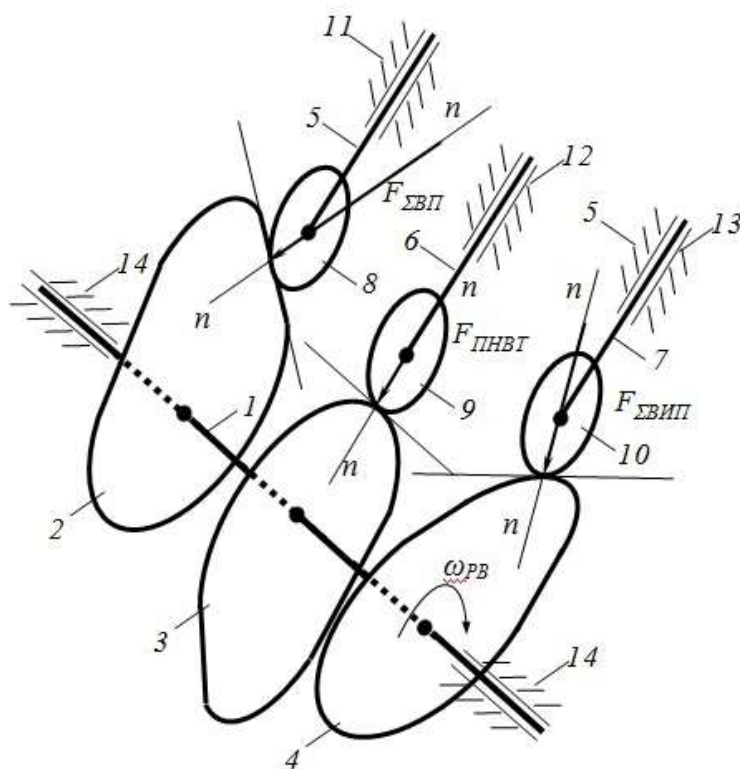


Рис. 2. Формування навантажень, діючих на елементи конструкції правого РВ енергетичної установки тепловоза з дизелем Д80: 1 – розподільний вал; 2 – впускний кулачок; 3 – паливний кулачок; 4 – випускний кулачок; 5...7 – штовхачі; 8...10 – ролики штовхачів; 11...13 – напрямні штовхачів; 14 – опори РВ

Рівні механічної напруженості в механізмах привода ПНВТ, впускних і випускних клапанів, навантаження на опорні шийки кожного з РВ визначаються величинами таких сил (рис. 3) [7]:

$F_{\text{ПНВТ}}^{\text{ПР}}, F_{\text{ПНВТ}}^{\text{Л}}$ – діючі на кожний паливний кулачок сили тиску роликів штовхачів ПНВТ правого та лівого циліндрів (визначаються величиною поточних тисків палива в надплунжерному просторі);

$F_{\Sigma \text{ВП}}^{\text{ПР}}, F_{\Sigma \text{ВП}}^{\text{Л}}$ – діючі на кожний впускний кулачок сили тиску ролика штовхача механізмів привода ВПК правого та лівого циліндрів;

$$F_{\Sigma \text{ВП}}^{\text{ПР,Л}} = F_{\text{ПРВП}}^{\text{ПР,Л}} + F_{\text{ПНВП}}^{\text{ПР,Л}}, \quad (4)$$

де $F_{\text{ПРВП}}^{\text{ПР,Л}}$ – зведені до кулачка сили клапанних пружин ВПК правого та лівого циліндрів;

$F_{\text{ПНВП}}^{\text{ПР,Л}}$ – зведені до кулачка загальні інерційні навантаження від прискореного руху ланок механізму привода ВПК правого та лівого циліндрів;

$F_{\Sigma \text{ВВП}}^{\text{ПР}}, F_{\Sigma \text{ВВП}}^{\text{Л}}$ – діючі на кожний випускний кулачок сили тиску ролика штовхача механізмів привода ВІПК правого та лівого циліндрів;

$$F_{\Sigma \text{ВВП}}^{\text{ПР,Л}} = F_{\Gamma}^{\text{ПР,Л}} + F_{\text{ПРВВП}}^{\text{ПР,Л}} + F_{\text{ПНВВП}}^{\text{ПР,Л}}, \quad (5)$$

де F_{Γ} – зведені до кулачка сили тиску газів, що діють на тарілки ВІПК правого та лівого циліндрів;

$F_{\text{ПРВВП}}^{\text{ПР,Л}}$ – зведені до кулачка сили клапанних пружин ВІПК правого та лівого циліндрів;

$F_{H_{ВИП}}^{ПР,Л}$ – зведені до кулачка загальні інерційні навантаження від прискороного руху

ланок механізму привода ВИПК правого та лівого циліндрів.

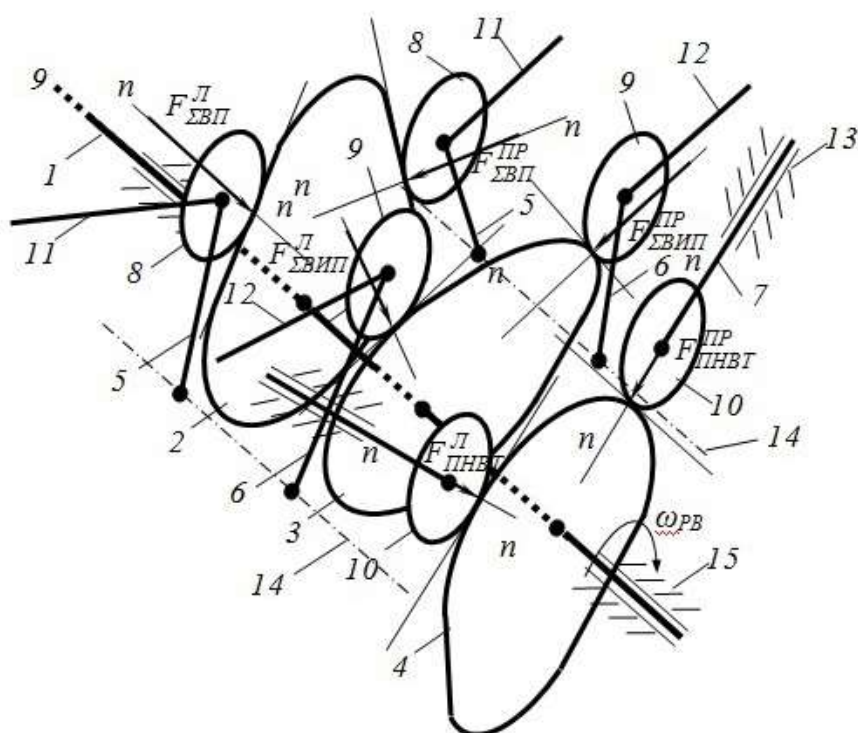


Рис. 3. Формування навантажень, діючих на елементи конструкції РВ енергетичної установки тепловоза з дизелем Д49: 1 – розподільний вал; 2 – впускний кулачок; 3 – випускний кулачок; 4 – паливний кулачок; 5 – коромислові штовхачі привода ВПК; 6 – коромислові штовхачі привода ВИПК; 7 – штовхач ПНЕВТ; 8...10 – ролики штовхачів; 11 – штанги привода ВПК; 12 – штанги привода ВИПК; 13 – напрямні штовхачів ПНЕВТ; 14 – осі коромислових штовхачів; 15 – опора РВ

Висновки з дослідження і перспективи використання. Аналіз поданих матеріалів щодо формування навантажень на елементи конструкції розподільних валів (рис. 1, 2, 3) засвідчив, що найбільш навантаженими в експлуатації магістральних тепловозів є розподільні вали ЕУТ Д49.

З урахуванням того, що тепловози, які обладнано енергетичними установками з

V-подібними чотиритактними дизелями Д49, складають понад 50 % експлуатаційного парку магістральних тепловозів Укрзалізниця, є доцільним проведення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, спрямованих на удосконалення розподільних валів та механізмів газорозподілу в цілому, в тому числі і за рахунок удосконалення технології їх проектування та ремонту.

Список використаних джерел

1. Боднар, Б.Є. Теорія та конструкція локомотивів. Основи проектування [Текст]: підруч. для ВНЗ залізнич. трансп. / Б.Є. Боднар, Є.Г. Нечаєв, Д.В. Бобир; за ред. д-ра тех. наук, проф. Б.Є. Боднара. – Дніпропетровськ: ПП «Ліра ЛТД», 2010. – 358 с.
2. Луганские тепловозы 1956-2006 [Текст]: каталог-справочник. – Луганск: ОАО «ХК «Лугансктепловоз», 2006. – 538 с.

3. Володин, Л.И. Локомотивные энергетические установки [Текст]: учебник для вузов ж.-д. трансп. / Л.И. Володин, В.З. Зюбанов, В.Д. Кузьмич и др.; под ред. А.И. Володина. – М.: ИПК «Желдориздат», 2002. – 718 с.
4. Филонов, С.П. Тепловоз 2ТЭ116 [Текст] / С.П. Филонов, А.И. Гибалов, В.Е. Быковский и др. – 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1985. – 328 с.
5. Быков, В.Г. Пассажирский тепловоз ТЭП70 [Текст] / В.Г. Быков, Б.Н. Морошкин, Г.Е. Серделевич, Ю.В. Хлебников, В.М. Ширяев. – М.: Транспорт, 1976. – 232 с.
6. Будённый, М.М. Новые двигатели Д-80 для тепловозов [Текст] / М.М. Буденный, Н.И. Сергиенко // Залізничний транспорт України. – 2001. - № 1. – С. 30-32.
7. Симсон, А.Э. Тепловозные двигатели внутреннего сгорания [Текст] / А.Э. Симсон, А.З. Хомич, А.А. Куриц и др. – М.: Транспорт, 1987. – 536 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.В. Устенко

Астахова Ксенія Вікторівна, канд. техн. наук, доцент кафедри механіки і проектування машин Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057)730-10-52. E-mail: kseniya.astakhova@gmail.com.

Astakhova Kseniya Viktorivna, cand. of techn. science, lecturer, department Mechanics and Machine Design, Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: (057)730-10-52. E-mail: kseniya.astakhova@gmail.com.