

економію до  $5 \text{ кг}/10^4 \text{ ткм}$  бруто в порівнянні з існуючими режимами.

#### Список використаних джерел

1. Ivanchenko, D. Improvement of methods and models of choice of types of acceptance trials of modernized locomotives [Text] / D. Ivanchenko // Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». – 2016. – № 2. – Р. 108–112.

2. Babel, M. Modernizacja spalinowej lokomotywy manewrowej serii SM31 [Text] / M. Babel, B. Szachniewicz // Technika Transportu Szynowego. – 2012. – № 4. – Р. 42-45.

3. Тартаковський, Е. Д. Визначення ефективності модернізації тепловозів М62

за результатами порівняльних експлуатаційних випробувань [Текст] / Е.Д. Тартаковський, А.П. Фалендиш, А.М. Зінківський [та ін.] / Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2011. – С. 158.

4. Escolan, T. Модернизация тепловозов [Текст] / T. Escolan // Железные дороги мира. – 2005. – №12. – С.53-57.

5. Фалендиш, А. П. Моделювання робочих параметрів модернізованих тепловозів як об'єктів випробувань [Текст] / А.П. Фалендиш, Д.А. Іванченко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2016. – № 1. – С. 71-76.

УДК 629.42.016.2

*Д. С. Жалкін*

### ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА ПРИ РОЗГОНІ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА

*D. Zhalkin*

#### FUEL SAVINGS WHEN ACCELERATING DIESEL RAIL VEHICLES

Дослідження належать до галузі ресурсозбереження та енергоефективності й спрямовані на вирішення важливої науково-технічної проблеми – зниження витрат пального під час експлуатації автономних локомотивів. Відомі гібридні силові установки [1,2] (ГСУ) локомотивів з електропередачею потужності з накопичувачами електроенергії неможливо застосувати на дизель-поїздах і тепловозах з гідравлічною передачею потужності.

Рух будь-якого дизель-поїзда з гідропередачею потужності можна охарактеризувати такими особливостями:

- змінюються сили основного і додаткового опору;

- коефіцієнт зчеплення змінюється в широкому діапазоні (0,15-0,36);

- змінюється час заповнення пускового гідротрансформатора.

Оптимальним за витратою палива є режим руху з постійною швидкістю [3,4,5]. Якщо ухил не є постійним  $i \neq const$ , то сталість швидкості руху може бути досягнуто за допомогою регулювання потужності дизеля. При розгоні для забезпечення постійного навантаження дизеля або зменшення часу перехідних процесів потрібно підключення додаткового джерела енергії. Поставлена задача вирішується включенням до складу ГСУ гідромотора, який живиться стиснутою оливою гідроакумулятора й

приведе в дію гідротрансформатор гідропередачі та обгінної (керованої) муфти, яка пов'язана з колінчастим валом ДВЗ, вхідним валом гідропередачі та провідним валом гідромотора. На рисунку у вигляді блочної схеми зображено можливу гібридну силову установку дизель-поїзда, який має гідравлічну передачу потужності [6]. При наближенні дизель-поїзда до зупинного пункту ДВЗ вимикається, а рух дизель-поїзда або рейкового автобуса виконується штатною гідропередачею під дією енергії стиснутої

оливи (другого джерела енергії) за допомогою гідромотора. Під час зупинки ДВЗ не працює, не витрачає паливо і не забруднює навколишнє середовище. Віддалення від вокзалу також виконується за рахунок енергії стиснутої оливи (другого джерела енергії) штатною гідропередачею за допомогою гідромотора. Ємність резервуара зі стиснутою оливою (або їх кількість) можна корегувати залежно від часу проїзду дизель-поїзда або рейкового автобуса по великому місту з непрацюючим ДВЗ.

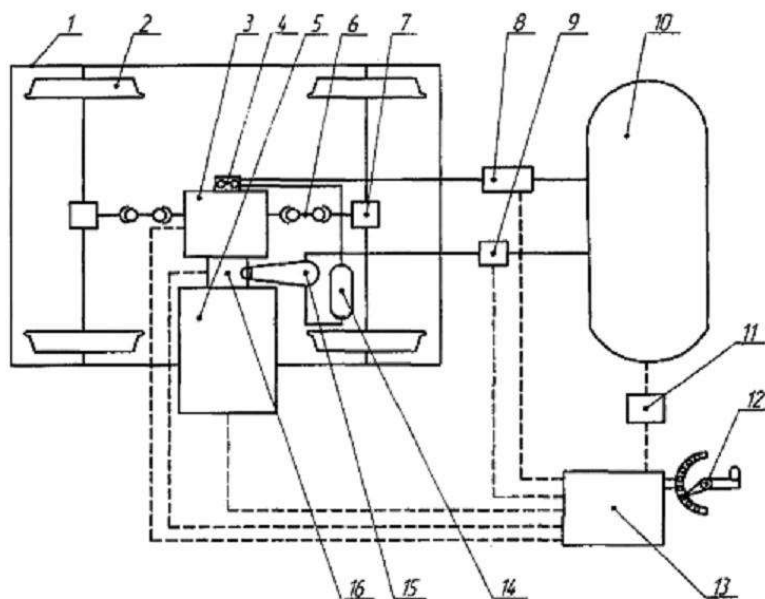


Рис. Гібридна силова установка дизель-поїзда:

1 – рама візка; 2 – рушійна колісна пара; 3 – гідропередача; 4 – додатковий оливний насос; 5 – ДВЗ; 6 – карданний вал; 7 – осьовий редуктор; 8 – електромагнітний зворотний клапан високого тиску; 9 – електронний регулятор тиску; 10 – резервуар стиснутої оливи; 11 – датчик тиску; 12 – контролер машиніста; 13 – електронний блок керування; 14 – додаткова ємність; 15 – гідромотор; 16 – обгінна муфта

Для моделювання режимів руху та розгону дизель-поїзда з ГСУ було

використано рівняння руху поїзда в загальному вигляді:

$$\frac{dv}{dt} = f(F_{\text{дот}}, Q, P, \psi_{\text{зч}}, \xi, N_e, \alpha, \beta, \varphi_{\text{дот}}, k_{\phi}, D_k, \Sigma J), \quad (1)$$

де  $F_{\text{дот}}$  – дотична сила тяги, Н;  $Q$  – вага поїзда, кН;  $P$  – службова вага дизель-

поїзда, кН;  $\psi_{\text{зч}}$  – коефіцієнт зчеплення;  $\xi$  – прискорення поїзда при дії сили в Н/кН,

км/хв<sup>2</sup>;  $N_c$  – ефективна потужність дизеля, кВт;  $\alpha$  – ступінь наповнення пускового гідротрансформатора (ГТР);  $\beta$  – коефіцієнт відбору потужності дизеля на допоміжні потреби;  $\varphi_{\text{дот}}$  – питома результуюча сил, діючих на поїзд, Н/кН;  $k_\phi$  – коефіцієнт трансформації моменту ГТР передачі потужності;  $D_k$  – радіус колеса, м;  $\Sigma J$  – момент інерції обертових частин гідропередачі, дизеля і трансмісії тепловоза, кг•м.

Виконане дослідження показує значну багатоваріативність режимів розгону дизель-поїзда з гібридною передачею потужності та необхідність розроблення методики додаткової оптимізації режимів розгону за рахунок можливої зміни режимів роботи силової установки і потужності від додаткового джерела енергії та, як наслідок, виявлення енергоефективних варіантів зміни не тільки сили тяги, швидкості, але й зміни швидкості прискорення руху. Виконані розрахунки показують, що зміна додаткової потужності, яку забезпечує гібридна силова установка, приводить до значної зміни прискорення та часу розгону. Змінюється швидкість зростання прискорення, що може призвести до додаткових динамічних навантажень на конструкцію та пасажирів. Підвищення додаткової потужності більше ніж на 200-250 кВт недоцільно, оскільки викликає перевищення сили тяги обмеження за зчепленням, що приведе до інтенсивного боксування. Крім того, підвищення потужності додаткового джерела енергії приводить до значного зростання габаритних розмірів гідроаккумуляторів, які неможливо розмістити у дизельному приміщенні, особливо при розміщенні силової установки під кузовом.

### Список використаних джерел

1. Meinert, M. Energy storage technologies and architectures for specific diesel-driven rail duty cycles: Design and system integration aspect [Text] / M.Meinert, P.Prenleloup, S. Schmid, R.Palacin // Applied Energy. – 2015. – 157. – P. 619-629.
2. Hui, Hu. A multi-objective trainscheduling optimization model considering locomotive assignment and segment emission constraints for energy saving [Text] / Hui Hu, Keping Li, Xiaoming Xu // Journal of Modern Transportation. – 2013. – vol. 21. – issue 1. – P. 9-16.
3. Кузьмич, В. Д. Теория локомотивной тяги [Текст]: учебн. для вузов ж.-д. трансп. / В.Д. Кузьмич, В.С. Руднев, С.Я. Френкель. – М.: Маршрут, 2005. – 448 с.
4. Боднар, Б. Є. Определение энерго-сберегающих режимов разгона поездов [Текст] / Б.Є. Боднар, М.І. Капіца, А.М. Афанасов [та ін.] // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. – Дніпропетровськ, 2015. – Вип. 5. – С. 40-52.
5. Кислий, Д. М. Определение энергосберегающих режимов ведения поездов [Текст] / Д. М. Кислий // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. – Дніпропетровськ, 2016. – Вип. 1. – С. 71-84.
6. Гібридна силова установка рейкового транспорту з гідропередачею потужності [Текст]: пат. UA 112729 МПК F02B 73/00 / Жалкін О.Д., Тартаковський Е.Д., Жалкін С.Г., Жалкін Д.С., Михалків С.В., Фалендиш А.П., Анацький О.О.; заявник і патентовласник Український державний університет залізничного транспорту. - № ua 112729; заявл. 23.10.2015, дата публ. 10.10.2016. - бюл. № 9. - 10 с.