

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Дриженко А.Ю.
Надійшла до редакції 15.01.15*

УДК 622.647.2

© Р. В. Кирия, Т. Ф. Мищенко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И ЭНЕРГОЕМКОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГОРНОЙ МАССЫ КОНВЕЙЕРНЫМ ТРАНСПОРТОМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

На основании математической модели функционирования систем конвейерного транспорта с последовательным и параллельным соединением конвейеров и бункеров, а также с древовидной веерной и самоподобной структурами получен рекуррентный алгоритм определения их пропускной способности и энергоемкости транспортирования угля. Приведены примеры расчетов при различных значениях грузопотоков и производительностей питателей.

На підставі математичної моделі функціонування систем конвеєрного транспорту з послідовним і паралельним з'єднанням конвеєрів і бункерів, а також з деревовидною віяловою і самоподібною структурами одержано рекурентний алгоритм визначення їх пропускної спроможності і енергоємності транспортування вугілля. Приведено приклади розрахунків при різних значеннях вантажопотоків і продуктивності живильників.

On the basis of mathematical model functioning of conveyor transport systems with a consistent and parallel connection conveyors and hoppers, and also tree-fan system and a self-similar structure. Receive the recurrent algorithm to determine their capacity and energy coal transport. Illustrates the calculated values for different values of traffic flows and capacity feeders

Вопросами определения пропускной способности систем конвейерного транспорта занимались многие исследователи [1–6].

В работах [5–6] на основании метода динамики средних для марковских процессов получен алгоритм определения средней пропускной способности системы конвейерного транспорта с последовательным и параллельным соединением конвейеров с бункерами и без бункеров, а также алгоритм определения средней пропускной способности системы конвейерного транспорта для древовидной веерной и самоподобной структур соединения конвейеров с бункерами и без бункеров.

В работе [6] приведен алгоритм определения средней энергоемкости транспортирования для систем конвейерного транспорта древовидной самоподобной структуры без бункеров.

В данной работе, на основе разработанных математических моделей функционирования систем конвейерного транспорта с бункерами [7], рассмотрен вопрос определения средней энергоемкости транспортирования системы подзем-

ного конвейерного транспорта угольных шахт с бункерами и на основании этого определен критерий эффективности ее функционирования.

Системы конвейерного транспорта высокопроизводительных угольных шахт имеют разветвленную самоподобную древовидную структуру, состоящую из конвейеров, бункеров, питателей и перегрузочных узлов [7].

Согласно [6], средняя пропускная способность и средняя энергоёмкость транспортирования системы конвейерного транспорта, с учетом простоев конвейерного оборудования, определяется по формулам

$$m_c = \sum_{i=1}^s P_k m_k ; \quad (1)$$

$$w_c = \sum_{i=1}^s P_k w_k , \quad (2)$$

где m_k – пропускная способность системы конвейерного транспорта, находящейся в k -ом состоянии, т/мин; w_k – мощность электроэнергии, идущей на транспортирование груза системой конвейерного транспорта, находящейся в k -ом состоянии, кВт; P_k – вероятность нахождения системы конвейерного транспорта в k -ом состоянии; s – количество состояний системы конвейерного транспорта.

Рассмотрим сначала последовательное соединение бункеров (рис. 1)

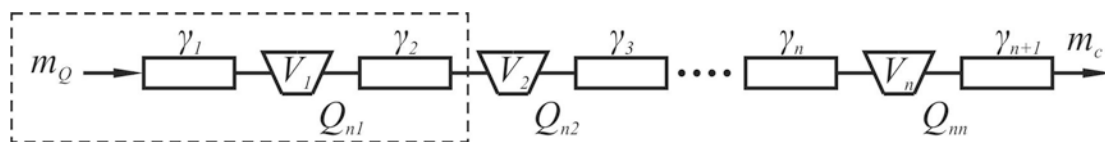


Рис. 1. – Расчетная схема последовательного соединения бункеров

Согласно работе [8], средняя пропускная способность этой системы определяется из рекуррентного соотношения

$$m_c = m_{c_n} , \quad (3)$$

где при $\bar{m}_{Q_i} > \bar{Q}_{n_i}$

$$m_{c_i} = \left[\frac{e^{A_{1i}\gamma V_i}}{\gamma_{\varepsilon_i}} + \frac{\bar{m}_{Q_i}}{(\bar{m}_{Q_i} - \bar{Q}_{n_i})} (e^{A_{1i}\rho V_i} - 1) \right] \bar{Q}_{n_i} , \quad (4)$$

$$\left[1 + \frac{e^{A_{1i}\rho V_i}}{\gamma_{\varepsilon_i}} + \frac{\bar{m}_{Q_i}}{(\bar{m}_{Q_i} - \bar{Q}_{n_i})} (e^{A_{1i}\rho V_i} - 1) \right]$$

$$\text{где } A_{1i} = \frac{\mu_c [m_Q - (1 + \gamma_{\varepsilon i}) \bar{Q}_{n_i}]}{(m_Q - \bar{Q}_{n_i}) \bar{Q}_{n_i}}; \quad \bar{m}_{Q_i} = \frac{m_Q}{1 + \gamma_{\varepsilon i}} = m_{c_{i-1}}; \quad \bar{Q}_{n_i} = \frac{Q_{n_i}}{1 + \gamma_{i+1}};$$

$$\bar{m}_Q = \bar{m}_{Q_1} = \frac{m_{Q_1}}{1 + \gamma_{\varepsilon 1}}; \quad \gamma_{\varepsilon i} = \frac{m_Q}{m_{c_{i-1}}} - 1; \quad \gamma_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i}; \quad (i = 1, n; \quad m_{c_0} = \frac{m_Q}{1 + \gamma_1}; \quad \mu_c = \mu_i);$$

при $\bar{m}_{Q_i} \leq \bar{Q}_{n_i}$

$$m_{c_i} = \left[\frac{1 + \frac{(Q_{n_i} - \bar{Q}_{n_i}) (1 - e^{A_{2i} \rho V_i})}{(\bar{Q}_{n_i} - \bar{m}_{Q_i})}}{1 + \gamma_{i+1} e^{A_{2i} \rho V_i} + \frac{(Q_{n_i} - \bar{Q}_{n_i}) (1 - e^{A_{2i} \rho V_i})}{(\bar{Q}_{n_i} - \bar{m}_{Q_i})}} \right] \bar{m}_{Q_i}, \quad (5)$$

$$\text{где } A_{2i} = \frac{\mu_c [\bar{m}_{Q_i} (1 + \gamma_{i+1}) - Q_{n_i}]}{\bar{m}_{Q_i} (Q_{n_i} - \bar{m}_{Q_i})}; \quad \bar{m}_{Q_i} = m_{c_{i-1}}; \quad \bar{Q}_{n_i} = \frac{Q_{n_i}}{1 + \gamma_{i+1}};$$

$$(i = 1, n; \quad m_{c_0} = \frac{m_Q}{1 + \gamma_1}; \quad \mu_c = \mu_i); \quad n - \text{количество бункеров в системе; } \gamma_i = \lambda_i / \mu_i$$

– коэффициенты аварийности конвейеров системы конвейерного транспорта; λ_i , μ_i – параметры потоков отказов и восстановлений конвейеров системы конвейерного транспорта соответственно, 1/мин; V_i – объемы бункеров, м³; ρ – насыпная плотность транспортируемого груза, т/м³.

Теперь определим для системы конвейерного транспорта с последовательным соединением бункеров энергоемкость транспортирования горной массы.

Для этого выделим в схеме (см. рис. 1) простейшую элементную систему «конвейер – бункер – конвейер», обведенную пунктирной линией.

Для этой элементарной схемы определим затраты электроэнергии (мощности привода), идущей на транспортирование груза с учетом простоя конвейеров, в результате имеем:

$$w_1^{(s)} = \frac{w_0^{(s)}}{1 + \gamma_{c0}} + w_2^{(c)}, \quad (6)$$

$$\text{где } \gamma_{c0} = \frac{m_{c0}}{m_{c1}} - 1; \quad m_{c0} = \frac{m_Q}{1 + \gamma_1}.$$

Здесь $w_1^{(s)}$ – мощность, потребляемая системой «бункер – конвейер – бункер», обведенной пунктирной линией, кВт; $w_0^{(s)} = w_1^{(c)}$ – мощность, потребляемая первым конвейером (кВт); $w_2^{(c)}$ – мощность, потребляемая вторым конвейером (кВт).

Продолжая этот итерационный процесс n раз, в результате получим среднюю энергоемкость транспортирования всей системой последовательного соединенных конвейеров и бункеров, равную

$$w_c = w_n^{(s)}, \quad (7)$$

где

$$w_i^{(s)} = \frac{w_{i-1}^{(s)}}{1 + \gamma_{c_{i-1}}} + w_{i+1}^{(c)}; \quad \gamma_{c_{i-1}} = \frac{m_{c_{i-1}}}{m_{c_i}} - 1 \quad (i = 1 \dots n). \quad (8)$$

Здесь $w_{i-1}^{(s)}$ – мощность энергии, потребляемой системой последовательно соединенных конвейеров и бункеров, расположенных до i -го бункера; $w_{i+1}^{(c)}$ – мощность энергии, потребляемая $(i+1)$ -ым конвейером; $m_{c_{i-1}}$ – пропускная способность системы последовательно соединенных конвейеров и бункеров, расположенных до i -го бункера.

Согласно [6], мощность i -го конвейера системы конвейерного транспорта определяется по формуле

$$w_i^{(c)} = N_i, \quad (9)$$

где

$$N_i = \frac{L_i}{1000\eta_i} \left[k_{1i} v_{li} (q'_{pi} + q''_{pi} + 2q_{li}) \omega'_i \cos \alpha_i + v_{li} q_{\Gamma i} (k_{1i} \omega'_i \cos \alpha_i + \sin \alpha_i) \right]. \quad (10)$$

Здесь N_i – мощность потребляемого приводом i -го конвейера, кВт; L_i – длина i -го конвейера, м; η_i – коэффициент полезного действия привода i -го конвейера; v_{li} – скорость ленты i -го конвейера, м/с; $q_{\Gamma i}$, q_{li} – соответственно погонные веса насыпного груза и ленты i -го конвейера, Н/м; q'_{pi} , q''_{pi} – соответственно погонные веса вращающихся частей роlikоопор верхних и нижних ветвей ленты i -го конвейера, Н/м; α_i – угол наклона i -го конвейера, град; k_{1i} – коэффициент, учитывающий местное сопротивление i -го конвейера; ω'_i – коэффициент сопротивления движению ленты с грузом по роlikоопорам i -го конвейера.

В формуле (10) погонная нагрузка $q_{\Gamma i}$ зависит от текущей производительности конвейера Q_i (т/ч) и определяется по формуле

$$q_{\Gamma i} = \frac{Q_i}{0,36v_{li}}. \quad (11)$$

Текущая производительность i -го конвейера системы конвейерного транспорта определяется по формуле

$$Q_i = 60m_{c_{i-1}} \quad (i = 1, n+1). \quad (12)$$

Рассмотрим систему конвейерного транспорта древовидной самоподобной структуры с бункерами (рис. 2).

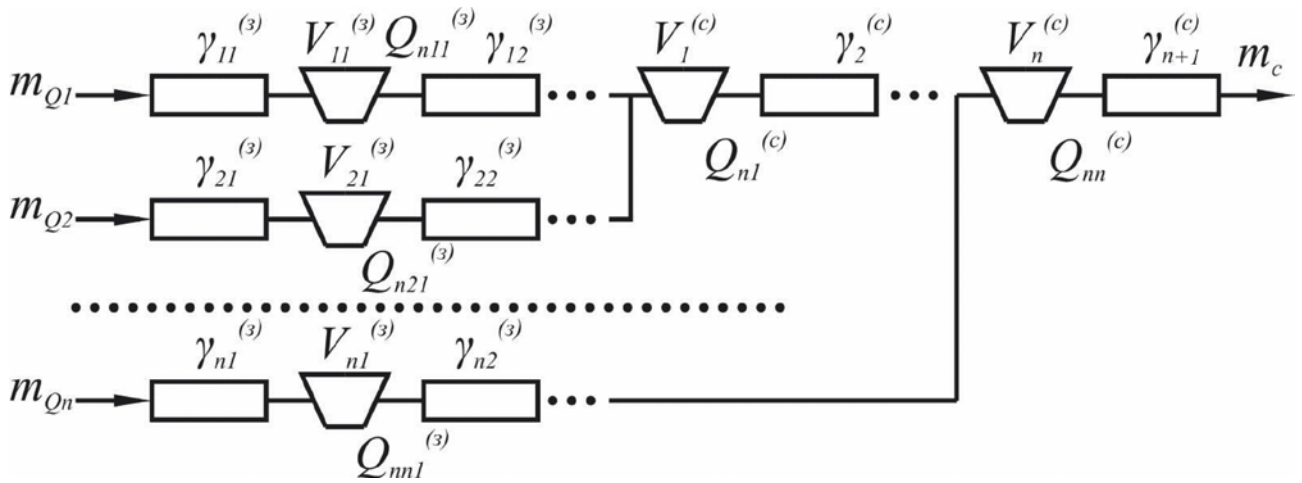


Рис. 2 – Расчетная схема самоподобной древовидной структуры соединения бункеров.

Обозначим через $\gamma_i^{(c)}, \gamma_{ij}^{(3)}$ – коэффициенты аварийности стволовых и забойных конвейеров соответственно; $V_i^{(c)}, V_{ij}^{(3)}$ – объемы бункеров стволовых и забойных путей; $Q_{ni}^{(c)}, Q_{nij}^{(3)}$ – производительности питателей стволовых и забойных путей, где $i=1, n; j=1, k_i; k_i$ – количество бункеров в i -ой забойной линии.

Согласно работы [8], пропускная способность этой системы определяется по рекуррентным формулам:

$$\text{при } m_i^{(s)} > \bar{Q}_{ni}^{(c)}$$

$$m_{ci} = \frac{\left[\frac{e^{A_{li}\rho V_i^{(c)}}}{\gamma_{\partial i}^{(c)}} + \frac{m_i^{(s)}}{(m_i^{(s)} - \bar{Q}_{ni}^{(c)})} \left(e^{A_{li}\rho V_i^{(c)}} - 1 \right) \right]}{\left[1 + \frac{e^{A_{li}\rho V_i^{(c)}}}{\gamma_{\partial i}^{(c)}} + \frac{m_i^{(s)}}{(m_i^{(s)} - \bar{Q}_{ni}^{(c)})} \left(e^{A_{li}\rho V_i^{(c)}} - 1 \right) \right]} \bar{Q}_{ni}^{(c)}, \quad (13)$$

$$\text{где } A_{li} = \frac{\mu_c \left[m_i^{(s)} (1 + \gamma_{\partial i}^{(c)}) - (1 + \gamma_{\partial i}^{(c)}) \bar{Q}_{ni}^{(c)} \right]}{\left[m_i^{(s)} (1 + \gamma_{\partial i}^{(c)}) - \bar{Q}_{ni}^{(c)} \right] \bar{Q}_{ni}^{(c)}}, \quad \gamma_{\partial i}^{(c)} = \frac{\sum_{k=1}^i m_{Q_k}}{m_i^{(s)}} - 1;$$

$$m_i^{(s)} = m_{c_{i-1}} + \frac{m_{Q_i}}{1 + \gamma_{\partial i}^{(3)}}, \quad \bar{Q}_{ni}^{(c)} = \frac{Q_{ni}^{(c)}}{1 + \gamma_{i+1}^{(c)}}; \quad m_{c0} = 0; \quad \mu_c = \mu_i; \quad i = 1, n;$$

$\gamma_i^{(c)}$ – коэффициенты аварийности конвейеров стволового пути; $\gamma_{\text{э}i}^{(c)}$ – эквивалентные коэффициенты аварийности стволовых путей с бункерами; $\gamma_{\text{э}i}^{(з)}$ – эквивалентные коэффициенты аварийности забойных путей с бункерами;

при $m_i^{(s)} \leq \bar{Q}_{n_i}^{(c)}$

$$m_{c_i} = \frac{\left[1 + \frac{(Q_{n_i}^{(c)} - \bar{Q}_{n_i}^{(c)})}{(\bar{Q}_{n_i}^{(c)} - m_i^{(s)})} \left(1 - e^{-A_{2i} \rho V_i^{(c)}} \right) \right]}{\left[1 + \gamma_{i+1}^{(c)} e^{-A_{2i} \rho V_i^{(c)}} + \frac{(Q_{n_i}^{(c)} - \bar{Q}_{n_i}^{(c)})}{(\bar{Q}_{n_i}^{(c)} - m_i^{(s)})} \left(1 - e^{-A_{1i} \rho V_i^{(c)}} \right) \right]} m_i^{(s)}, \quad (14)$$

где $A_{2i} = \frac{\mu_c \left[m_i^{(s)} (1 + \gamma_{i+1}^{(c)}) - Q_{n_i}^{(c)} \right]}{m_i^{(s)} (Q_{n_i}^{(c)} - m_i^{(s)})}$, ($\mu_c = \mu_i$; $i = 1, n$).

Здесь эффективные коэффициенты аварийности забойных путей с бункерами определяются по формулам:

$$\gamma_{\text{э}i}^{(з)} = \frac{m_{c_i}^{(з)}}{m_{c_i}^{(з)}} - 1, \quad (\gamma_{\text{э}1}^{(з)} = \gamma_{\text{э}1}^{(з)}, i = 1, n), \quad (15)$$

где $m_{c_i}^{(з)}$ – средняя пропускная способность i -го забойного пути системы конвейерного транспорта с бункерами, определяемая аналогично по формулам (4) и (5).

Аналогично, как и при последовательном соединении конвейеров и бункеров, учитывая самоподобие древовидной системы конвейерного транспорта, получим рекуррентные формулы для определения средней энергоемкости транспортирования w_c системы конвейерного транспорта самоподобной древовидной структуры с бункерами (см. рис. 2) в виде:

$$w_c = w_n^{(s)}, \quad (16)$$

где

$$w_i^{(s)} = \frac{w_{i-1}^{(s)}}{1 + \gamma_{\text{э}i-1}^{(c)}} + w_{i+1}^{(c)} + w_{i+1}^{(з)}, \quad (i=1, n), \quad (17)$$

$$\gamma_{\varepsilon_{i-1}}^{(c)} = \frac{m_i^{(s)}}{m_{c_i}} - 1; \quad m_i^{(s)} = m_{c_{i-1}} + \frac{m_{Q_i}}{1 + \gamma_{\varepsilon_i}^{(3)}}, \quad \gamma_{\varepsilon_i}^{(3)} = \frac{m_{Q_i}}{m_{c_i}} - 1, \quad (w_0^{(s)} = w_1^{(3)}, w_i^{(c)} = N_i^{(c)}).$$

Здесь $w_i^{(s)}$ – мощность электроэнергии, потребляемой системой конвейерного транспорта на транспортирование горной массы на участке до $i+1$ бункера стволовой линии; $w_i^{(c)}$ – мощность электроэнергии, потребляемая i -м конвейером стволовой линии на транспортирование горной массы; $w_i^{(3)}$ – мощность электроэнергии, потребляемая i -м конвейером забойной линии на транспортирование горной массы; $\gamma_{\varepsilon_i}^{(3)}$ – эквивалентный коэффициент аварийности i -ой забойной конвейерной линии; $N_i^{(c)}$ – мощность привода i -го конвейера стволовой конвейерной линии, идущая на транспортирование горной массы, кВт; m_{Q_i} – средняя производительность i -го забоя, т/мин.

Кроме того, $w_i^{(3)}$ для каждой забойной конвейерной линии определяется согласно рекуррентным соотношениям (8), полученным для последовательного соединения конвейеров и бункера.

На основании полученных рекуррентных соотношений для систем конвейерного транспорта самоподобной древовидной системы были получены средние значения пропускной способности, энергоемкости транспортирования, а также критерий эффективности по формуле (1).

В таблицах 1 и 2 представлены исходные данные и результаты расчета указанных показателей для случаев $m_{Q_i} > Q_{n_i}$ и $m_{Q_i} \leq Q_{n_i}$ соответственно. При этом в расчетах принимались стоимость 1 т угля $C1 = 1200$ грн., стоимость 1 кВт электроэнергии $C2 = 0,75$ грн.

Таблица 1

Исходные данные и результаты расчета показателей эффективности системы конвейерного транспорта случае $m_{Q_i} > Q_{n_i}$ ($n=5; k_i = 5$)

m_{Q_i} , т/мин	$Q_{n_i}^{(c)}$, т/мин	$Q_{n_i}^{(3)}$, т/мин	$\gamma_i^{(c)}$	$\gamma_{ij}^{(3)}$	μ_i , 1/мин	$V_i^{(c)}$, м ³	$V_{ij}^{(3)}$, т/мин	m_c , т/мин	w_c , кВт	K , тыс. грн./мин
5,6	5,0	5,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0	4,42	99,0	0,85
5,6	5,0	5,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			
5,6	5,0	5,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			
5,6	5,0	5,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			
5,6	5,0	5,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			

Таблица 2

Исходные данные и результаты расчета показателей эффективности системы конвейерного транспорта случае $m_{Q_i} \leq Q_{n_i}$ ($n=5; k_i = 5$)

m_{Q_i} , Т/МИН	$Q_{n_i}^{(c)}$, Т/МИН	$Q_{n_i}^{(з)}$, Т/МИН	$\gamma_i^{(c)}$	$\gamma_{ij}^{(з)}$	μ_i , 1/МИН	$V_i^{(c)}$, М ³	$V_{ij}^{(з)}$, Т/МИН	m_c , Т/МИН	w_c , кВт	K , тыс. грн./мин
5,6	10,0	6,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0	20,69	525,5	1,18
5,6	15,0	6,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			
5,6	20,0	6,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			
5,6	25,0	6,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			
5,6	30,0	6,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			

Из таблиц 1 и 2 видно, что если производительность питателей больше грузопотоков, поступающих из лав ($m_{Q_i} \leq Q_{n_i}$), то средняя пропускная способность m_c и средняя энергоёмкость w_c увеличиваются примерно в 5 раз, а критерий эффективности K увеличивается в 1,4 раза по сравнению со случаем, когда производительность питателей меньше поступающих из лав грузопотоков ($m_{Q_i} > Q_{n_i}$).

Кроме того, из таблиц видно, что если величины грузопотоков, поступающих из лав, больше производительностей питателей ($m_{Q_i} > Q_{n_i}$), то коэффициент эффективности K системы подземного конвейерного транспорта близок к нулю ($K = 0,85$), т.е. работа системы подземного конвейерного транспорта угольных шахт не эффективна.

Расчеты показали, что при увеличении стоимости 1 кВт электроэнергии до 1 грн. ($C_2 = 1$ грн.), независимо от соотношения величин поступающих грузопотоков из лав и производительностей питателей коэффициент эффективности $K < 0$, т.е. работа системы подземного конвейерного транспорта не эффективна.

Выводы. На основании математических моделей функционирования систем подземного конвейерного транспорта угольных шахт получен алгоритм определения средней энергоёмкости транспортирования горной массы. При этом учитывались простои конвейеров и бункеров, а также структура системы конвейерного транспорта.

Определен критерий эффективности функционирования системы подземного конвейерного транспорта при различных соотношениях поступающих из лав грузопотоков и производительностей питателей бункеров.

При этом установлено, если производительность питателей системы конвейерного транспорта больше грузопотоков поступающих из лав, то средняя пропускная способность и средняя энергоёмкость транспортирования и критерий эффективности существенно увеличиваются по сравнению со случаем, когда производительность бункеров меньше грузопотоков поступающих из лав.

Наиболее существенными параметрами, влияющими на эффективность функционирования систем подземного конвейерного транспорта угольных шахт, являются величины грузопотоков, поступающих из лав, производительности питателей, объемы бункеров и стоимость 1 кВт электроэнергии.

Список литературы

1. Системы подземного транспорта на угольных шахтах / В. А. Пономаренко, Е. Л. Креймер, Г. А. Дунаев [и др.]. – М.: Недра, 1975. – 309 с.
2. Спиваковский А.О. Карьерный конвейерный транспорт / А.О. Спиваковский, М.Г. Потапов, Г.В. Приседский. – М.: Недра, 1979. – 264 с.
3. Степанов П. Б. Надежность многобункерных конвейерных линий / П. Б. Степанов, Л. М. Алотин // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 1978. – №1. – С. 94-99.
4. Климов Б. Г. Оценка эффективности функционирования шахтных транспортных систем с бункерами / Б. Г. Климов, В. Я. Богуславский // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 1976. – № 5. – С. 93–96.
5. Кирия Р. В. Применение фракталов к определению пропускной способности систем конвейерного транспорта горных предприятий / Р. В. Кирия // Системні технології: Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2010. – Випуск 2(67). – С. 167–174.
6. Кирия Р. В. Адаптивное управление конвейерными линиями горных предприятий / Р. В. Кирия, В. Ф. Монастырский, В. Ю. Максютенко // Форум гірників–2011: Матеріали міжнарод. конф., 12–15 жовтня 2011 р. – Днепропетровск: Національний гірничий університет, 2011. – С. 87–95.
7. Кирия Р. В. Математические модели функционирования систем конвейерного транспорта угольных шахт / Р. В. Кирия, Т. Ф. Мищенко, Ю. В. Бабенко // Системні технології: Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2014. – Випуск 1. – С. 146–158.
8. Кирия Р. В. Разработка быстрого алгоритма определения пропускной способности системы «конвейер – бункер – конвейер» / Р. В. Кирия, Т. Ф. Мищенко, Ю. В. Бабенко // Системні технології: Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2013. – Випуск 1. – С. 146–158.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ширінім Л.Н.
Надійшла до редакції 16.01.15*

УДК 622.625.28(043.5)

© І.О. Таран

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСМІСІЇ ШАХТНОГО ДИЗЕЛЕВОЗА

Установлены зависимости кругового передаточного числа замкнутого контура гидрообъемно-механической трансмиссии от характера изменения потоков мощности с учетом потерь и к.п.д. в гидрообъемных передачах, определены и доказаны условия циркуляционных и безциркуляционных режимов работы двухпоточных гидрообъемно-механических коробок передач в случаях планетарного механизма на входе и выходе.

Встановлено залежності кругового передаточного числа замкнутого контуру гідрооб'ємно-механічної трансмісії від характеру зміни потоків потужності з урахуванням втрат і к.к.д. в гідрооб'ємних передачах, визначено і доведено умови циркуляційних і безциркуляційних режимів роботи двопотокових гідро-об'ємно-механічних коробок передач у випадках планетарного механізму на вході або виході.

The dependencies of the circular transmission number of a closed circuit of hydromechanical transmission on the nature of power stream variation are identified, taking into account losses and efficiency of the hydraulic transmissions, as well as conditions of circular and noncircular operating modes of double-stream hydromechanical gears are determined and proved for the case when planetary mechanism on entry and exit to be extremely important while choosing variator type.