

А.К. Семенченко, М.І. Стаднік,
П.В. Белицький, Д.А. Семенченко

ВПЛИВ СТУПЕНЮ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА НА ПИТОМЕ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ НА ТРАНСПОРТУВАННЯ СИПКОГО ВАНТАЖУ

Мета роботи: визначити характеристики ступеню завантаженості по довжині та прийнятній здатності стрічкового конвеєра, що функціонує в умовах інтенсивного вуглевидобутку, а також їх вплив на питомі енерговитрати на транспортування сипкого вантажу

Методика: експериментальні дослідження коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки; теоретичні дослідження ступеню завантаженості стрічкового конвеєра як функції коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки; визначення питомих енерговитрат на транспортування вугілля стрічковим конвеєром при різних ступенях його завантаженості. Розроблено математичну модель процесу формування ступеню поточної завантаженості конвеєра, яка урахує поточні значення коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки, а також режимні та конструктивні параметри стрічкового конвеєра. Встановлено суттєвий вплив величини і нерівномірності ступеню завантаженості конвеєра на питоме енергоспоживання при транспортуванні сипкого вантажу стрічковим конвеєром. Здійснено статистичну обробку величин коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки і ступеню завантаженості конвеєра.

Результати: отримано гамма-розподіл величини коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки в умовах інтенсивного видобутку; розроблено математичну модель процесу формування ступеню завантаженості стрічкового конвеєра з нерегульованим приводом, яка урахує параметри конвеєра і поточні значення коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки при змінному та умовно постійному вантажопотоці; встановлено суттєвий вплив величини і нерівномірності ступеню завантаженості конвеєра на питоме енергоспоживання при транспортуванні сипкого вантажу.

Наукова новизна: встановлення впливу величини і нерівномірності коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки на ступінь завантаженості стрічкового конвеєра і питомі енерговитрати на транспортування сипкого вантажу конвеєром.

Практичне значення: розробка математичної моделі процесу формування ступеню завантаженості стрічкового конвеєра, що урахує величину і нерівномірність коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки.

Ключові слова: коефіцієнт заповнення перерізу стрічки, ступінь завантаженості конвеєра, статистичний аналіз, питомі енерговитрати на транспортування

Проблема та її зв'язок із науковими і практичними задачами. Конвеєрний транспорт гірничого підприємства в умовах інтенсифікації видобутку корисних копалин відіграє суттєву роль і характеризується широким розповсюдженням. Однак в умовах збільшення навантажень на технологічні дільниці і транспортну систему видобувного підприємства постає актуальна науково-практична проблема зменшення енергоспоживання при транспортуванні корисної копалини стрічковими конвеєрами [1].

Питома вага витрат енергії на транспортування корисної копалини стрічковими конвеєрами у загальному розході електроенергії на вугільній шахті складає 10-20 %. Це призводить до зростання питомих енерговитрат на видобуток 1 т вугілля в 40 разів і вище, порівняно із витратами енергії на процес видобутку вугілля у вибої [1; 2].

Одна із причин високих питомих енерговитрат на транспортування вугілля стрічковими конвеєрами (до 4 кВт·год./т·км) для горизонтальних конвеєрів) – нерівномірність вхідного вантажопотоку, що призводить до недостатнього заповнення розрахункового перерізу стрічки і низької завантаженості стрічкового конвеєра. Результатом є суттєвий негативний вплив конструктивних параметрів стрічкового конвеєра і режиму холостого ходу на питоме енергоспоживання при транспортуванні вантажу [3]. Можливості збільшення завантаженості конвеєра під час транспортування сипкого вантажу визначатимуть резерви зниження енергоспоживання при транспортуванні.

Таким чином, визначення резервів заповнення розрахункового перерізу стрічки і конвеєра в цілому сипким вантажем під час транспортування є актуальною науковою і практичною задачею.

Аналіз досліджень та публікацій.

Коефіцієнт заповнення розрахункового перерізу стрічки конвеєра є відношенням реальної площі поперечного перерізу вантажу на стрічці до максимально можливого за умовою прийнятної здатності конвеєра. Для забезпечення потрібної теоретичної продуктивності стрічкових конвеєрів при їх проектуванні та технологічних розрахунках закладається величина коефіцієнту заповнення перерізу стрічки 0,85 [4].

Традиційно аналіз режимів роботи шахтних стрічкових конвеєрів [5-7] зводиться до вивчення динаміки вантажопотоків і завантаженості конвеєрів. Встановлено суттєвий вплив величини і нерівномірності вантажопотоку, а також завантаженості конвеєра і коефіцієнту корисної дії його приводу на енергоспоживання при транспортуванні вантажу. На наш погляд, така постановка задачі не є достатньо повною, оскільки не беруться до уваги резерви зниження обсягів енергоспоживання при транспортуванні сипкого вантажу стрічковими конвеєрами в різних режимах функціонування.

Таким чином, попередніми дослідженнями не вирішені наступні питання: не встановлені реальні значення коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки; не визначений вплив коефіцієнту заповнення робочого перерізу стрічки на формування завантаженості конвеєра при умовно постійному і змінному вантажопотоках в умовах інтенсивного видобутку; не визначений вплив величини і нерівномірності заповнення стрічкового конвеєра на енергоспоживання на транспортування вантажу стрічковими конвеєрами.

Постановка задачі. Мета роботи: визначити характеристики ступеню завантаженості по довжині та прийнятній здатності стрічкового конвеєра, що функціонує в умовах інтенсивного вуглевидобутку, а також їх вплив на питомі енерговитрати на транспортування сипкого вантажу.

Для досягнення мети слід виконати наступні завдання:

- встановити параметри розподілу коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки конвеєра з використанням

даних, отриманих у представницьких умовах інтенсивного вуглевидобутку;

- розробити математичну модель процесу формування параметру ступеню завантаженості конвеєра, що ураховує характеристики заповнення розрахункового перерізу стрічки, а також встановити параметри розподілу ступеню завантаженості конвеєра;
- із застосуванням розробленої математичної моделі визначити питомі енерговитрати на транспортування сипкого вантажу стрічковим конвеєром із повним завантаженням, а також зі змінним вантажопотоком і ступенем завантаженості, отриманим в сучасних умовах інтенсивного видобутку.

Хід досліджень і отримані результати. Для вирішення першого завдання використані результати досліджень науково-дослідного й проектного інституту «Донгіпротвуглемаш» (Донецьк), які отримані у 2011 році в результаті експерименту на шахті «Должанська-Капітальна» ДТЕК «Свердловантрацит». Протягом 95,5 годин проводилося вимірювання вантажопотоку на магістральному стрічковому конвеєрі (тип – 2ЛУ120В, довжина – 730 м) з нерегульованим приводом східної конвеєрної магістралі шахти. План і методика експерименту, конструкція і характеристика експериментальної установки, методика отримання поточних значень вантажопотоку на конвеєрі та їх статистична обробка описані в [8-10].

Згідно із визначенням коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки конвеєра з нерегульованим приводом, його поточні значення визначатимуться:

$$\psi(t) = \frac{Q(t)}{Q_{\max}} = \frac{Q(t)}{cB^2v\rho'}, \quad (1)$$

де $Q(t)$ – значення вантажопотоку на конвеєрі в момент часу t , т/с; $Q_{\max}$ – максимально можливе значення вантажопотоку за прийнятною здатністю стрічкового конвеєра, т/с; c – коефіцієнт продуктивності конвеєра, значення якого залежить від роду вантажу, конструктивних особливостей роликотопори робочої гілки конвеєра та інших гірничо-геологічних і технічних умов функціонування конвеєра; B – ширина стрічки, м; v – швидкість стрічки, м/с; ρ' – насипна щільність вантажу, т/м³.

На рис. 1 наведено графік зміни в часі t вантажопотоку на конвеєрі $Q(t)$ і коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки конвеєра $\psi(t)$. На рис. 1 видно, що коефіцієнт $\psi(t)$, отриманий у представницьких умовах, змінюється прямо пропорційно вантажопотоку від 0 до 1,0. Оскільки вантажопотік на конвеєрі, який змінюється в межах від 0 до 0,53 т/с, є випадковою величиною [9], то і коефіцієнт заповнення розрахункового перерізу стрічки конвеєра також є випадковою величиною.

З рис. 1 випливає, що коефіцієнт заповнення розрахункового перерізу стрічки конвеєра визначається вантажопотоком на конвеєрі та конструктивними параметрами конвеєра, і є випадковою величиною.

Конвеєр, який функціонував у визначених вище умовах, транспортував одночасно вугілля і породу з двох очисних

вибоїв і одного прохідницького вибою. Тому поточні значення коефіцієнту заповнення стрічки визначалися:

$$\psi(t) = \frac{Q(t)}{\max\{Q(t)\}}. \quad (2)$$

В результаті статистичної обробки отриманого масиву значень коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки отримані наступні характеристики його розподілу: математичне очікування, $m_\psi=0,25$; середньоквадратичне відхилення, $\sigma_\psi=0,12$.

Отже, коефіцієнт заповнення перерізу стрічки як випадкова величина характеризується високою нерівномірністю із коефіцієнтом варіації $r=0,12/0,25=0,48$. Гістограма розподілу коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки наведена на рис. 2.

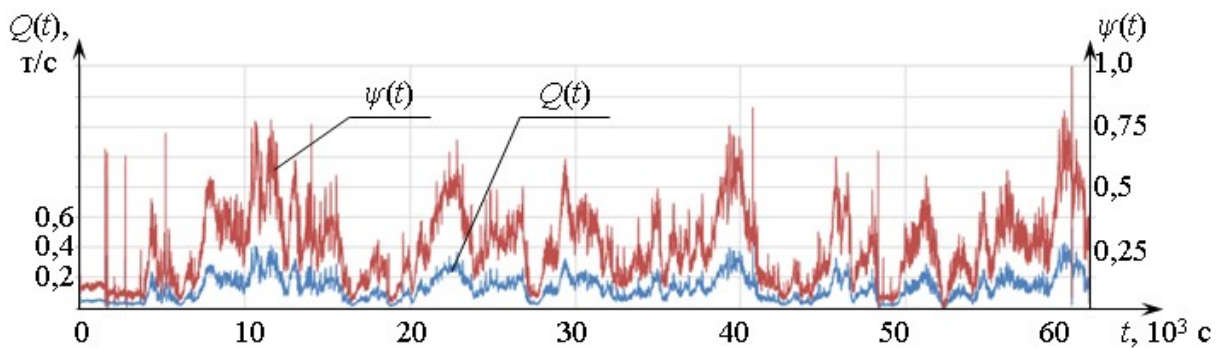


Рис. 1 – Графік зміни в часі t вантажопотоку на конвеєрі $Q(t)$ і коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки конвеєра $\psi(t)$

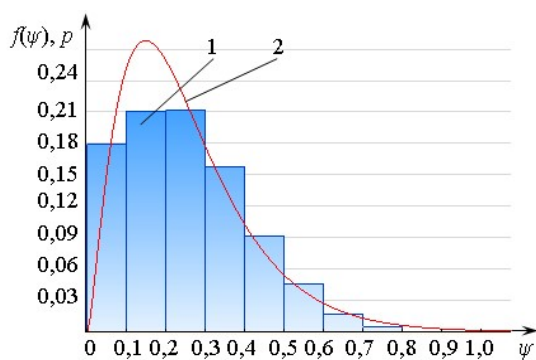


Рис. 2 – Гістограма реального розподілу (1) і функція гамма-розподілу (2) коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки

За значенням критерію Колмогорова-Смирнова $\phi=0,045 < 1,628$ із довірчою імовірністю $p=0,99$ встановлено: отриманий в реальних умовах інтенсивного

вуглевидобутку розподіл коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки не протирічить гамма-розподілу, теоретична функція якого описується наступним чином:

$$f(\psi) = \begin{cases} \frac{\psi^{1,39} e^{-\frac{\psi}{1,11}}}{0,02 \int_0^1 \psi (-\ln \psi)^{2,39} d\psi}, & \psi \geq 0 \\ 0, & \psi < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Таким чином, із використанням результатів експериментальних досліджень в представницьких умовах інтенсивного вуглевидобутку встановлено: розподіл величини коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки не протирічить гамма-розподілу із коефіцієнтом варіації 0,48. За рахунок нерівномірності вхідного вантажопотоку, математичне очікування величини коефіцієнту заповнення розрахункового

перерізу стрічки складає 0,25, що в 3,4 рази менше його розрахункового значення (0,85).

Для вирішення другого завдання аналітично встановлюється зв'язок між коефіцієнтом заповнення розрахункового перерізу стрічки та ступенем завантаженості конвеєра. Останній будемо позиціонувати як відношення реальної завантаженості конвеєра до максимально можливої, що визначається довжиною конвеєра і прийнятною здатністю його стрічки, а саме:

$$k_m(t) = \frac{m(t)}{m_{\max}} = \frac{m(t)}{cB^2 L \rho'}, \quad (4)$$

де $m(t)$ – завантаженість конвеєра в момент часу t , т; $m_{\max}$ – максимально можлива завантаженість конвеєра, зумовлена його довжиною і прийнятною здатністю стрічки, т; L – довжина конвеєра, м.

Поточна завантаженість стрічкового конвеєра визначається вхідним вантажопотоком, а також режимними, технологічними і конструктивними параметрами конвеєра, і для конвеєра з нерегульованим приводом визначається наступним чином [9; 10]:

$$m(t) = \int_t^{t+\xi} Q(t') dt', \quad (5)$$

де ξ – час завантаження конвеєра в момент часу t , с; у випадку використання конвеєра з

нерегульованим приводом, $v = \text{const}$, $\xi = Lv^{-1} = \text{const}$; $Q(t')$ – вхідний вантажопотік на конвеєрі в момент часу $t' \in [t; t+\xi]$, т/с.

Вхідний вантажопотік на конвеєрі з нерегульованим приводом, згідно із (1), можна визначити як:

$$Q(t') = Q_{\max} \psi(t') = cB^2 v \rho' \cdot \psi(t'). \quad (6)$$

Очевидно, що в описаних умовах ступінь завантаженості конвеєра, з урахуванням (4) – (6), складатиме:

$$k_m(t) = \frac{v}{L} \int_t^{t+\xi} \psi(t') dt'. \quad (7)$$

Таким чином, формула (7) визначає аналітичний зв'язок між поточними значеннями ступеню завантаженості конвеєра і коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки.

На рис. 3 наведені графіки зміни вхідного вантажопотоку $Q(t)$, завантаженості конвеєра $m(t)$ і ступеню завантаженості конвеєра $k_m(t)$ в часі t . На рис. 3 видно, що поточна завантаженість конвеєра $m(t)$ коливається в діапазоні 0...111 т, що відповідає ступеню завантаженості конвеєра 0...0,87. Оскільки вантажопотік на конвеєрі $Q(t)$ є випадковою величиною, то завантаженість конвеєра $m(t)$ і ступінь завантаженості конвеєра $k_m(t)$ також є випадковими величинами.

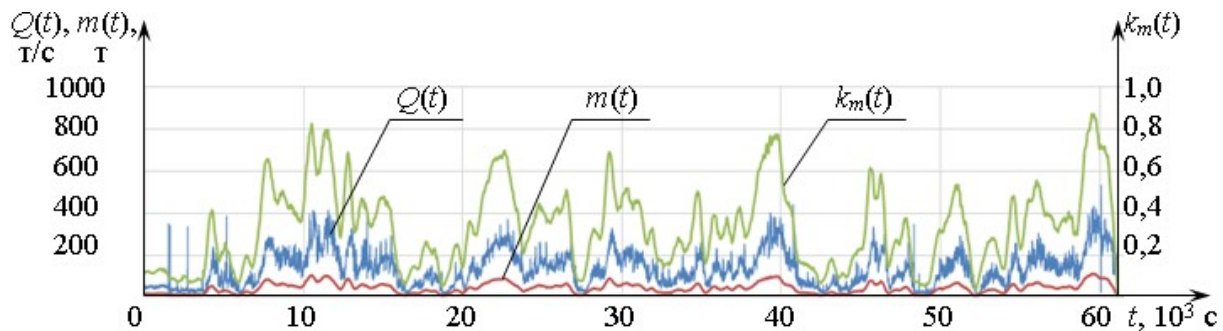


Рис. 3 – Графіки зміни в часі t вхідного вантажопотоку $Q(t)$, завантаженості конвеєра $m(t)$ і ступеню завантаженості конвеєра $k_m(t)$

Отже, з рис. 3 випливає, що ступінь завантаженості конвеєра $k_m(t)$ визначається вантажопотоком на конвеєрі, режимними, технологічними і конструктивними параметрами конвеєра, і є випадковою величиною. В представницьких умовах інтенсивного вуглевидобутку ступінь завантаженості конвеєра змінюється в межах 0...0,87.

В результаті статистичної обробки отриманого масиву значень ступеню завантаженості конвеєра отримані наступні характеристики його розподілу: математичне очікування, $m_{km}=0,33$; середньоквадратичне відхилення, $\sigma_{km}=0,16$.

Ступінь завантаженості конвеєра як випадкова величина характеризується високою нерівномірністю із коефіцієнтом варіації $r=0,16/0,33=0,48$. Гістограма

розподілу ступеню завантаженості конвеєра наведена на рис. 4.

За значенням критерію Колмогорова-Смирнова $\varphi=0,059 < 1,628$ із довірчою імовірністю $p=0,99$ встановлено: отриманий в реальних умовах інтенсивного вуглевидобутку розподіл ступеню завантаженості конвеєра не протирічить гамма-розподілу, теоретична функція якого описується наступним чином:

$$f(k_m) = \begin{cases} \frac{\psi^{1,71} e^{-\frac{\psi}{0,12}}}{0,02 \int_0^1 \psi (-\ln \psi)^{2,71} d\psi}, & \psi \geq 0. \\ 0, & \psi < 0 \end{cases} \quad (8)$$

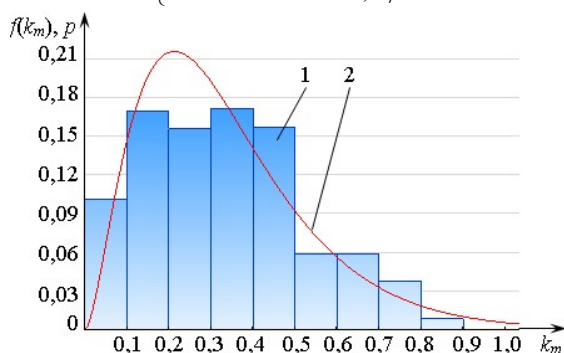


Рис. 4 – Гістограма реального розподілу (1) і функція гамма-розподілу (2) ступеню завантаженості конвеєра

У випадку постійного вхідного вантажопотоку на конвеєрі буде спостерігатися постійне значення коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки $\psi = \text{const}$, і згідно із формулою (7), ступінь завантаженості конвеєра з нерегульованим приводом визначиться наступним чином:

$$k_m = \frac{v}{L} \psi \int_t^{t+\xi} dt = \frac{v}{L} \psi \cdot \xi = \frac{v}{L} \psi \frac{L}{v} = \psi \quad (9)$$

Таким чином, формули (4) – (7), (9) є математичною моделлю процесу формування ступеню завантаженості стрічкового конвеєра з нерегульованим приводом, яка урахує численні значення параметрів конвеєра і поточні значення коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки при змінному та умовно постійному вантажопотоці. Ступінь завантаженості конвеєра є інтегральною характеристикою заповнення розрахункового перерізу його стрічки. Із використанням результатів експериментальних досліджень в

представницьких умовах інтенсивного вуглевидобутку встановлено: розподіл величини ступеню завантаженості конвеєра не протирічить гамма-розподілу із коефіцієнтом варіації 0,48. За рахунок нерівномірності вхідного вантажопотоку максимальне значення ступеню завантаженості конвеєра в реальних умовах складає 0,87, що із достатньою точністю відповідає проектному значенню коефіцієнту заповнення перерізу стрічки, а його математичне очікування – 0,33.

Для вирішення третього завдання проводилася оцінка питомих енерговитрат на транспортування сипкого вантажу горизонтальним стрічковим конвеєром 2ЛУ120В (довжина $L=730$ м, швидкість $v=2$ м/с, максимальна завантаженість $m_{\max}=126$ т) з нерегульованим приводом із застосуванням розробленої математичної моделі:

- при умовно постійному ступені завантаженості конвеєра $k_m = \psi = 0,85$, що відповідає вихідним даним проектування стрічкових конвеєрів,
- зі змінним ступенем завантаженості конвеєра, величина якого має гамма-розподіл із параметрами, відображеними у формулі (8), що відповідає реальним умовам експлуатації стрічкового конвеєра при інтенсивному вуглевидобутку.

Питомі енерговитрати на транспортування сипкого вантажу стрічковим конвеєром із постійною завантаженістю останнього визначаються по формулі:

$$W = \frac{vT'(F_0 + k_1 m_{\max} \psi)}{3,6 m_{\Sigma} L \eta_{\kappa}}, \text{ кВт} \cdot \text{год.} / (\text{т} \cdot \text{км}), \quad (10)$$

зі змінною завантаженістю – по формулі:

$$W = \frac{vT}{3,6 m_{\Sigma} L} \sum_{i=1}^n \frac{(F_0 + k_1 m_{\max} k_{mi}) p_i}{\eta_{\kappa i}}, \quad (11)$$

де T – час функціонування конвеєра, приймається рівним часу одного з безперервних вимірювань вантажопотоку в умовах експерименту інституту «Донгіпровуглемаш»; $T=61128$ с (17,0 год.); T' – час функціонування конвеєра при постійному вантажопотоці; приймається рівним $T' = T \cdot m_{km} / \psi = 61128 \cdot 0,33 / 0,85 = 23732$ с; m_{Σ} – сумарна маса вантажу, переміщена стрічковим конвеєром за час функціонування T ; в умовах експерименту $m_{\Sigma} = 8,2 \cdot 10^3$ т; n – кількість класів ступеню

завантаженості конвеєра зі змінною завантаженістю; F_0 , k_1 – відповідно, окружне тягове зусилля холостого ходу стрічкового конвеєра і прирощення окружного тягового зусилля при збільшенні завантаженості конвеєра на 1 т; p_i – імовірність функціонування стрічкового конвеєра з i -м ступенем завантаженості, який визначається типом і параметрами розподілу відповідної випадкової величини; η_{ki} – коефіцієнт корисної дії приводу конвеєра у відповідному режимі функціонування [3; 11].

Окружне тягове зусилля холостого ходу стрічкового конвеєра визначиться:

$$F_0 = 10^{-3} kgL(2q_0 + q_p' + q_p'')\omega' \cos \beta, \text{ кН}, (12)$$

де k – коефіцієнт, що урахує місцеві опори руху стрічки; $k=1,2$; q_0 – погонна маса стрічки конвеєра; для умов експерименту $q_0=44,4$ кг/м; q_p' , q_p'' – погонна маса обертових частин верхніх і нижніх роликів, відповідно; $q_p'=20,3$ кг/м; $q_p''=11,8$ кг/м; ω' – коефіцієнт опору руху стрічки; для умов експерименту $\omega'=0,05$; β – кут транспортування; $\beta=0$.

Прирощення окружного тягового зусилля стрічкового конвеєра при збільшенні його завантаженості на 1 т визначиться:

$$k_1 = kg(\omega' \cos \beta \pm \sin \beta), \text{ кН/т}, (13)$$

знак «+» підставляється, коли стрічка на гілці конвеєра рухається вгору.

Коефіцієнт корисної дії стрічкового конвеєра з нерегульованим приводом при умовно постійному ступені завантаженості визначиться наступним чином:

$$\eta_k \approx 0,85 \frac{k_1 m_{\max} \psi}{F_0 + k_1 m_{\max} \psi}, (14)$$

при змінному ступені завантаженості – по формулі:

$$\eta_{ki} \approx 0,85 \frac{k_1 m_{\max} k_{mi}}{F_0 + k_1 m_{\max} k_{mi}}. (15)$$

Згідно із результатами оцінки питомих енерговитрат на транспортування сипкого вантажу стрічковим конвеєром із нерегульованим приводом за різних ступенів завантаженості стрічки, ступеневі завантаженості конвеєра $k_m=0,85$ відповідають питомі енерговитрати на транспортування вантажу $W=0,54$ кВт·год./((т·км); ступеневі завантаженості конвеєра $k_m=0,33$ відповідають питомі

енерговитрати на транспортування вантажу $W'=2,67$ кВт·год./((т·км).

Таким чином, величина і нерівномірність ступеню завантаженості конвеєра суттєво впливають на питоме енергоспоживання при транспортуванні сипкого вантажу. Зменшення середнього ступеню завантаженості стрічки у 2,6 разів (з 0,85 до 0,33) і відсутність згладжування вантажопотоку призводять до очікуваного збільшення питомого енергоспоживання у 4,9 разів (з 0,54 кВт·год./((т·км) до 2,67 кВт·год./((т·км)). Дану закономірність слід урахувати при проектуванні, експлуатації та математичному моделюванні робочих процесів шахтних стрічкових конвеєрів.

Висновки і напрями подальших досліджень. Таким чином, в роботі встановлені характеристики ступеню завантаженості по довжині та приймальній здатності стрічкового конвеєра, який функціонує в представницьких умовах інтенсивного вугледобутку, а також їх вплив на питоме енергоспоживання при транспортуванні сипких вантажів, а саме:

- розподіл величини коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки в умовах інтенсивного видобутку не протирічить гамма-розподілу із коефіцієнтом варіації 0,48. За рахунок нерівномірності вхідного вантажопотоку, математичне очікування величини коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки складає 0,25, що в 3,4 рази менше його розрахункового значення – 0,85;
- розроблено математичну модель процесу формування ступеню завантаженості стрічкового конвеєра з нерегульованим приводом, яка урахує параметри конвеєра і поточні значення коефіцієнту заповнення розрахункового перерізу стрічки при змінному та умовно постійному вантажопотоці. Ступінь завантаженості конвеєра в умовах інтенсивного видобутку не протирічить гамма-розподілу із коефіцієнтом варіації 0,48;
- величина і нерівномірність ступеню завантаженості конвеєра суттєво впливають на питоме енергоспоживання при транспортуванні сипкого вантажу. Зменшення середнього ступеню завантаженості стрічки у 2,6 разів, - з 0,85 до 0,33, - і відсутність згладжування вантажопотоку призводять до очікуваного

збільшення питомого енергоспоживання у 4,9 разів, - з 0,54 кВт·год./т·км до 2,67 кВт·год./т·км).

Напрями подальших досліджень: математичне моделювання робочих процесів стрічкових конвеєрів з регульованим приводом в умовах постійного і змінного ступеню завантаженості конвеєра; встановлення впливу ступеню

завантаженості конвеєра на потужність, що розвивається нерегульованим і регульованим приводом конвеєра, а також поточне енергоспоживання на конвеєрному транспорті шахти; оптимальне проектування систем і засобів стабілізації вхідного вантажопотоку на конвеєрі та ступеню завантаженості стрічкових конвеєрів гірничих підприємств.

Список використаних джерел

1. Грядущий Б.А. Энергоаудит на угольных предприятиях [Текст] / Б.А.Грядущий, В.В.Лобода, Н.А.Чехлатый // Уголь Украины, апрель 2013. – с. 14-19.
2. Рухлов, А.В. Энергетические характеристики магистрального конвейерного транспорта угольных шахт / А.В.Рухлов, Е.Д.Герман. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \WWW/ URL: <http://vde.nmu.org.ua/ua/science/ntz/archive/84/7.pdf>.
3. Белицкий П.В. Повышение эффективности ленточного конвейера при интенсивном ведении горных работ [Текст] // Вісті Донецького гірничого інституту, № 2 (5)' 2017. – Покровськ, 2017. – с. 160-168.
4. Шахмейстер Л.Г. Динамика грузопотоков и регулирование скорости ленточных конвейеров [Текст] / Л.Г.Шахмейстер, В.Г.Дмитриев, А.К.Лобачёва. – М.: Недра, 1972. – 173 с.
5. Прокуда В.М. Исследование и оценка грузопотоков на магистральном конвейерном транспорте ПСП «Шахта «Павлоградская» ПАО ДТЭК «Павлоградуголь» [Текст] / В.М.Прокуда, Ю.А.Мишанский, С.Н.Проценко // Гірнична електромеханіка, № 88. – Днепропетровск, 2012. – с. 107-111.
6. Крутков Г.В. Экономическая оценка эффективности инвестиций в энергосберегающие регулируемые электроприводы конвейеров горно-обогатительных комбинатов / Крутков Г.В., Савицкий А.И. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \WWW/ URL: <http://www.metaljournal.com.ua/Economic-evaluation-of-the-effectiveness-of-investments-in-energy-saving-electric-adjustable-conveyors-mining-and-processing/>
7. Тарасов В.И. Оценка совершенства ленточного конвейера по энергетическому показателю [Текст] // Розробка родовищ: Зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2015. – Т. 9. – с. 155-161.
8. Кондрахин В.П. Измерение грузопотока на ленточном конвейере с помощью съёмного тензоизмерительного устройства с учётом натяжения ленты [Текст] / В.П.Кондрахин, Н.И.Стадник, П.В.Белицкий // Наукові праці ДонНТУ / Серія електромеханічна, № 1 (25)'2013. – Донецьк, 2013. – с. 79-87.
9. Кондрахин В.П. Статистический анализ эксплуатационных параметров шахтного ленточного конвейера [Текст] / В.П.Кондрахин, Н.И.Стадник, П.В.Белицкий // Наукові праці ДонНТУ / Серія електромеханічна, № 2 (26)'2013. – Донецьк, 2013. – с. 140-150.
10. Semenchenko A. The impact of an uneven loading of a belt conveyor on the loading of drive motors and energy consumption in transportation [Текст] / A.Semenchenko, M.Stadnik, P.Belitsky, D.Semenchenko, O.Stepanenko // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, т. 4, № 1 (82) (2016). – с. 42-51.
11. Семенченко А.К. Повышение энергоэффективности использования ленточных конвейеров при интенсивной угледобыче [Текст] / Семенченко А.К., Стадник Н.И., Белицкий П.В., Семенченко Д.А. // Вісті Донецького гірничого інституту, № 2 (7)' 2018. – Покровськ, 2018. – с. 91-106.

References

1. Gryadooshchyi, B.A., Loboda V.V. & Chekhlatyi N.A. (2013). Energoaudit na ugol'nykh predpriyatiyakh. Ugol' Ukrainy, 4, 14-19.
2. Ruxlov, A.V., & German, E.D. (2010). E'nergeticheskie xarakteristiki magistral'nogo konvejernogo transporta ugol'ny'x shaxt. *Girnichaya elektromexanika i avtomatika*, 1 (84), 45-50. Retrieved from <http://vde.nmu.org.ua/ua/science/ntz/archive/84/7.pdf>.
3. Beliczkiy, P.V. (2017). Povy'shenie e'ffektivnosti lentochного konvejera pri intensivnom vedenii gorny'x rabot. *Visti Donecz'kogo girnichogo institutu*, 2 (41), 160-168.
4. Shaxmejster, L.G., Dmitriev, V.G., & Lobachyova, A.K. (1972). *Dinamika gruzopotokov i regulirovanie skorosti lentochny'x konvejerov*. Moskva: Nedra.
5. Prokuda, V.M., Mishanskij Yu., A., & Procenko, S.N. (2012). Issledovanie i ocenka gruzopotokov na magistral'nom konvejernom transporte PSP «Shaxta «Pavlogradsкая» PAO DTE'K «Pavlogradugol'». *Girnichaya elektromexanika*, 88, 107-111.
6. Krutkov, G.V., & Saviczkiy, A.I. (2015). E'konomicheskaya ocenka e'ffektivnosti investicij v e'nergoberegayushhie reguliruemye e'lektroprivody' konvejerov gorno-obogatitel'ny'x kombinatov. *Metal Journal: politexnicheskij zhurnal*. Retrieved from <http://www.metaljournal.com.ua/Economic-evaluation-of-the-effectiveness-of-investments-in-energy-saving-electric-adjustable-conveyors-mining-and-processing/>
7. Tarasov, V.I. (2015). Ocenka sovershenstva lentochного konvejera po e'nergeticheskomu pokazatelyu. *Rozrobka rodovishh: Zb. nauk. pr.*, T. 9, 155-161.
8. Kondraxin, V.P., Stadnik, N.I., & Beliczkiy, P.V. (2013). Izmerenie gruzopotoka na lentochном konvejere s pomoshh'yu s'yomного tenzoizmeritel'nogo ustrojstva s uchyotom natyazheniya lenty'. *Naukovi praczi DonNTU, seriya elektromexanichna*, 1 (25), 79-87.

9. Kondrakhin, V.P., Stadnik, N.I., & Beliczkiy, P.V. (2013). Statisticheskij analiz e'kspluatatsionny'x parametrov shaxtnogo lentochnogo konveyera. *Naukovi praci DonNTU / Seriya elektromexanichna*, 2 (26), 140-150.
10. Semenchenko, A.K., Stadnik, M.I., Belitsky, P.V., & et al. (2016). The impact of an uneven loading of a belt conveyor on the loading of drive motors and energy consumption in transportation. *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovy'x tehnologij*, т. 4 - № 1 (82), 42-51.
11. Semenchenko, A.K., Stadnik, M.I., Beliczkiy, P.V. & Semenchenko, D.A. (2018). Povyshenije energoeffektivnosti ispol'zovanija lentochnykh konveyerov pri intensivnoy ugledobyche. *Visti Donecz'kogo girnichogo institutu*, 2 (43), 91-106.

Надійшла до редакції: 08.12.2019

© А.К.Семенченко, М.І.Стаднік, П.В.Белицкий, Д.А.Семенченко, 2019

А.К. Семенченко, Н.И. Стадник, П.В. Белицкий, Д.А. Семенченко ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ЗАГРУЖЕННОСТИ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА НА УДЕЛЬНОЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ СЫПУЧЕГО ГРУЗА

Цель работы: определить характеристики степени загрузки по длине и приёмной способности ленточного конвейера, функционирующего в условиях интенсивной угледобычи, а также их влияние на удельные энергозатраты на транспортирование сыпучего груза. Методика выполнения работы: экспериментальные исследования коэффициента заполнения расчётного сечения ленты; теоретические исследования степени загрузки ленточного конвейера как функции коэффициента заполнения расчётного сечения ленты; определение удельных энергозатрат на транспортирование угля ленточным конвейером при различных степенях его загрузки. Разработана математическая модель процесса формирования степени текущей загрузки конвейера, которая учитывает текущие значения коэффициента заполнения расчётного сечения ленты, а также режимные и конструктивные параметры ленточного конвейера. Установлено существенное влияние величины и неравномерности степени загрузки конвейера на удельное энергопотребление при транспортировании сыпучего груза ленточным конвейером. Осуществлена статистическая обработка величин коэффициента заполнения расчётного сечения ленты и степени загрузки конвейера. Научная новизна: установление влияния величины и неравномерности коэффициента заполнения расчётного сечения ленты на степень загрузки ленточного конвейера и удельные энергозатраты на транспортирование сыпучего груза конвейером. Практическая ценность: разработка математической модели процесса формирования степени загрузки ленточного конвейера, учитывающей величину и неравномерность коэффициента заполнения расчётного сечения ленты.

Коэффициент заполнения сечения ленты, степень загрузки конвейера, статистический анализ, удельные энергозатраты на транспортирование.

A. Semenchenko, M. Stadnik, P. Belytskii, D. Semenchenko THE IMPACT OF THE BELT CONVEYOR LOAD TO THE SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION FOR BULK CARGO TRANSPORTING

Objective: to determine the characteristics of the degree of congestion along the length and receiving capacity of the belt conveyor operating in conditions of intensive coal mining, as well as their impact on the specific energy consumption for the bulk load transporting. Methodology: experimental studies of the fill factor of the calculated section of the tape; theoretical studies of the degree of congestion of the conveyor belt as a function of the filling factor of the calculated section of the belt; determination of specific energy consumption for coal transportation by belt conveyor. Mathematical model of forming the degree of current loading of the conveyor process, which takes into account the current values of the fill factor of the calculated section of the tape, as well as the operating and design parameters of the conveyor belt has been developed. The significant effect of the magnitude and unevenness of the conveyor load on the specific energy consumption during transportation of bulk load by a conveyor belt has been established. The statistical processing of the values of the fill factor of the calculated section of the belt and the degree of load of the conveyor was carried out. Scientific novelty: establishing the influence of the magnitude and unevenness of the fill factor of the calculated section of the belt on the degree of congestion of the conveyor belt and the specific energy consumption for the transportation of bulk load conveyor. Practical value: development of a mathematical model of the process of forming the degree of congestion of the conveyor belt, taking into account the size and unevenness of the fill factor of the calculated section of the belt.

Belt cross-section coefficient, conveyor congestion degrees, statistical analysis, specific energy consumption for transportation.

Семенченко Анатолий Кириллович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры оборудования добычных и перерабатывающих комплексов, Донецкий национальный технический университет, пл. Шибанкова, 2, г. Покровск, Украина, 85300, e-mail: a.k.semenchenko@gmail.com

Стадник Николай Иванович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры электротехнических систем, технологий и автоматизации в АПК, Винницкий национальный аграрный университет, ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: stadnik1948@gmail.com

Белицкий Павел Владимирович, старший преподаватель кафедры добычных и перерабатывающих комплексов, Донецкий национальный технический университет, пл. Шибанкова, 2, г. Покровск, Украина, 85300, e-mail: pabel30.04.1980@gmail.com

Семенченко Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры добычных и перерабатывающих комплексов, Донецкий национальный технический университет, пл. Шибанкова, 2, г. Покровск, Украина, 85300, E-mail: semencenko.da@gmail.com

Семенченко Анатолій Кирилович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри видобувних і переробних комплексів, Донецький національний технічний університет, пл. Шибанкова, 2, м. Покровськ, Україна, 85300, e-mail: a.k.semenchenko@gmail.com

Стаднік Микола Іванович, доктор технічних наук, доцент, професор кафедри електротехнічних систем, технологій і автоматизації в АПК, Вінницький національний аграрний університет, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: stadnik1948@gmail.com

Белицкий Павло Володимирович, старший викладач кафедри видобувних і переробних комплексів, Донецький національний технічний університет, пл. Шибанкова, 2, м. Покровськ, Україна, 85300, e-mail: pabel30.04.1980@gmail.com

Семенченко Дмитро Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри видобувних і переробних комплексів, Донецький національний технічний університет, пл. Шибанкова, 2, м. Покровськ, Україна, 85300, e-mail: semencenko.da@gmail.com

Semenchenko Anatoly, doctor of technical sciences, professor, professor of mining and processing complexes department, Donetsk national technical university, 2 Shybankova sq., Pokrovsk, Ukraine, 85300, e-mail: a.k.semenchenko@gmail.com

Stadnik Mykola, doctor of technical sciences, assistant professor, professor of electrical systems and automation technology in the agricultural sector department, Vinnytsia National Agricultural University, 3 Sun (Sonyachna) str., Vinnitsa, Ukraine, 21008, e-mail: stadnik1948@gmail.com

Belitsky Pavlo, teacher of mining and processing complexes department, Donetsk national technical university, 2 Shybankova sq., Pokrovsk, Ukraine, 85300, e-mail: pabel30.04.1980@gmail.com

Semenchenko Dmytro, PhD, assistant professor, assistant professor of mining and processing complexes department, Donetsk national technical university, 2 Shybankova sq., Pokrovsk, Ukraine, 85300, e-mail: semencenko.da@gmail.com