

Ю.М. Біліченко, канд. техн. наук

(Україна, Дніпропетровськ, Національний гірничий університет)

ПРО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ШАХТНОМУ ЕЛЕКТРОВОЗНОМУ ТРАНСПОРТІ

У сучасних умовах постійного збільшення витрат енергії й зменшення на Землі її джерел, актуальним завданням є пошук шляхів енергозбереження.

У статті розглянутий варіант можливості збереження електроенергії на шахтному електровозному транспорті шляхом підвищення ухилу рейкового шляху горизонтальних виробок для можливості перетворення потенційної енергії (енергії положення) шахтних вантажів в електричну. У випадку рішення ряду технічних завдань для здійснення відкочування в горизонтальних виробках з підвищеними ухилами теоретично електровозний транспорт в штреках і квершлагах може здійснюватися зі значно меншим споживанням енергії із зовнішніх джерел (шахтної мережі).

Визначимо мінімальний ухил шляху вбік руху вантажу, при якому потенційна енергія (енергія положення) добутої корисної копалини, розміщеного в потязі, біля місця видобутку, витрачається на відновлення енергії руху порожнього состава нагору на підйом (заряджаються акумуляторні батареї або енергія рекуперується в контактну мережу).

Сьогодні нормативними значеннями ухилів горизонтальних виробок вбік відкочування вантажу є $i=0,003 - 0,005$, а граничним для електровозного відкочування вважається ухил $i=0,040$ [1]. Такі значення менше значень коефіцієнта опору руху состава й, отже, менше самокатного ухилу. При здійсненні відкочування по виробках з такими ухилами електроенергія витрачається як при русі з порожнім (нагору) так і з навантаженим (униз) составом. Сила тяги на переміщення порожнього потягу нагору

$$F_{nop} = m_{nn} g w \cos b + m_{nn} g \sin b = m_{nn} g (w \cos b + \sin b), \text{ Н}, \quad (1)$$

де m_{nn} – маса порожнього потяга, кг; b – кут нахилу виробки, град; w – коефіцієнт опору від всіх видів тертя при русі потяга; g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 .

При малих кутах (порядку 2–3 град), коли можна прийняти $\sin b \cong \operatorname{tg} b \cong i$, а $\cos b \cong 1$ (i – ухил шляху в тисячних), вираз (1) прийме вигляд:

$$F_{nop} = m_{nn} g (w + i). \quad (2)$$

Тут

$$m_{nn} = z m_0 + m_e = z k_m + m_e, \text{ кг}, \quad (3)$$

де z – число ємностей у складі потяга; $k_m = \frac{m_0}{m}$ – коефіцієнт тари ємності (ваго-
нетки); m_e – маса електровоза, кг; m_0 та m – маса порожньої вагонетки і її ван-
тажопідйомність відповідно, кг.

Аналогічно (2) сила тяги на переміщення навантаженого потяга вниз

$$F_{em} = m_{en} g (w - i), \quad (4)$$

де

$$m_{en} = zm_0 + zm + m_e = zk_m + zm + m_e = zm(k_m + 1) + m_e, \text{ кг.} \quad (5)$$

Енергія на переміщення порожнього і навантаженого потягів при довжині відкочування l з (2) і (4) :

$$E_{nop} = F_{nop} l = m_{nn} l g (w + i), \text{ Дж;} \quad (6)$$

$$E_{em} = F_{em} l = m_{en} l g (w - i), \text{ Дж.} \quad (7)$$

Для умов, коли $i < \omega$, витрата енергії E_p за рейс (цикл) з мережі позитивна:

$$E_p = E_{nop} + E_{em} = l g [m_{nn} (w + i) + m_{en} (w - i)]. \quad (8)$$

При $i > \omega$ другий член рівняння (8) стає негативним, що означає рух навантаженого потяга в гальмовому режимі. При будь-якому такому гальмуванні, (колодками, електромагнітними гальмами, реостатним гальмуванням) енергія положення E_{em} перетворюється в кінетичну, електричну й в теплову. Остання нагріває повітря виробки й розсіюється. Видно, що вирішивши ряд технічних питань, потенційну енергію положення навантаженого потяга можна використати, наприклад, для зарядки акумуляторної батареї електровоза перемиканням двигунів у генераторний режим. Залежно від різниці значень ухилу шляху i та коефіцієнта опору руху потяга ω , кількість цієї енергії на довжині відкочування l буде змінюватися й за певних умов може дорівнювати енергії, витраченій для підйому порожнього потяга на ту саму довжину, при тому самому ухилі шляху i_{pe} (ухил рівних протилежних енергій). При ухилах шляху, менших i_{pe} кількість енергії, яку можна “повернути” гальмуванням двигуном, що працює в генераторному режимі буде менше витраченої на підйом порожняка енергії, а при більших i_{pe} – більше.

Визначимо мінімальне значення ухилу шляху, при якому енергія (з мережі, з акумулятора) підйому порожняка E_{nop} буде дорівнює енергії E_{em} , отриманій в генераторному режимі від спуска навантаженого потяга:

$$m_{nn} g l (i_{pe} + \omega) = m_{en} g l (i_{pe} - \omega); \quad (9)$$

$$m_{nn} i_{pe} + m_{nn} \omega - m_{en} i_{pe} + m_{en} \omega = 0; \quad (10)$$

$$i_{pe} = \frac{\omega(m_{mn} + m_{en})}{m_{en} - m_{mn}}. \quad (11)$$

З урахуванням позначень наведених вище

$$i_{pe} = \omega\left(\frac{2m_0}{m} + 1 + \frac{2m_э}{mz}\right), \quad (12)$$

або прийнявши, що коефіцієнт тари потяга

$$k_{mn} = \frac{zm_0 + m_э}{zm}, \quad (13)$$

одержимо

$$i_{pэ} = w(1 + 2k_{mn}). \quad (14)$$

Для ілюстрації визначимо $i_{pэ}$ для таких умов: $\kappa_m = 0.4$; $w = 0.01$; $m_э = 10$ т; $m = 3$ т; $z = 25$ шт.; $m_0 = 1,2$ т. Тоді

$$i_{pэ} = 0,01 \left[1 + 2 \left(0,4 + \frac{10}{3 \cdot 25} \right) \right] = 0,021.$$

При такому ухилі сила тяги для руху порожнього потяга нагору

$$F_{nop} = m_{mn}g(\omega + i_{pэ}) = 9,81 \cdot (25 \cdot 1,2 + 10)(0,01 + 0,021) = 9000 \text{ Н},$$

що цілком здійснено в реальних умовах при коефіцієнті зчеплення електровоза з рейками порядку $\mu = 0,1$ і вище.

Отримане значення $i_{pэ}$ не враховує витрат енергії, необхідної для здійснення маневрів на кінцевих пунктах відкочування, а так само втрати при зарядці акумуляторних батарей або поверненні в контактну мережу. Ці фактори декілька збільшать розраховані за (14) значення $i_{pэ}$ й можуть бути визначені при рішенні конкретних завдань.

Збільшення ухилу в порівнянні з існуючими нормативними значеннями зажадають спеціальних мір підвищення безпеки при маневрових роботах. При ухилах, що значно перевищують самокатні, не виключені спеціальні рішення, наприклад, рейкові балки або тягові пристрої із гладкими ведучими колесами [1, 2].

Виводи

Показано, що електровозне відкочування у виробках, що мають достатній ухил вбік переміщення вантажу, може здійснюватися без витрат енергії із зовнішніх джерел.

Запропоновано формулу для визначення мінімального ухилу, при якому витрачена енергія для руху порожняка нагору, на підйом, може повертатися при русі навантаженого состава вниз під ухил.

У зв'язку з тим, що питання енергозбереження стають усе більше актуальними, технічне пророблення варіантів відкочування без витрат енергії є перспективним.

Список літератури

1. Берсенев В.С. Тяговые устройства с гладкими ведущими колесами // Записки ЛГИ. – 1975. – Т. LXVII, вып.1.
2. Берсенев В.С. Тяговые устройства с автоматическим регулированием давления приводных колес на рельс // Записки ЛГИ. – 1959. – Т. XXXIX, вып.1.