

УДК 629.42.016.2

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.165.2016.87906>

ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА ПРИ РОЗГОНІ

Д-р техн. наук Д. С. Жалкін, С. В. Рогатюк

УЛУЧШЕНИЕ ТЯГОВЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДА ПРИ РАЗГОНЕ

Д-р техн. наук Д. С. Жалкин, С. В. Рогатюк

TRACTION CHARACTERISTICS WHEN ACCELERATING DIESEL RAIL VEHICLES

Doct. of techn. sciences D. Zhalkin, S. Rohatyuk

У наведеній статті запропоновано підвищити тягові властивості дизель-поїздів (рейкових автобусів) з гідравлічною передачею потужності за рахунок використання гібридної енергетичної установки під час розгону.

Ключові слова: тягові розрахунки, енергоефективність режиму, розгін дизель-поїзда, гібридна енергетична установка.

В данной статье предложено улучшить тяговые свойства использования дизель-поездов (рельсовых автобусов) с гидравлической передачей мощности за счет использования гибридной энергетической установки во время разгона.

Ключевые слова: тяговые расчеты, энергоэффективность режима, разгон дизель-поезда, гибридная энергетическая установка.

Calculation of the acceleration mode diesel train with a hybrid power transmission showed the possibility of changing modes of movement by changing the acceleration rate. Significantly changing the time that is needed for acceleration.

Driving a hybrid transmission power corresponds to the requirements and improves traction and economic performance of diesel trains by reducing the travel time between stops. The study revealed a large number of variants of modes of dispersal and the need for further optimization of

modes of dispersal due to possible changes in the mode of operation of the power plant and the power of an additional energy source and as a consequence of identifying energy-saving options.

Keywords: traction calculations, energy efficiency mode, acceleration of diesel rail vehicles, hybrid power plant.

Вступ. Дослідження стосуються галузі ресурсозбереження та енергоефективності й спрямовані на вирішення важливої науково-технічної проблеми – зниження витрат пального під час експлуатації локомотивів.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Дизель-поїзди (ДП) набули широкого застосування в обслуговуванні пасажирських перевезень на залізницях багатьох країн світу в приміському або місцевому сполученні на неелектрифікованих залізничних ділянках як на другорядних лініях з невеликим пасажиропотоком, так і на головних напрямках з інтенсивними перевезеннями в міжнародних транс'європейських перевезеннях у багатовагонних дизель-поїздах із силовими установками потужністю понад 1500 кВт. У якості силових установок у дизель-поїздах, як правило використовуються чотиритактні швидкохідні дизелі, які розташовують у кузові, під вагоном і навіть на візках. Більшість дизелів мають V-подібне розташування циліндрів, але застосовуються й такі, кут розвалу циліндрів яких досягає 180°. Потужність двигунів дизель-поїздів у швидкісному сполученні складає 220 – 750 кВт [1, 2].

У якості передач потужності на дизель-поїздах використовуються всі відомі різновиди передач. Найбільш широко використовується на дизель-поїздах гідравлічна передача з такими перевагами: відносно невелика вага, краще використання зчіпної ваги, зручна в керуванні та ремонті, невелика вартість (що складає незначну частину вартості дизель-

поїзда), високі трансформації крутного моменту, високі ходові якості екіпажів, що зменшує вплив на колію. Гідропередачі – компактні, надійні, довговічні, прості в експлуатації, але вони мають і недоліки: робота дизеля з гідропередачею визначається характеристикою насосного колеса, яку важко пов'язати з іншими характеристиками дизеля й витратою палива, що на 10-11 % вища, ніж при електропередачі. У процесі перемикання режимів, що тривають 15-20 с, відбувається короткочасне зниження потужності дизеля до 25 %, а потім швидке підвищення потужності до 1,25 номінальної, що позначається на тяговій характеристиці у вигляді уступів і падіння ККД. Низьким є розгін дизель-поїзда при русанні з місця через витрати частини потужності в гідротрансформаторі. У той же час у приміському сполученні з метою підвищення середньої швидкості руху потрібне прискорення не менше 0,4-0,5 м/с² [3, 4].

Тому відомі діючі гібридні силові установки (ГСУ) автомобілів і тепловозів з електропередачею потужності з накопичувачами електроенергії неможливо застосувати на дизель-поїздах і тепловозах з гідравлічною передачею потужності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Скорочення часу перебування дизель-поїзда в дорозі та підвищення швидкості руху на невеликих по відстані ділянках між пунктами зупинок потребує збільшення прискорення при русанні з місця (розгоні). Як показує аналіз, прискорення у всіх розглянутих у таблиці ДП прискорення фактично однакове й не залежить від типу передачі потужності.

Таблиця

Основні параметри дизель-поїздів Д1, ДР1А, ДПЛ1, ДЕЛ02

Параметр	Дизель-поїзд			
	Д1	ДР1А	ДПЛ1	ДЕЛ02
Країна побудови	Угорщина	Латвія	Україна	Україна
Склад, ваг	М+2П+М	М+4П+М	Т+3П+Пку	М+П+М
Потужність СУ, кВт	2 x 536	2 x 735	1470	2 x 550
Конструкційна швидкість, км/год	120	120	100	130
Максимальна швидкість на перегоні, км/год	82,7	86,9	87,1	82,6
Прискорення руху при рушанні з місця, м/с ²	0,4	0,42	0,43	0,40
Маса поїзда, т	237	346	411	232

Огляд літературних джерел показав, що відстань між зупинками поїздів складає в середньому від 3 до 5 км у приміському руху, а сам рух складається з повторних циклів: гальмування – стоянка – розгін, що відбувається на неекономічних і неекологічних режимах роботи двигунів [1].

Рушання з місця та розгін поїзда описаний у багатьох роботах, у т. ч. й офіційних документах. Розрахунок кривих руху базується на інтегруванні рівняння руху поїзда [4, 5]

$$m \frac{dv}{dt} = \frac{(F - W - B)}{1 + \gamma}, \quad (1)$$

де m – маса дизель-поїзда;

v – швидкість руху дизель-поїзда;

$1 + \gamma$ – коефіцієнт інерції частинок, що обертаються;

t – значення часу;

F – сила тяги;

B – тормозна сила;

W – повний опір руху;

γ – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив оберткових частин на прискорення руху дизель-поїзда.

На реально існуючих ділянках шляху мінімізація витрат енергії є складним багатокритеріальним завданням.

У роботі [6] наведено спосіб, за яким дотична сила тяги не має перевищувати силу зчеплення коліс з рейками

$$F_{\text{дот}} \leq F_{\text{зч}}. \quad (2)$$

Машиніст реалізує частину тягової характеристики від 0 км/год до виходу на автоматичний режим. Цей спосіб не враховує енергозбереження, але час розгону є мінімальним.

Метод Ейлера враховує зміну сил опору руху поїзда. Знаходження оптимального розв'язку рівняння виконується мінімізацією інтеграла [7]

$$Q = \int_0^T (\dot{v} + W)^2 dt. \quad (3)$$

У роботі [8] авторами розглянуто оптимізацію тягових розрахунків за мінімальними значеннями двох показників – витрати часу t на переміщення поїзда та роботи сил опору руху A .

$$t = \int_{s_1}^{s_2} \frac{ds}{v(s)} \rightarrow \min;$$

$$A = \int_{s_1}^{s_2} w(v) ds \rightarrow \min \quad (4)$$

При цьому оптимізація зводиться до вирішення двох завдань:

- виконання тягових розрахунків для визначення мінімального часу руху;
- мінімізація сил опору руху поїзда для знайденого часу ходу.

Вищевказані методики розглядають рух поїзда з початковою та кінцевою швидкістю $V = 0$ км/год.

У роботах [9, 10] на підставі багатоваріантних розрахунків удосконалено алгоритм визначення енергозаощаджуючих траєкторій руху поїзда під час рушання та розгону, побудовано багатопараметричну функцію управління потужністю локомотива, яка дозволяє зменшити витрату енергоресурсів від 13 до 25 % залежно від маси складу та ухилу порівняно з методикою, але не враховує особливості руху локомотивів з гідропередачею потужності.

Вибору принципових схем гібридних силових установок, які визначають характеристики, режими і показники використання локомотивів в експлуатації, також присвячено значну кількість робіт. Прийнята схема повинна забезпечувати [2, 11]:

- необхідні тягові властивості локомотива;
 - високий експлуатаційний ККД силових установок в режимі тяги і рекуперацію кінетичної енергії;
 - простоту і надійність управління.
- Основними елементами схеми є:
- тепловий двигун;
 - накопичувач енергії;
 - передача потужності і перетворюючі пристрої, що забезпечують узгоджену роботу теплового двигуна і накопичувача енергії в різних режимах і формують необхідні тягові характеристики локомотива.

Накопичувачі енергії повинні задовільно працювати в комбінації з силовою установкою у всіх режимах експлуатації:

- холостий хід, при якому відсутній будь-який обмін енергією між окремими її компонентами;
- тяга з одночасною передачею енергії від теплового двигуна і накопичувача енергії на рушійні колеса через електричну передачу тепловоза;
- тяга з використанням тільки енергії теплового двигуна, а в разі надлишку його потужності – одночасна передача цієї надлишкової потужності накопичувачу енергії;
- вибіг з одночасним заряджанням накопичувача енергією;

Визначення мети та задачі дослідження. Мета дослідження – сформулювати вимоги до раціональних з точки зору енергозбереження режимів розгону дизель-поїздів з гідравлічною передачею потужності, які обладнано гібридною силовою установкою.

Завдання дослідження:

- розроблення моделі для виконання тягових розрахунків під час розгону дизель-поїзда;
- визначення потрібної потужності джерела додаткової енергії при використанні гібридної силових установок;
- виявлення можливості зміни режимів розгону дизель-поїзда за рахунок зміни швидкості настання прискорення.

Основна частина досліджень. Розгін будь-якого дизель-поїзда можна охарактеризувати такими особливостями:

- змінюються сили основного і додаткового опору;
- змінюються зчіпна вага, запас піску, води, палива, мастильних матеріалів, кількість пасажирів;
- коефіцієнт зчеплення змінюється в широкому діапазоні (0,15-0,36);
- змінюється час заповнення пускового гідротрансформатора.

Оптимальним за витратою палива є режим з постійною швидкістю руху [8, 10]. Якщо опір руху рухомого складу W постійний або змінюється в незначних межах (ухили не є крутими), то загальна структура оптимального режиму руху за перегонном безпосередньо впливає з узагальненої теореми Ейлера: у початковий момент часу, після початку руху з місця, визначальним є обмеження за максимальним прискоренням і здійснення режиму $F_{\text{дот}} = \max$. Якщо ухил не є постійним $i \neq \text{const}$, то сталість швидкості руху може бути досягнута за допомогою регулювання потужності дизеля. Отже, якщо для дизеля взятого ізольовано, оптимальним є підтримка постійної потужності, що дорівнює номінальній, то при врахуванні всіх чинників оптимальним режимом є режим підтримки постійної швидкості. При розгоні для забезпечення постійного навантаження дизеля або зменшення часу перехідних процесів потрібно підключення додаткового джерела енергії.

$$\frac{dv}{dt} = f(F_{\text{дот}}, Q, P, \psi_{\text{зч}}, \xi, N_e, \alpha, \beta, \varphi_{\text{дот}}, k_{\phi}, D_k, \Sigma J) \quad (5)$$

де $F_{\text{дот}}$ - дотична сила тяги, Н;
 w_0 - повний основний опір руху поїзда, Н;
 q - навантаження від колісної пари на рейки, кН;
 Q - вага поїзда, кН;
 P - службова вага дизель-поїзда, кН;
 $\psi_{\text{зч}}$ - коефіцієнт зчеплення;
 ξ - прискорення поїзда при дії сили кН/хв^2 ;
 N_e - ефективна потужність дизеля, кВт;
 α - ступінь наповнення пускового ГТД;
 β - коефіцієнт відбору потужності дизеля на допоміжні потреби;
 $\varphi_{\text{дот}}$ - питома результуюча сил, діючих на поїзд, Н/кН;
 k_{ϕ} - коефіцієнт трансформації моменту ГТД передачі потужності;
 D_k - радіус колеса, м;

Для спрощення математичної моделі розгону дизель-поїзда і пов'язаних з цим розрахунків приймається система розгону з повністю розтягнутими вагонами.

Складний характер процесів руху поїзда ставить перед нами ряд обмежень:

- розрахунки будуть проводитися за умови, що дизель-поїзд рухається як єдине ціле, тобто пружність автозчеплення і пов'язане з цим неодноразове зрушення з місця вагонів не враховується;

- основний питомий опір не залежить від швидкості.

При рушанні з місця і розгоні дизель-поїзда передача енергії від дизеля до колісних пар тепловоза здійснюється за допомогою пускового гідротрансформатора (ГДТ). Слід зазначити, що силова установка (дизель + ГДТ) у період розгону працює в невстановлених режимах [12]. При складанні математичної моделі розгону дизель-поїзда було використано рівняння руху поїзда в загальному вигляді:

ΣJ - момент інерції обертових частин гідропередачі, дизеля і трансмісії тепловоза, $\text{кг}\cdot\text{м}$;
 n - частота обертання вала дизеля, хв^{-1} .

Дотична сила тяги, що розвивається тепловозом, з ГДП, Н,

$$F_{\text{дот}} = 2M_{\text{дот}}/D_k \quad (6)$$

де $M_{\text{дот}}$ - момент, прикладений до обода колеса, Н·м.

Дотична потужність тепловоза, кВт,

$$N_{\text{дот}} = F_{\text{дот}} v / 3600 \quad (7)$$

Момент дизеля, прикладений до вала насосного колеса, Н·м,

$$M_n = M_e / U_n \eta_n, \quad (8)$$

де M_e - момент на валу дизеля, Н·м;
 U_n - передаточне число редуктора;
 η_n - ККД передачі.

Поточне значення швидкості руху локомотива, км/год,

$$V = \frac{0,1884 \cdot D_k \cdot n}{U_i}. \quad (9)$$

Визначення розгінних характеристик дизель-поїзда визначалось за методикою, запропонованою в роботі [13].

Використовуючи швидкісні характеристики дизеля, наведені на рис. 1, та універсальні характеристики ГПП визначалися залежності $F_{\text{дот}} = f(n_t)$, значення дотичної сили тяги залежно від частоти обертання турбінного колеса.

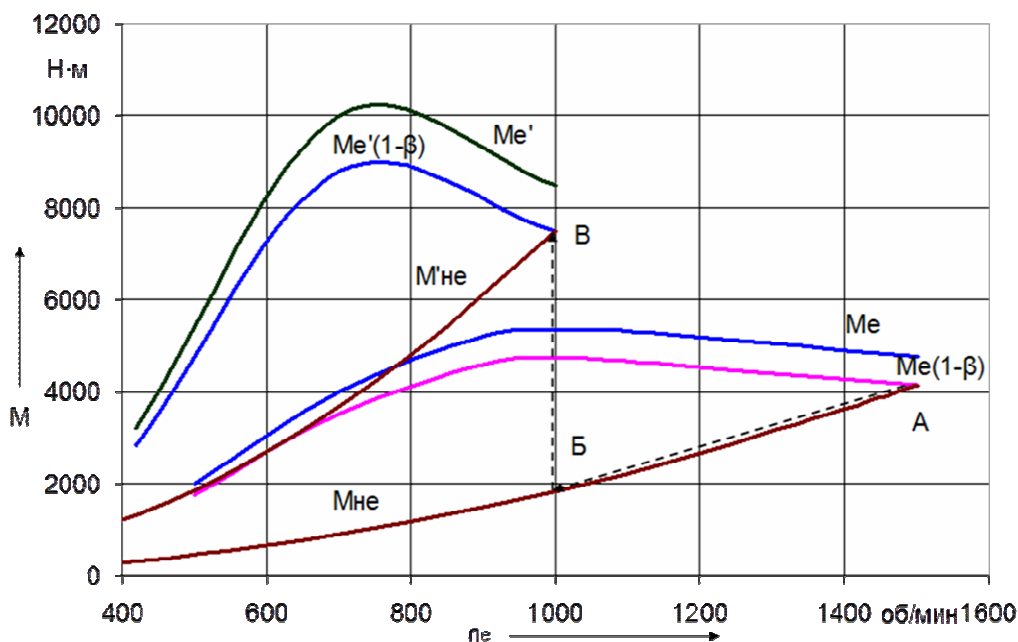


Рис. 1. Швидкісна характеристика дизеля: M_{ne} – навантажувальна характеристика моменту насосного колеса, приведенного до вала дизеля М756Б; M_e – швидкісна характеристика дизеля М756-Б

Отримані для різних положень контролера машиніста (ПКМ) значення перебудовувалися в залежності $F_{\text{дот}} = f(v)$. Одержані залежності, наведені на рис. 2, показують, що значення сили тяги на всіх ПКМ лежать нижче від обмеження за зчепленням. Таким чином, при час розгону дизель-поїзда та прискорення при розгоні визначаються потужністю силової

установки. При встановленні додаткового джерела енергії можливо знизити час розгону за рахунок підвищення прискорення руху.

На рис. 3 у вигляді блочної схеми представлена гібридна силова установка дизель-поїзда, який має гідравлічну передачу потужності [14].

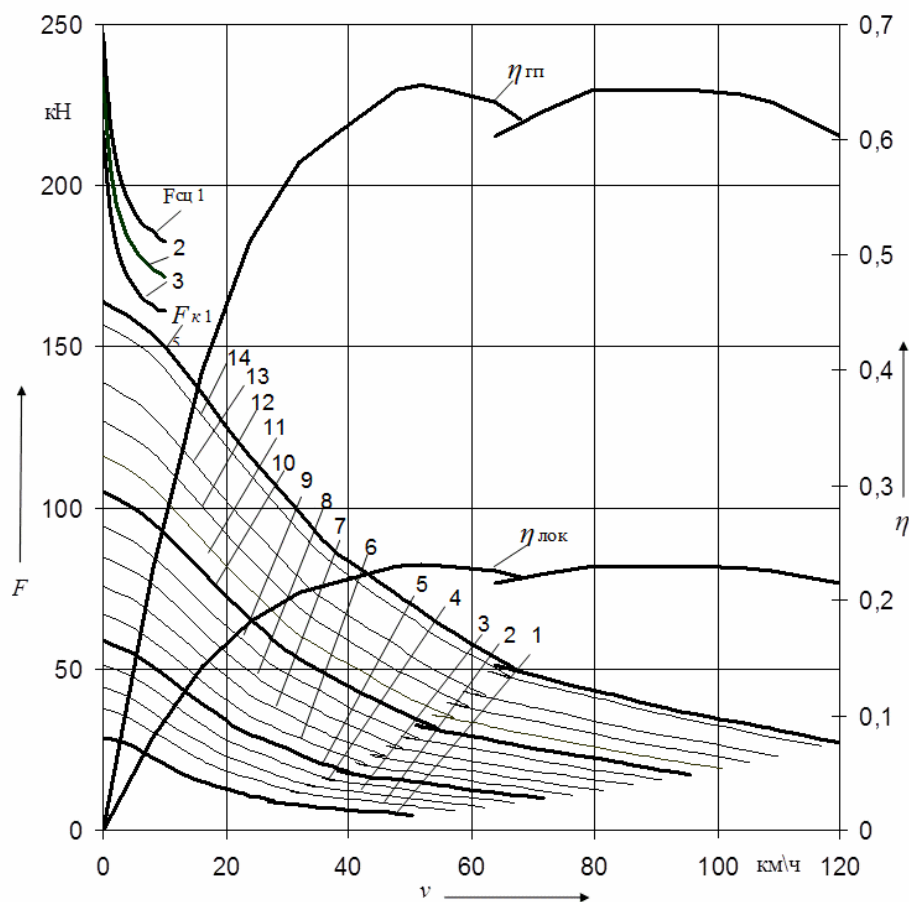


Рис. 2. Тягова характеристика дизель-поїзда

Керування роботою елементів ГСУ здійснюється в такій послідовності. При наближенні дизель-поїзда до зупинки (вокзалу або пункту зупинки) машиніст на певній відстані (наприклад, 1 км) вимикає двигун 5, який був тяговим і забезпечував рух дизель-поїзда, і додатковим контактом контролера машиніста 12 подає сигнал електронному блоку керування 13, який подає команду електронному регулятору тиску 9 на подачу стиснутої оливи через обмежник пропускної здатності 14 до пускового ГТР1, що підтримує рух дизель-поїзда до зупинки, наприклад від дії штатної гальмівної системи. Одночасно при зниженні тиску в резервуарі 10 електронний датчик тиску 11 подає сигнал

електронному блоку керування 13, який подає команду електромагнітному зворотному клапану високого тиску 8 на пропускання стиснутої оливи від додаткового насоса 4 в резервуар зі стиснутою оливою 10 до досягнення тиску певної величини, який є достатнім для створення крутного моменту та передачі його на рушійні колісні пари, після чого клапан 8 зачиняється, а додатковий насос переходить у режим холостого ходу. При зупинці дизель-поїзда гідропередача 3 вимикається і за сигналом її датчика електронний блок керування 13 через електронний регулятор тиску 9 зупиняє подачу стиснутої оливи, що зупиняє роботу ГТР1.

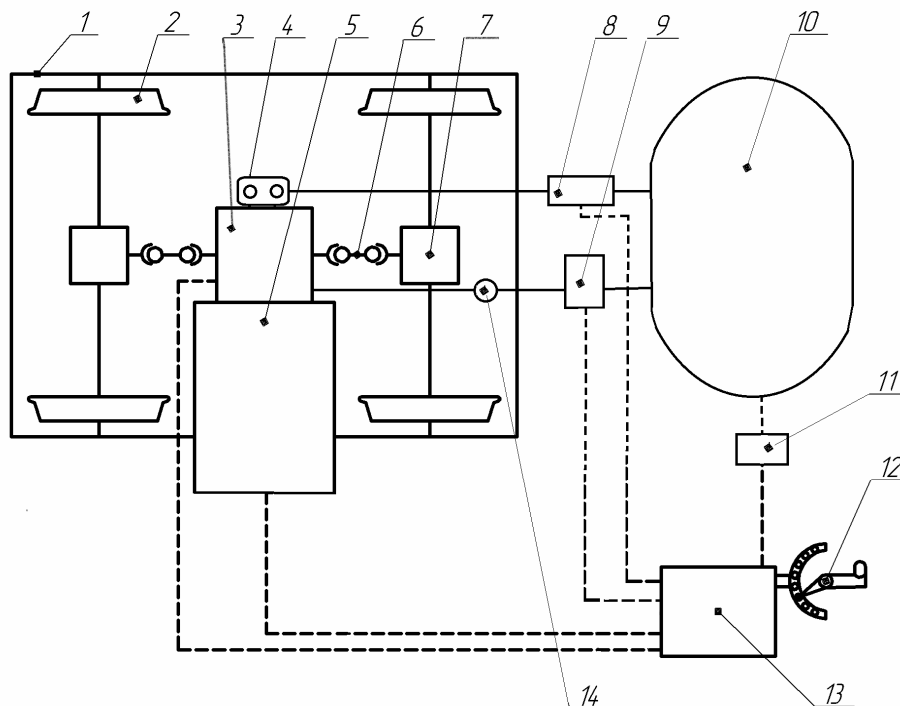


Рис. 3. Гібридна силова установка ТРС зі гідропередачею потужності:

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 – обмежник пропускної здатності

Початок руху дизель-поїзда після стоянки здійснюється також за сигналом контролера машиніста 12 електронному блоку керування 13, і дія гідроаккумулятора повторюється, як це було до зупинки, з тією різницею, що ГТР1 виконує тепер своє основне призначення – як пусковий при зрушенні дизель-поїзда з місця і подальшого руху до певної позиції контролера машиніста. Після віддалення від стоянки (наприклад, вокзалу) на певну відстань (наприклад, 1 км) машиніст вмикає ДВЗ 5 і установлює позицію контролера машиніста 12, яка відповідає швидкості руху дизель-поїзда (за показниками штатного швидкостеміра). Одночасно електронний блок керування 13 за сигналом датчиків гідропередачі 3 та ДВЗ 5 зупиняє роботу електронного

регулятора тиску 9 (стиснута олива з резервуара 10 не подається до гідропередачі), а робота додаткового насоса 4 буде продовжуватися до досягнення в резервуарі 10 певного тиску, що контролюється датчиком тиску 11. За його сигналом електронний блок керування зупиняє роботу електромагнітного зворотного клапана високого тиску 8, що переведе роботу додаткового насоса 4 в режим холостого ходу, і подача стиснутої оливи в резервуар 10 зупиняється. Запас стиснутої оливи в резервуарі гідроаккумулятора поповнюється додатковим насосом у процесі пересування дизель-поїзда (тепловоза).

При застосуванні розглянутої гібридної силової установки формула (10) набуде вигляду

$$M_H = (M_e + M_r) / U_{п} \eta_{п}, \quad (10)$$

де M_r - додатковий момент на валу насосного колеса, Н·м.

При зміні тиску оливи з гідроаккумулятора можливе одержання

різноманітних режимів розгону дизель-поїзда (рис. 4) без значної зміни режимів роботи енергетичної установки, яка більш інерційна. Можливі варіанти рушання зі станції без запуску дизеля та одержання додаткової сили тяги під час руху на перегоні.

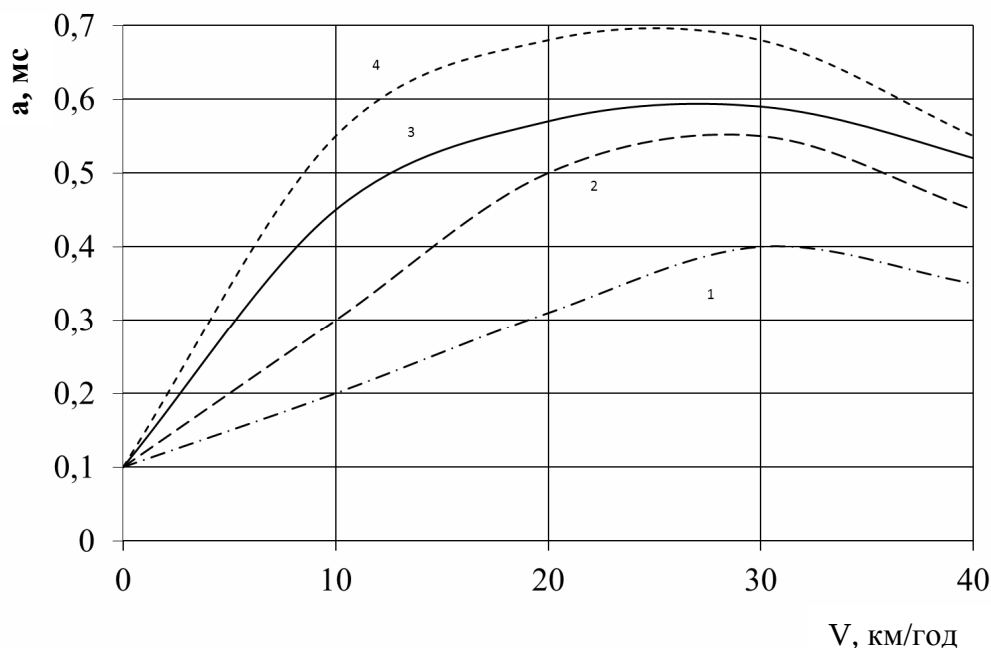


Рис. 4. Залежність прискорення від швидкості для дизель-поїзда:
1 – серійна силова установка; 2, 3, 4 – додаткова потужність 100, 200, 300 кВт

Виконані розрахунки показують, що зміна додаткової потужності, яку забезпечує гібридна силова установка, призводить до значної зміни прискорення та часу розгону. Змінюється швидкість зростання прискорення (кут нахилу графіків), що може призвести до додаткових динамічних навантажень на конструкцію та пасажирів. Підвищення додаткової потужності більш ніж на 200-250 кВт недоцільно, оскільки призводить до перевищення сили тяги обмеження за зчепленням, що спричинить інтенсивне боксування. Крім того, підвищення потужності додаткового джерела енергії призводить до значного зростання габаритних розмірів гідроаккумуляторів, які

неможливо розмістити у дизельному приміщенні, особливо при розміщенні силової установки під кузовом.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Розроблена методика тягових розрахунків розгону дизель-поїзда з гібридною передачею потужності дозволила виявити можливість зміни режимів руху за рахунок зміни швидкості прискорення, що призводить до значної зміни часу, яку потрібен для розгону.

Розроблена схема гібридної передачі потужності відповідає встановленим вимогам і дозволяє покращити тягові та економічні показники дизель-поїздів за рахунок зниження часу руху між

зупинками, витрат палива та викидів шкідливих речовин.

Виконане дослідження показує значну багатоваріантність режимів розгону дизель-поїзда з гібридною передачею потужності та необхідність розроблення методики додаткової оптимізації режимів розгону за рахунок можливої зміни режимів роботи силової установки (ПКМ) і потужності від

додаткового джерела енергії та, як наслідок, виявлення енергоефективних варіантів зміни не тільки сили тяги, швидкості, але й зміни швидкості прискорення руху. Також потрібно додаткове дослідження значень потужності додаткового джерела енергії, вибору їх оптимальних значень під час роботи дизель-поїзда.

Список використаних джерел

1. Басов, Г. Г. Прогнозування розвитку дизель-поїздів для залізниць України [Текст]: монографія / Г. Г. Басов. – Харків: Алекс+, 2004. – 240 с.
2. Meinert, M. Energy storage technologies and architectures for specific diesel-driven rail duty cycles: Design and system integration aspect [Text] / M. Meinert, P. Preneloup, S. Schmid, R. Palacin // Applied Energy. – 2015. – Vol.157. – P. 619-629.
3. Hui, Hu A multi-objective trainscheduling optimization model considering locomotive assignment and segment emission constraints for energy saving [Text] / Hu Hui, Li Keping, Xu Xiaoming // Journal of Modern Transportation. – 2013. – Vol. 21, is. 1. – P. 9-16.
4. Овчинников, В.М. Гидравлические передачи тепловозов [Текст]: учеб. пособие / В. М. Овчинников, В. А. Халиманчик, В. В. Невзоров. – Гомель: БелГУТ, 2006. – 155 с.
5. Кузьмич, В. Д. Теория локомотивной тяги [Текст]: учеб. для вузов ж. - д. трансп. / В. Д. Кузьмич, В. С. Руднев, С. Я. Френкель. – М.: Маршрут, 2005. – 448 с.
6. Гребенюк, П. Т. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст] / П.Т. Гребенюк, А. Н. Долганов, О. А. Некрасов. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.
7. Боднар, Б. Е. О несравнимых вариантах в задаче тяговых расчетов [Текст] / Б. Е. Боднар, А. А. Босов, Д. В. Бобырь // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2006. – Вип. 12. – С. 57–59.
8. Постол, Б. Г. Теоретические основы разработки рациональных режимов вождения поездов и расчета масс составов [Текст]: учеб. пособие / Б. Г. Постол. – Хабаровск: ДВГУПС, 1998. – 61 с.
9. Боднар, Б. Е. Определение энергосберегающих режимов разгона поездов [Текст] / Б. Е. Боднар, М. И. Капица, А. М. Афанасов, Д. М. Кислый // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2015. – Вип. 5. – С. 40–52.
10. Кислий, Д. М. Определение энергосберегающих режимов ведения поездов [Текст] / Д. М. Кислий // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2016. – Вип. 1. – С. 71–84.
11. Лосев, Е. П. Эффективность применения накопителей энергии в силовых установках автономных локомотивов [Текст]: дисс. канд. техн. наук: 05.22.07 / Е. П. Лосев. – М.: МГУПС, 2006. – 211 с.
12. Белов, В. А. Повышение эффективности работы гидропередач промышленных тепловозов [Текст]: дисс... канд. техн. наук: 05.22.07 / В. А. Белов. – М.: МГУПС, 2002. – 136 с.
13. Біленький, А. І. Удосконалення конструкції систем регулювання швидкості дизель-поїздів [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.07 / А. І. Біленький. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 19 с.

14. Гібридна силова установка рейкового транспорту з гідропередачею потужності [Текст]: пат. ІА 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; опубл. 10.10.2016, Бюл. № 9. – 10 с.

Жалкін Денис Сергійович, д-р техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: 093-911-10-40.

E-mail: abdddenis@gmail.com.

Рогатюк Сергій Вікторович, слухач групи МЗ-ТЕМПУС-Б-15-Л, Локомотивне депо Харків-Сортувальний.

Тел.: 066-317-66-44. E-mail: abdd@mail.ru.

Denys Zhalkin doct. of techn. sciences, professor of cathedra maintenance and repair of rolling stock Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: +38093-911-10-40. E-mail: abdddenis@gmail.com.

Sergey Rogatyuk listener of the MZ-TEMPUS-B-15-L, Locomotive depot Khsrkiv-Sortuvalniy Tel.: 066-317-66-44. E-mail: abddd@mail.ru.

Стаття прийнята 03.11.2016 р.