

# Đánh giá mức tiêu thụ năng lượng riêng cho băng tải mỏ hầm lò có một cụm dẫn động sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ

Lê Văn Đạt<sup>1\*</sup>, Nguyễn Ngọc Linh<sup>2</sup>, Nguyễn Văn Kỵ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin

<sup>2</sup>Trường Đại học Thủy lợi

Ngày nhận bài 2/2/2018; ngày chuyên phản biện 5/2/2018; ngày nhận phản biện 12/3/2018; ngày chấp nhận đăng 26/3/2018

## Tóm tắt:

Mức tiêu thụ năng lượng riêng là chỉ tiêu đang được sử dụng để đánh giá hiệu quả về năng lượng của băng tải mỏ hầm lò có công suất lớn. Trong bài báo này, mức tiêu thụ năng lượng riêng và công suất dẫn động được xem xét là hàm xấp xỉ của khối lượng tải chất trên băng tải. Quan hệ giữa mức tiêu thụ năng lượng riêng với khối lượng tải được thiết lập dưới dạng giải tích. Tiếp theo, mức tiêu thụ năng lượng riêng được áp dụng để phân tích hiệu quả về năng lượng cho dạng băng tải mỏ hầm lò có một cụm dẫn động sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ với một số sơ đồ dẫn động khác nhau. Kết quả của nghiên cứu có thể áp dụng cho bài toán phân tích tối ưu hóa năng lượng tiêu thụ của các băng tải mỏ hầm lò.

**Từ khóa:** Băng tải mỏ hầm lò, hộp giảm tốc bánh răng côn trụ, mức tiêu thụ năng lượng riêng.

**Chỉ số phân loại:** 2.3

## **Đặt vấn đề**

Hiện nay, băng tải là một trong những thiết bị chủ đạo trong hệ thống vận chuyển của các mỏ hầm lò, đặc biệt là các mỏ than. Các hướng phát triển công nghệ gần đây của băng tải đang được tập trung nghiên cứu là [1]: Tối ưu hóa năng lượng tiêu thụ, tối ưu hóa tuyến vận chuyển, phân bố các cụm dẫn động, phân tích và mô phỏng.

Các hướng phát triển này luôn gắn kết chặt chẽ với nhau về mặt kỹ thuật cũng như về mặt kinh tế. Đối với các mỏ than hiện đại, việc phát triển công nghệ cho băng tải luôn đi liền với mục tiêu nâng cao năng suất và giảm chi phí khai thác [1, 2]. Do đặc trưng cơ bản là địa hình dốc, nên công suất của các băng tải lắp trong mỏ hầm lò khá lớn do phân công suất tiêu tốn để nâng vật liệu chiếm tỷ lệ cao, có thể lên đến 90% tổng công suất [1]. Mặt khác, do có yêu cầu đặc thù về phòng chống cháy nổ nên hệ thống dẫn động và băng nằm trong số các bộ phận có giá thành cao nhất. Vì vậy, việc tối ưu hóa hệ dẫn động trong thiết kế băng tải là một bài toán quan trọng, cần có lời giải hợp lý [3]. Khi tăng số lượng các cụm dẫn động sẽ dẫn tới kết quả quan trọng là giảm được cường độ của băng, giúp cho khối lượng và kết cấu của băng tải nhẹ hơn, nhỏ gọn và rẻ hơn. Đồng thời, một kết quả quan trọng khác là khả năng chuẩn hóa các bộ phận, nhờ đó khi chiều dài của hệ thống và công suất tăng lên thì vẫn có thể sử dụng cùng loại băng bằng cách bổ sung thêm cụm dẫn động [4]. Tuy nhiên, việc tăng số lượng cụm dẫn động cũng có thể dẫn tới việc tăng giá thành của chúng [3,

5]. Mặt khác, khi tăng số lượng cụm dẫn động, tối ưu hóa về năng lượng tiêu thụ cũng là vấn đề rất được quan tâm trong nghiên cứu [1, 2, 5].

Semenchenko và cộng sự [2] đã tiến hành nghiên cứu thực nghiệm về mức tiêu thụ năng lượng trên một băng tải vận chuyển ở mỏ than. Dựa trên mô hình hồi quy tuyến tính giữa công suất dẫn động và khối lượng tải chất trên băng, các tác giả [2] cũng đã phân tích đánh giá được mức tiêu thụ năng lượng riêng của băng tải theo mức độ chất tải. Áp dụng mô hình xấp xỉ nêu trên, trong nghiên cứu của chúng tôi chỉ tiêu mức tiêu thụ năng lượng riêng được sử dụng để phân tích các phương án bố trí cụm dẫn động sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ lắp tại vị trí đầu của băng tải mỏ hầm lò. Tính toán cụ thể được tiến hành trên một băng tải của Vinacomin với số liệu được cung cấp từ kết quả đề tài “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo nội địa hóa các hộp giảm tốc bánh răng côn trụ thường dùng trong băng tải mỏ hầm lò” của Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ.

## **Nội dung nghiên cứu**

Xây dựng quan hệ giải tích giữa chỉ số mức tiêu thụ năng lượng riêng và khối lượng tải chất trên băng của băng tải mỏ hầm lò dựa trên: Phương pháp tính công suất theo cách tiếp cận về cân bằng năng lượng, rời rạc hóa quá trình chất tải của băng tải mỏ hầm lò và sử dụng xấp xỉ tuyến tính của công suất theo khối lượng tải.

\*Tác giả liên hệ: Tel: 0934208293

# Analysis of the specific energy consumption for underground mining belt conveyor with single drive unit using bevel helical gearboxes

Van Dat Le<sup>1\*</sup>, Ngoc Linh Nguyen<sup>2</sup>, Van Kuu Nguyen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Energy and Mining Mechanical Engineering - Vinacomin  
<sup>2</sup>Thuyloi University

Received 2 February 2018; accepted 26 March 2018

## Abstract:

The specific energy consumption is an important criterion which is used to evaluate the energy efficiency of underground mining belt conveyors. In this paper, the specific energy consumption is considered as a function of the load weight on a belt conveyor which is expressed in analytic form. This formulation is then used to analyse the energy efficiency of a typical underground belt conveyor in coal mines with single drive unit using bevel helical gearboxes in compliance with several transmission schematics. The result of the paper can be applied to the optimization problem of energy consumption for underground mining belt conveyors.

**Keywords:** Bevel helical gearbox, specific energy consumption, underground belt conveyor.

**Classification number:** 2.3

Áp dụng mức tiêu thụ năng lượng riêng thu được để so sánh hiệu quả về năng lượng của các sơ đồ dẫn động kiểu đơn - đơn, kiểu kép - đơn và kiểu kép - kép cho dạng băng tải mô hầm lò có một cụm dẫn động với hai tang dẫn sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ. Trong tính toán, nhóm nghiên cứu đã sử dụng các số liệu từ một băng tải điển hình của Vinacomin.

## Kết quả và thảo luận

### Hệ số chất tải và hệ số mức tiêu thụ năng lượng riêng

Để đánh giá hiệu quả năng lượng của việc vận chuyển vật liệu mỏ, mức tiêu thụ năng lượng riêng  $E$  được sử dụng.  $E$  được định nghĩa là năng lượng tiêu tốn để vận chuyển 1 tấn vật liệu mỏ bằng băng tải trên cự ly 1 km, được xác định như sau [2]:

$$E = \frac{1000P}{Q_{av}L}, \quad \frac{kWh}{Tkm} \quad (1)$$

Trong đó,  $Q_{av}$  là năng suất trung bình (T/h),  $L$  là cự ly vận chuyển (m). Công suất dẫn động cho băng tải là  $P$  (kW):

$$P = \frac{F_e v}{1000\eta} \quad (2)$$

với  $F_e$  là lực căng hữu ích (N);  $v$  là vận tốc của băng (m/s);  $\eta$  là hiệu suất của cụm dẫn động. Hiện nay, có hai cách tiếp cận phổ biến để tính toán lực căng hữu ích  $F_e$  được sử dụng trong các tiêu chuẩn thiết kế băng tải. Thứ nhất là cách tiếp cận về cân bằng lực sử dụng trong các tiêu chuẩn ISO 5048, DIN 22101, CEMA. Thứ hai là cách tiếp cận về cân bằng năng lượng sử dụng trong tiêu chuẩn JIS B 8805 của British Coal.

Theo cách tiếp cận về cân bằng năng lượng thì công suất của băng tải có thể chia làm ba thành phần chính là:

$$P = P_{eb} + P_h + P_l \quad (3)$$

Trong đó,  $P_{eb}$  là công suất để dẫn động băng không tải,  $P_h$  công suất để vận chuyển vật liệu theo phương ngang,  $P_l$  là công suất để nâng vật liệu theo phương đứng.

Để đơn giản hóa, khi xây dựng công thức (3), nghiên cứu đã bỏ qua thành phần công suất để khắc phục các lực cản phụ như lực cản tại vị trí phễu nạp liệu hay lực cản của bộ phận làm sạch băng. Ba thành phần công suất nêu trên được xác định như sau:

$$P_{eb} = gf(L_h + L_o)q_Gv / 1000 \quad (4)$$

$$P_h = gf(L_h + L_o)q_Gv / 1000 \quad (5)$$

$$P_l = gHvq_G / 1000 \quad (6)$$

với  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  là gia tốc trọng trường;  $L_h$  là khoảng cách vận chuyển theo phương ngang (m);  $L_o$  là chiều dài điều chỉnh (m), với  $L_h = 300 \div 1200 \text{ m}$  thì  $L_o = 45 \text{ m}$ ;  $H$  là chiều cao vận chuyển (m);  $f$  là hệ số cản của các bộ phận chuyển động, đối với băng tải thông thường  $f = 0,02$ , còn đối với băng tải ở mỏ thì  $f$  thường được lấy từ 0,025 đến 0,035 [2], trong [2] cũng khuyến nghị tăng hệ số cản  $f$  thêm 30% trong tính toán cho băng tải hầm lò, cụ thể là  $f = 0,05$ , do hiện tượng kẹt con lăn đỡ thường xảy ra trong môi trường làm việc ở hầm lò, British Coal yêu cầu  $f$  lấy trong khoảng 0,03 đến 0,041 [4]; khối lượng đơn vị của tải  $q_G$  (kg/m) và khối lượng các bộ phận chuyển động phân bố theo chiều dài của băng  $q$  (kg/m) được xác định theo các công thức:

$$q_G = \frac{Q_{av}}{3,6v} = \frac{1000W}{L} \quad (7)$$

$$q = q_{R0} + q_{RU} + 2q_B \quad (8)$$

với  $L = L_h / \cos \delta$ ;  $W$  là tổng khối lượng tải trên băng (T);  $q_{R0}$  là khối lượng đơn vị bộ phận quay của các con lăn đỡ trên (kg/m);  $q_{RU}$  là khối lượng đơn vị bộ phận quay của các con lăn đỡ dưới (kg/m);  $q_B$  là khối lượng đơn vị của băng (kg/m). So sánh về công suất tính toán theo các tiêu chuẩn khác nhau cho một băng tải cụ thể [4] cho thấy kết quả tính toán theo British Coal cao hơn một chút so với theo các tiêu chuẩn khác do có hệ số cản  $f$  áp dụng cho băng tải trong mỏ than lớn hơn so với điều kiện thông thường.

Trong các tiêu chuẩn tính toán nêu trên thì tải ở trên băng được coi là tải trọng phân bố đều  $q_G$ , xác định theo công thức (7), có nghĩa là khi tính toán mức tiêu thụ năng lượng của băng tải thì luôn ứng với tải lớn nhất. Đối với băng tải sử dụng trong hầm lò như mỏ than, do điều kiện địa chất, khai thác và trung chuyển nên quá trình chất tải lên băng thực tế là một quá trình

ngẫu nhiên, bởi vậy việc chất tải trên băng không liên tục và không đều. Một cách mô tả gần đúng là quá trình chất tải diễn ra theo từng đợt, khối lượng chất tải một đợt được đặc trưng bởi khối lượng tải trên băng của đợt đó. Khi nghiên cứu ảnh hưởng của việc nạp liệu không đều đối với công suất và tiêu thụ năng lượng của băng tải trong mỏ than, trong [2] áp dụng mô hình hồi quy mô tả sự phụ thuộc của công suất theo khối lượng tải như sau:

$$P_i = P_{eb} + W_i \Delta P_w \quad (9)$$

Trong đó,  $P_i$ ,  $W_i$  lần lượt là công suất dẫn động và khối lượng tải trên băng tại đợt thứ  $i$ ;  $\Delta P_w$  (kW/T) là công suất dẫn động cần thiết để vận chuyển 1 tấn khối lượng tải  $W_i$ . Sử dụng công thức xấp xỉ (9), kết hợp với (3) ta có:

$$W_i = \frac{P_i - P_{eb}}{\Delta P_w} = \frac{P_{h,i} + P_{l,i}}{\Delta P_w} \quad (10)$$

trong đó,  $\Delta P_w$  được xác định từ (3) đến (6), với chú ý là khối lượng đơn vị của tải ứng với 1 tấn  $\Delta q_G = 1000 / L$ :

$$\begin{aligned} \Delta P_w &= \Delta P_h + \Delta P_l = gv[f(L_h + L_o) + H] \frac{\Delta q_G}{1000} \\ &= gv[f(L_h + L_o) + H] / L \end{aligned} \quad (11)$$

Từ (1), (7) và (11) ta có chỉ số mức tiêu thụ năng lượng riêng  $E_i$  tương ứng với khối lượng tải  $W_i$ :

$$\begin{aligned} E(W_i) &= \frac{1000P_i}{Q_i L} = \frac{P_i}{3,6vW_i} \\ &= \frac{P_{eb} + gv[f(L_h + L_o) + H]W_i / L}{3,6vW_i} \end{aligned} \quad (12)$$

Để phân tích quan hệ giữa mức độ chất tải và mức độ tiêu thụ năng lượng riêng, ta có thể sử dụng hệ số chất tải:

$$C_i = \frac{W_i}{W_{max}} \quad (13)$$

$C_i$  là đại lượng không thứ nguyên, có giá trị từ 0 đến 1, thể hiện mức độ của khối lượng tải  $W_i$  so với khối lượng tải lớn nhất  $W_{max}$ .  $W_{max}$  được xác định bằng công thức (7), tương ứng với năng suất lớn nhất  $Q_{av}$ . Với các mức độ chất tải  $C_i$  khác nhau, sử dụng các công thức từ (3) đến (12) ta có thể xác định được các công suất dẫn động và mức tiêu thụ năng lượng riêng tương ứng.

**Phân tích mức tiêu thụ năng lượng riêng của băng tải mô hình lò có một cụm dẫn động với hai tang dẫn sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ**

Xét một dạng băng tải hay sử dụng trong mỏ than của Vinacomin như hình 1a. Các thông số cơ bản của băng tải là năng suất thiết kế  $Q_{av}$ , cự ly vận chuyển  $L$ , chiều cao nâng  $H$ , góc dốc  $\delta$ . Do hạn chế về không gian làm việc nên các băng tải mô hình lò có nhiều tang dẫn, trong đó loại hộp giảm tốc bánh răng côn trụ thường được sử dụng với các sơ đồ dẫn động kiểu đơn (1 động cơ - 1 giảm tốc/1 tang dẫn) và kiểu kép (2 động cơ - 2 giảm tốc/1 tang dẫn) như các hình 1b, 1c. Hình 2 là sơ đồ lực căng băng của cụm dẫn động với hai tang dẫn. Giả thiết góc ôm  $\alpha$  của băng trên các tang và hệ số ma sát  $\mu$  giữa băng và các tang là như nhau, lực căng băng hiệu dụng được xác định là:

$$F_e = F_1 - F_4 \quad (14)$$

Theo công thức Ole ta có:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{F_2}{F_3} = \frac{F_3}{F_4} = e^{\mu\alpha} \quad (15)$$

Sử dụng (15), lực căng băng hiệu dụng trên tang đầu  $F_{eh}$ , trên tang dẫn thứ nhất  $F_{e1}$  và thứ hai  $F_{e2}$  là:

$$\begin{aligned} F_{eh} &= F_1 - F_2 = F_2(e^{\mu\alpha} - 1) \\ F_{e1} &= F_2 - F_3 = F_3(e^{\mu\alpha} - 1) \\ F_{e2} &= F_4 - F_3 = F_4(e^{\mu\alpha} - 1) \end{aligned} \quad (16)$$

Theo các tài liệu tính toán thông dụng [4], thường lấy  $\alpha = 230^\circ$  và  $\mu = 0,25$ , từ (15) ta xác định được các lực căng như sau:

$$F_1 = 2,727F_2; F_2 = 2,727F_3; F_3 = 2,727F_4; F_1 = 2,727^3 F_4 \quad (17)$$

Thay (17) vào (14) được:

$$F_4 = \frac{1}{2,727^3 - 1} F_e = 0,052 F_e \quad (18)$$

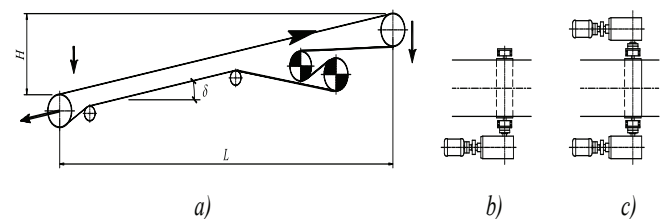
Kết hợp (16), (17), (18) có quan hệ giữa lực căng băng lớn nhất  $F_1$  và  $F_{e1}$ ,  $F_{e2}$  với lực căng hiệu dụng  $F_e$ :

$$F_1 = 1,052 F_e; F_{e1} = 0,386 F_e; F_{e2} = 0,141 F_e \quad (19)$$

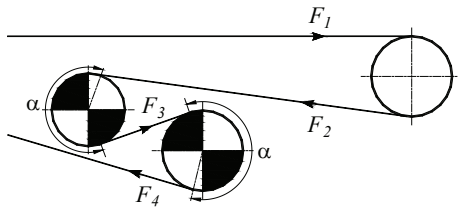
Các lực căng hiệu dụng  $F_{e1}$  và thứ hai  $F_{e2}$  thể hiện phân bố động lực của cụm dẫn động, công suất yêu cầu trên tang dẫn thứ nhất bằng 2,727 lần công suất yêu cầu trên tang dẫn thứ hai, theo tỷ lệ phần trăm tương ứng là 73,2 và 26,8%. Sau khi đã xác định được các lực căng hiệu dụng  $F_e$ ,  $F_{e1}$ ,  $F_{e2}$  từ công suất của băng tải  $P$  (bảng 1), sẽ xác định được công suất yêu cầu trên các tang dẫn thứ nhất và thứ hai,  $P_{11}$ ,  $P_{12}$ , và tổng công suất yêu cầu trên hai tang  $P_1$ ,  $P_{11} + P_{12}$  và mức tiêu thụ năng lượng riêng tính toán  $E_i$  (bảng 2).

Xét các trường hợp bố trí dẫn động cho các tang dẫn như sau:

- TH1 (kiểu đơn - đơn): Mỗi tang có sơ đồ dẫn động kiểu đơn, công suất của mỗi bộ động cơ - giảm tốc bằng công suất tính toán trên tang,  $P_1 = P_{11}, P_2 = P_{12}$ .
- TH2 (kiểu kép - đơn): Tang dẫn thứ nhất có sơ đồ dẫn động kiểu kép, tang dẫn thứ hai có sơ đồ dẫn động kiểu đơn, ba bộ động cơ giảm tốc giống nhau có công suất bằng 1/2 công suất tính toán trên tang dẫn thứ nhất,  $P_{11} = P_{12} = P_2 = P_1 / 2$ .
- TH3 (kiểu kép - kép): Các tang dẫn có sơ đồ dẫn động kiểu kép, công suất của mỗi bộ động cơ - giảm tốc bằng 1/2 công suất tính toán trên tang dẫn đó,  $P_1 = P_{11} / 2, P_2 = P_{12} / 2$



Hình 1. a) Sơ đồ dẫn động của băng tải mô hình lò điển hình; b) Sơ đồ dẫn động kiểu đơn; c) Sơ đồ dẫn động kiểu kép.



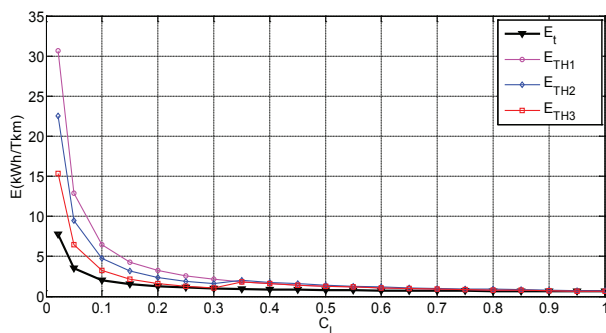
Hình 2. Lực căng trên cụm dẫn động hai tang dẫn.

Bảng 1. Kết quả tính các thông số cơ bản của băng tải.

$Q_{av}$ (T/h)	320	$\eta$	0,95	$P_{cb}$ (kW)	92,2
$L$ (m)	1005	$q_{ro}$ (kg/m)	16,5	$P_h$ (kW)	45,8
$\delta$ (độ)	16	$q_{ru}$ (kg/m)	5	$P_l$ (kW)	251,3
$v$ (m/s)	2	$q_b$ (kg/m)	34	$P$ (kW)	389,3
$L_0$ (m)	45	$q_c$ (kg/m)	44,44	$F_c$ (N)	193290
$f$	0,05	$W_{max}$ (T)	46,5	$F_{c1}$ (N)	74611
				$F_{c2}$ (N)	27061

Bảng 2. Điều khiển công suất của các sơ đồ dẫn động tương ứng với hệ số chất tải.

Tinh toán	TH1		TH2		TH3	
	$C_l$	$W_l$	$P_l$	$P_{l1}$	$P_{l2}$	$P_{l3}$
0,021	1,0	54,5	40,0	14,5	215,6	158,2
0,10	4,6	67,5	49,5	18,0	215,6	158,2
0,20	9,3	83,9	61,6	22,3	215,6	158,2
0,30	13,9	100,4	73,7	26,7	215,6	158,2
0,40	18,6	116,8	85,7	31,1	215,6	158,2
0,50	23,2	133,3	97,8	35,5	215,6	158,2
0,60	27,9	149,7	109,9	39,9	215,6	158,2
0,70	32,5	166,2	122,0	44,2	215,6	158,2
0,80	37,2	182,6	134,0	48,6	215,6	158,2
0,90	41,8	199,1	146,1	53,0	215,6	158,2
1,0	46,5	215,6	158,2	57,4	215,6	158,2



Hình 3. Quan hệ giữa mức tiêu thụ năng lượng riêng và hệ số chất tải của các sơ đồ dẫn động.

Kết quả tính toán ở bảng 1 cho thấy, công suất dùng để nâng vật liệu  $P_l$  lên đến 64,5% so với công suất để vận chuyển vật liệu theo phương ngang  $P_h$  là 11,8% và công suất để dẫn động không tải  $P_{cb}$  là 23,7%. Bảng 2 cho thấy, khi hệ số chất tải  $C_l \leq 0,3$  thì với các trường hợp 2 (TH2), trường hợp 3 (TH3) có thể giảm

năng lượng tiêu thụ bằng cách tắt bớt động cơ, cụ thể là trong TH2 có thể tắt bớt 1 động cơ trên tang dẫn thứ nhất, còn trong TH3 là tắt bớt một động cơ trên mỗi tang dẫn. Rõ ràng, với sơ đồ dẫn động TH1 thì không thể tắt được động cơ trên các tang dẫn. Khi  $C_l > 0,3$ , ví dụ  $C_l = 0,4$ , thì mặc dù tổng công suất trên hai tang lớn hơn tổng công suất yêu cầu  $P_l = 116,8$  kW, cũng không được tắt bớt động cơ trên các tang dẫn vì phải duy trì công suất dẫn động lớn hơn mức yêu cầu là  $P_{l1} = 85,7$  kW và  $P_{l2} = 31,1$  kW. Quan hệ giữa mức tiêu thụ năng lượng riêng và hệ số chất tải ứng với ba trường hợp nêu trên được biểu diễn trên hình 3, cho thấy khi  $C_l > 0,3$  thì chênh lệch về mức tiêu thụ năng lượng riêng của cả ba trường hợp TH1, TH2, TH3 không lớn và khá gần mức tiêu thụ năng lượng riêng tính toán  $E_l$ . Tuy nhiên, khi  $C_l \leq 0,3$  thì sự chênh lệch giữa ba trường hợp này là khá lớn, trong đó TH3 có mức tiêu thụ năng lượng riêng nhỏ nhất và nằm gần  $E_l$  nhất, ngược lại là TH1. Khi hệ số chất tải  $C_l$  càng thấp thì mức tiêu thụ năng lượng riêng càng lớn, khi  $C_l = 0,021$  ứng với khối lượng tải  $W_l = 1$  T, thì  $E_{TH1} = 31$  kWh/Tkm,  $E_{TH2} = 22$  kWh/Tkm,  $E_{TH3} = 15$  kWh/Tkm, nghĩa là mức tiêu thụ năng lượng riêng của TH2 giảm khoảng 29% và của TH3 giảm khoảng 52% so với TH1.

**Kết luận**

Dựa trên phương pháp tính công suất theo cách tiếp cận về cân bằng năng lượng, rời rạc hóa quá trình chất tải và sử dụng xấp xỉ tuyến tính của công suất theo khối lượng tải của băng tải mô phỏng, quan hệ mức tiêu thụ năng lượng riêng với khối lượng tải được thiết lập dưới dạng giải tích. Tiếp theo, mức tiêu thụ năng lượng riêng này được sử dụng để phân tích hiệu quả về mặt năng lượng của các sơ đồ dẫn động kiểu đơn và kiểu kép cho một băng tải mô phỏng có một cụm dẫn động với hai tang dẫn sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ. So sánh ba trường hợp bố trí dẫn động cho các tang dẫn cho thấy sơ đồ dẫn động kiểu kép - kép tiết kiệm năng lượng hơn so với các sơ đồ kiểu kép - đơn và kiểu đơn - đơn, nhất là khi hệ số chất tải nhỏ hơn 0,3. Mức tiêu thụ năng lượng riêng được xây dựng trong bài báo này có thể phát triển cho trường hợp băng tải có nhiều cụm dẫn động sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ, đồng thời cho thấy tiềm năng được sử dụng là một chỉ tiêu kỹ thuật trong các bài toán thiết kế mới hay thiết kế cải tạo nhằm phân tích tối ưu hóa năng lượng tiêu thụ cho các băng tải mô phỏng.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] M.A. Alspaugh (2001), *Latest Developments in Belt Conveyor Technology*, Overland Conveyor Co., Inc, Las Vegas, NV, USA.  
 [2] A. Semenchenko, P. Belitsky, M. Stadnik, O. Stepanenko (2016), "The impact of an uneven loading of a belt conveyor on the loading of drive motors and energy consumption in transportation", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, **4(1)**, pp.42-51.  
 [3] Z. Despodov, S. Mijalkovski, V. Adziski (2014), "Selection of Belt Conveyors Drive Units Number by Technical-Economical Analysis", *Applied Mechanics and Materials*, **683**, pp.189-195.  
 [4] E.D. Yardley, L.R. Stace (2008), *Belt conveying of minerals*, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.  
 [5] A. Nuttal (2007), *Design Aspects of Multiple Driven Belt Conveyors*, Dissertation, Delft Technical University, ISBN 978-90-5584-092-2.