

УДК 621.314.26:622.647.2

А.К. СЕМЕНЧЕНКО (д-р техн. наук, проф.)

Н.И. СТАДНИК (д-р техн. наук, проф.)

Донецький національний технічний університет

ВЛИЯНИЕ ЗАГРУЖЕННОСТИ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА НА НАГРУЖЕННОСТЬ ПРИВОДНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ЭНЕРГОЗАТРАТЫ НА ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

Представлены результаты обработки экспериментальных исследований энергетических параметров транспортирования груза ленточным конвейером 2ЛУ120В в представительных условиях интенсивной угледобычи. Установлено существенное влияние массы транспортируемого груза на ленте на величину мощности, развиваемой приводными двигателями, неравномерность их нагружения, а также удельные энергозатраты на транспортирование.

Ключевые слова: ленточный конвейер, масса груза на ленте, мощность привода, коэффициент сопротивления движению ленты, затраты энергии на транспортирование.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Одним из направлений развития современных угольных шахт является интенсификация угледобычи с целью повышения производительности труда и снижения себестоимости горного производства. Это обуславливает уменьшение количества и увеличение длины очистных забоев, повышение производительности и энерговооружённости машин. Огромную роль в интенсификации угледобычи играет внутришахтный транспорт, затраты на который могут превышать 40 % расходов на производство. Поэтому повышение эффективности средств транспорта горного предприятия является актуальным [1].

Современные схемы подземного транспорта угольных шахт характеризуются: полной конвейеризацией транспорта до главных выработок, высоким удельным весом стационарных транспортных установок, наличием в транспортной системе бункеров, наличием прогрессивных типов транспортного оборудования и т.д. В настоящее время ленточные конвейеры являются одним из важнейших звеньев транспортной системы угольных шахт. Ленточные конвейеры характеризуются универсальностью, высокой производительностью при большой длине и сравнительно небольшой мощности транспортирования, плавностью и бесшумностью хода, простотой автоматизации, возможностью создания конвейерных линий, в т.ч. разветвлённых, низкой металлоёмкостью, возможностью перевозки людей и пр. [2]. Таким образом, повышение эффективности и технического уровня ленточных конвейеров является важной составляющей интенсификации угледобычи на горных предприятиях.

Одним из направлений повышения эффективности конвейерного транспорта является снижение затрат энергии на транспортирование горной массы. Настоящая работа посвящена поиску путей снижения затрат энергии на транспортирование угля ленточными конвейерами при переменных грузопотоке и транспортируемой массе груза на ленте, установлению закономерности возникновения затрат на транспортирование, получению экспериментальным путём уточнённых данных для проектирования транспорта шахтных грузов ленточными конвейерами.

Анализ исследований и публикаций. Наиболее универсальным показателем энергоэффективности работы транспортной установки является параметр удельных энергозатрат E , - затрат энергии на транспортирование лентой 1 т груза на расстояние 1 км, которые определяются по формуле [2]:

$$E = \frac{N}{Q_{cp} L}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(\text{т} \cdot \text{км}), \quad (1)$$

где N – потребляемая мощность, кВт;

Q_{cp} – средний грузопоток, т/ч;

L – длина конвейера, км.

В реальных условиях величина потребляемой мощности и среднего грузопотока, соответствующего текущему значению массы груза на конвейере, изменяются в процессе работы транспортной машины. Для корректной оценки удельных энергозатрат на транспортирование груза подземным ленточным конвейером рационально использовать данные, полученные в представительных условиях шахт с современными очистными и проходческими комплексами.

Исследования зависимости затрат энергии на транспортирование груза ленточным конвейером от грузопотока проводились, начиная со второй половины 60-х г.г. Исполнителями работ являлись Р.В.Мерцалов, А.К.Лобачёва, Л.Г.Шахмейстер, В.Г.Дмитриев, В.А.Пономаренко и др. Целью исследований являлся поиск путей снижения затрат энергии на конвейерном транспорте при оперировании переменными шахтными грузопотоками. Для исследований использовались результаты хронометражных наблюдений за процессами погрузки угля в шахтные вагонетки магистрального транспорта. В качестве источников грузопотока рассматривались очистные комбайны 1К-52Ш, МК-64, ЛГД-1, струговые установки УСБ-2М, которые в настоящее время сняты с производства. Это требует дополнительного изучения характеристик шахтного грузопотока, создаваемого современными высокопроизводительными очистными и проходческими комбайнами. [3; 4].

В настоящее время отсутствуют в достаточном количестве экспериментальные данные энергетических характеристик ленточных конвейеров современных шахт, оснащенных высокопроизводительными комплексами оборудования. Имеющиеся данные не являются актуальными и остро нуждаются в соответствующей корректировке. Данные экспериментальных исследований грузопотока и энергетических показателей работы конвейерного транспорта могут указать пути обеспечения интенсивной добычи полезного ископаемого с высокой эффективностью работы транспортной цепочки, то есть с минимальными затратами энергии и максимальным ресурсом конвейеров.

Постановка задачи. Целью настоящей работы является оценка влияния транспортируемой массы груза на ленточном конвейере на нагруженность приводных двигателей, величину затрат энергии на транспортирование, а также уточнение данных для тягового и экономического расчёта шахтного ленточного конвейера для повышения эффективности его функционирования в условиях интенсификации горных работ.

Изложение материала и результаты. Оценка энергетических показателей работы конвейера производилась по результатам экспериментальных исследований грузопотока и мощности привода, проводимых институтом Донгипроуглемаш для ленточного конвейера 2ЛУ120В (№ 4) восточной конвейерной магистрали шахты «Должанская-Капитальная» ООО ДТЭК «Свердловантрацит». На восточной конвейерной магистрали транспортируется горная масса из двух очистных забоев, оборудованных комплексами МКД80 и МКД90, и одного подготовительного забоя. Длина конвейера $L=0,73$ км, скорость ленты $v=2$ м/с, номинальная мощность привода $N_{\text{дв}}=2 \times 250=500$ кВт, максимальная производительность $Q_{\text{max}}=1500$ т/ч, лента – 2РТЛО2500, угол транспортирования $\beta=3^{\circ}$, транспортирование сверху вниз. Мощность, развиваемая двигателями, измерялась на входных зажимах последних. Грузопоток оценивался по показаниям съёмного тензоизмерительного устройства, размещаемого на верхней ветви разгрузочной стрелы конвейера. Конвейер оборудован жёстким лебёдочным натяжным устройством. Схема эксперимента приводится на рисунке 1. В 2013-2014 г.г. обработка экспериментальных данных по грузопотоку производилась совместно с докт. техн. наук проф. Кондрахиным В.П. [5; 6]. В результате, были получены массивы текущих значений масс груза на тензоизмери-

тельной опоре Q и потребляемой мощности N . Длительность эксперимента составляет $T=17$ ч., интервал фиксации показаний $\Delta t = 1$ с. Количество показаний $k=3600T/(\Delta t)=61200$ с.

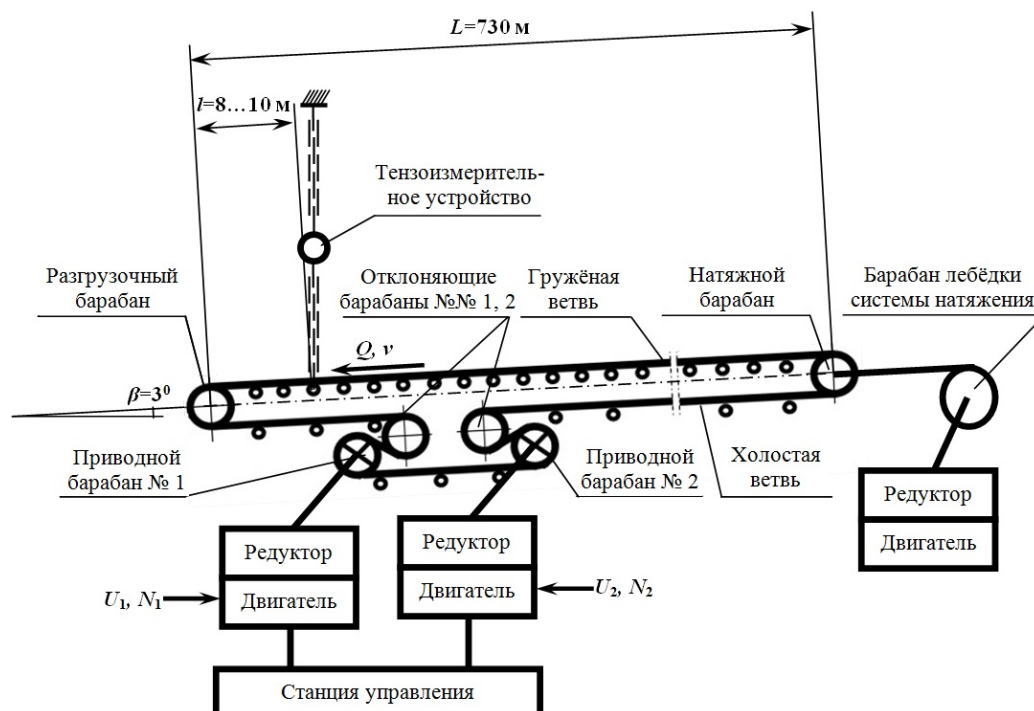


Рис. 1. Схема экспериментальных исследований мощности, развиваемой приводными двигателями, на конвейере 2ЛУ120В (№ 4) восточной конвейерной магистрали шахты «Должанская-Капитальная» ООО «ДТЭК «Свердловантрацит»

Масса груза, находящегося на конвейерной ленте в момент времени t :

$$M(t) = \int_{t'=t+t_1}^{t+t_1+t_2} Q(t') dt', \quad (2)$$

где t_1, t_2 – время прохождения груза от места взвешивания до разгрузки и от места загрузки до разгрузки, соответственно;

$Q(t')$ – текущее экспериментальное значение грузопотока.

Значение транспортируемой массы груза на конвейерной ленте в текущий момент времени составит:

$$M(t_i) = 0,001 \sum_{k=i+4}^{i+369} Q_k, \quad i \in [4...((3600T/(\Delta t) - 365)], \quad (3)$$

где Q_k – значение массы груза на тензоизмерительной роликоопоре в момент времени $t_k = k \cdot \Delta t$, кг/с.

Характер изменения развиваемых приводными двигателями мощностей N_1 и N_2 , зафиксированных при экспериментальных исследованиях, и соответствующей им массы груза на конвейере M , определённой по зависимости (3), показан на рисунке 2. Анализ приведенных кривых показывает существенное влияние массы транспортируемого груза на мощность, развиваемую приводными двигателями. В режимах холостого хода и транспортирования груза мощность одного приводного двигателя ленточного конвейера колеблется в пределах 70...180 кВт, и её значения зависят от величины массы транспортируемого груза на конвейере. В период пусков мощность, развиваемая приводными двигателями, достигает 380 кВт.

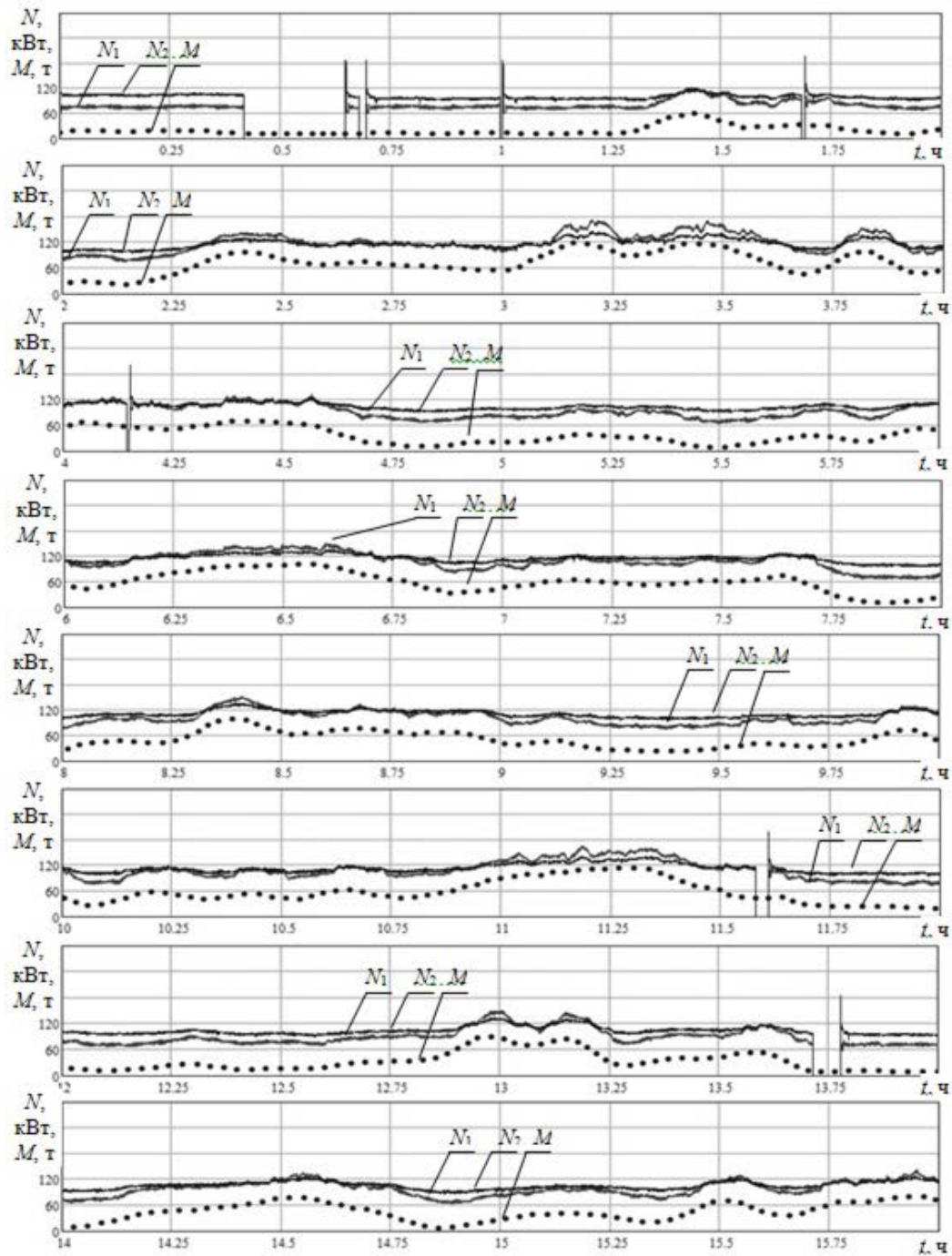


Рис. 2. Изменение мощности приводных двигателей и массы груза на ленте при длительном функционировании ленточного конвейера 2ЛУ120В восточной конвейерной магистрали шахты «Должанская-Капитальная» ООО «ДТЭК «Свердловантрацит»

Регрессионная зависимость мощности конвейерной установки от массы груза на ленте имеет вид [6]:

$$N_i = N_0 + \Delta N_M \cdot M_i, \text{ кВт}, \quad (4)$$

где $N_0=160$ кВт – мощность холостого хода машины, кВт;

$\Delta N_M=1,1$ кВт/т – приращение потребляемой мощности при увеличении массы груза на ленте на 1 т.

Для оценки влияния транспортируемой массы груза на ленте на характер изменения мощности приводных двигателей ленточного конвейера из показаний мощности целесообразно

выделить низкочастотную, N_{1c} и N_{2c} составляющую, которая обусловленная технологией горных работ и транспортирования горной массы и соответствует интервалу усреднения Δt_c . Для двигателя D_1 значение низкочастотной составляющей мощности N_{1c} определится следующим образом:

$$N_{1ci} = \Delta t_c^{-1} \cdot \sum_{k=i-0,5 \cdot \Delta t_c}^{i+0,5 \cdot \Delta t_c} N_{1k}, \quad i \in [(t_1 + 0,5 \cdot \Delta t_c) \dots (T - t_2 - 0,5 \cdot \Delta t_c)], \text{ кВт.} \quad (5)$$

Для двигателя D_2 низкочастотная составляющая мощности N_{2c} определится аналогично. Неравномерность нагружения электродвигателей по мощности определяется коэффициентом соотношения высокочастотных составляющих мощностей приводных двигателей N_{1c} и N_{2c} , который изменяется во времени:

$$K_{Ni} = \frac{N_{1ci}}{N_{2ci}}. \quad (6)$$

На рисунке 3 приведен характер изменения низкочастотной составляющей развиваемой мощности приводных двигателей N_{1c} и N_{2c} ленточного конвейера 2ЛУ120В. Графические зависимости вскрывают существенное влияние транспортируемой массы груза на характер нагружения приводных двигателей. При массе груза, транспортируемого конвейером, равной $M=70$ т, приводные двигатели конвейера нагружены равномерно, $K_N=1$. При массе груза, транспортируемого конвейером, $M<70$ т, двигатель D_2 более нагружен, а при $M>70$ т – менее нагружен, чем двигатель D_1 . Для количественной оценки неравномерности приводятся взаимное расположение показаний низкочастотной составляющей мощностей N_{1c} и N_{2c} приводных двигателей от транспортируемой массы груза (рисунок 4), а также облако точек и график, характеризующий линейную регрессионную зависимость коэффициента соотношения мощностей приводных двигателей K_N от относительной загрузки конвейера (рисунок 5). Относительной загрузке конвейера $M/M_{max}=1$ соответствует полная загрузка тягового органа машины по длине транспортирования и приёмной способности, где значение $M_{max}=126$ т указывает на максимальную возможную транспортируемую массу груза на конвейере 2ЛУ120В, функционирующем в описанных выше представительных шахтных условиях, по длине и приёмной способности.

По результатам статистической обработки зависимостей низкочастотной составляющей мощности, развиваемой приводными двигателями D_1, D_2 , а также коэффициента соотношения их мощностей от массы транспортируемого груза на ленте, - $N_{1c}(M)$, $N_{2c}(M)$ и $K_N(M)$, соответственно, - были получены линейные уравнения регрессии:

$$N_{1c} = 63 + 0,79M, \text{ кВт;} \quad (7)$$

$$N_{2c} = 91 + 0,37M, \text{ кВт;} \quad (8)$$

$$K_N = 0,73 + 0,95 \cdot 10^{-3} \cdot M. \quad (9)$$

Коэффициенты корреляции для рассматриваемых выше зависимостей $N_{1c}(M)$, $N_{2c}(M)$ и $K_N(M)$, соответственно, составляют: $r_{N_{1c},M}=0,978$; $r_{N_{2c},M}=0,956$; $r_{K_N,M}=0,958$,

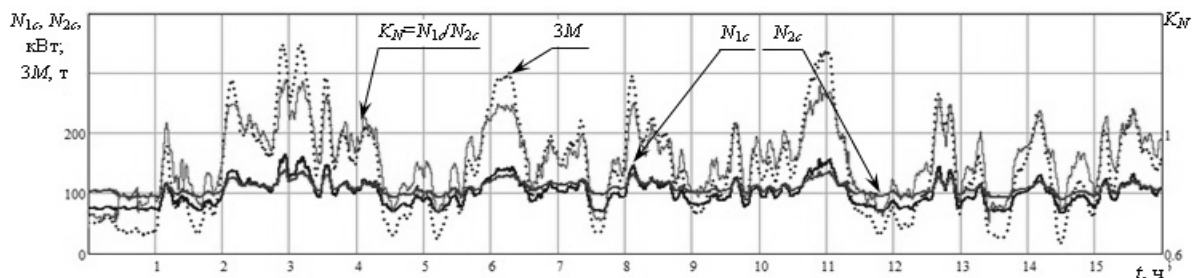


Рис. 3. Изменение низкочастотной составляющей развиваемой мощности приводных двигателей N_{1c} и N_{2c} ленточного конвейера 2ЛУ120В

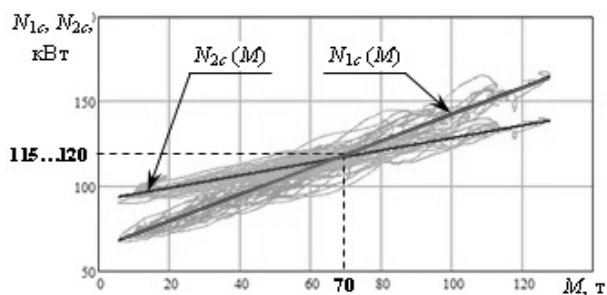


Рис. 4. Взаимное расположение показаний низкочастотной составляющей мощностей N_{1c} и N_{2c} приводных двигателей, в зависимости от транспортируемой на ленте массы груза

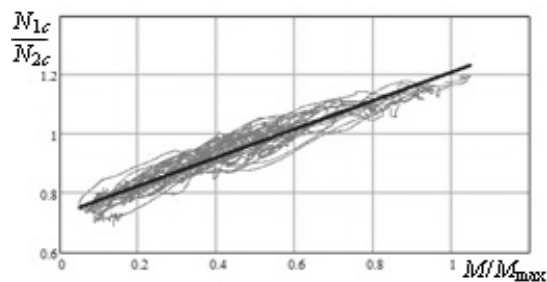


Рис. 5. Облако точек и график, характеризующий линейную регрессионную зависимость коэффициента соотношения мощностей приводных двигателей от относительной загрузки конвейера

что подтверждает линейный характер зависимостей $N_1(M)$, $N_2(M)$ и $K_N(M)$, близкий к функциональному. Расчётные и табличные критерии Фишера для регрессионных зависимостей $N_{1c}(M)$, $N_{2c}(M)$ и $K_N(M)$, соответственно, для 60,6 тыс. замеров составляют:

$$\begin{aligned} F_{N_{1c},M} &= 0,77 < F_{0N_{1c},M} = 1,0; \\ F_{N_{2c},M} &= 0,88 < F_{0N_{2c},M} = 1,0; \\ F_{K_N,M} &= 0,78 < F_{0K_N,M} = 1,0, \end{aligned}$$

что подтверждает адекватность регрессионных моделей $N_{1c}(M)$, $N_{2c}(M)$ и $K_N(M)$.

Итак, в реальных условиях коэффициент соотношения мощностей приводных двигателей K_N изменяется в пределах от 0,69 до 1,21, и его значение существенно зависит от транспортируемой массы груза на ленте конвейера. При значениях транспортируемой массы груза на ленте конвейера до 70 т мощность двигателя D_1 меньше, чем у двигателя D_2 на 0...31 %. При значениях массы более 70 т мощность двигателя D_1 меньше, чем у двигателя D_2 на 0...21 %. Неравномерность нагружения приводных электродвигателей отрицательно влияет на ресурс машины. Поэтому этот фактор неравномерности следует учитывать при создании интеллектуальной системы управления приводом ленточного конвейера.

Во многом значение мощности, развиваемой двигателями привода ленточного конвейера, определяется распределёнными и сосредоточенными силами сопротивления, имеющими место вдоль трассы конвейера. Для протяжённых конвейеров наибольшее влияние на формирование мощности приводных двигателей оказывают распределённые силы сопротивления, учитываемые коэффициентом сопротивления движению ленты ω' . Реальное значение коэффициента сопротивления движению ленты конвейера зависит от значения эксплуатационных параметров машины и может быть определено из экспериментальных данных. Согласно методике технологического расчёта ленточного конвейера, мощность машины, транспортирующей груз вниз под углом β , определится следующим образом [2]:

$$N = gkv\eta^{-1}[(M + M_0 + M_p' + M_p'')\omega' \cos \beta - M \sin \beta], \text{ кВт}, \quad (10)$$

где $M_0=64,9$ т – масса ленты конвейера;

$M_p'=28,9$ т – масса вращающихся частей верхних роликов конвейера;

$M_p''=12,2$ т – масса вращающихся частей нижних роликов конвейера;

$k=1,2$ – коэффициент, учитывающий местные сопротивления вдоль трассы ленточного конвейера;

$\eta=0,7...0,8$ – коэффициент полезного действия электромеханической части привода.

Оценивая коэффициент ω' по режиму холостого хода ($M=0$), получаем:

$$\omega' = \frac{N_0\eta}{gkv(M_0 + M_p' + M_p'') \cos \beta}. \quad (11)$$

Для условий эксперимента, коэффициент сопротивления движению ленты составит $\omega'=0,05$, что выше коэффициента сопротивления движению ленты $\omega''=0,035$, рекомендуемого общепринятыми методиками расчёта [2] на величину

$$\frac{\omega' - \omega''}{\omega'} \cdot 100\% = \frac{0,05 - 0,035}{0,05} \cdot 100\% = 30\%,$$

что указывает на дополнительную силу сопротивления движению ленты, возникающую в результате продолжительного функционирования ленточного конвейера. Одна из причин повышения коэффициента сопротивления движению ленты – заклинивание поддерживающих роликов става машины.

Таким образом, в условиях проведения эксперимента коэффициент сопротивления движению ленты конвейера на 30 % выше расчётного, что также следует учитывать в тяговых и энергетических расчётах машины.

Удельные энергозатраты на транспортирование 1 т горной массы на расстояние 1 км на ленточном конвейере составят [2]:

$$E(M_i) = \frac{N_i}{3,6vM_i}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(\text{т} \cdot \text{км}). \quad (12)$$

Массе груза на ленте M_i соответствует среднее значение грузопотока $Q_{cp,i}$, равное

$$Q_{cp,i} = \frac{3,6M_i v}{L}, \text{ т/ч}. \quad (13)$$

На рисунке 6 представлена зависимость коэффициента относительного увеличения энергопотребления K_3 на транспортирование груза конвейером от коэффициента загрузки ленты по длине и его приёмной способности K_3 . Указанные выше коэффициенты определяются по зависимостям:

$$K_3 = \frac{M_i}{M_{\max}}, \quad (14)$$

$$K_3 = \frac{E(M_i)}{E(M_{\max})}, \quad (15)$$

где $M_{\max}$ – транспортируемая масса груза на ленте, соответствующая максимальной загрузке конвейера по приёмной способности;

$E(M_{\max})$ – затраты энергии на на транспортирование 1 т горной массы на расстояние 1 км, соответствующие массе груза $M_{\max}$;

$E(M_i)$ – затраты энергии на на транспортирование 1 т горной массы на расстояние 1 км, соответствующие массе груза M_i .

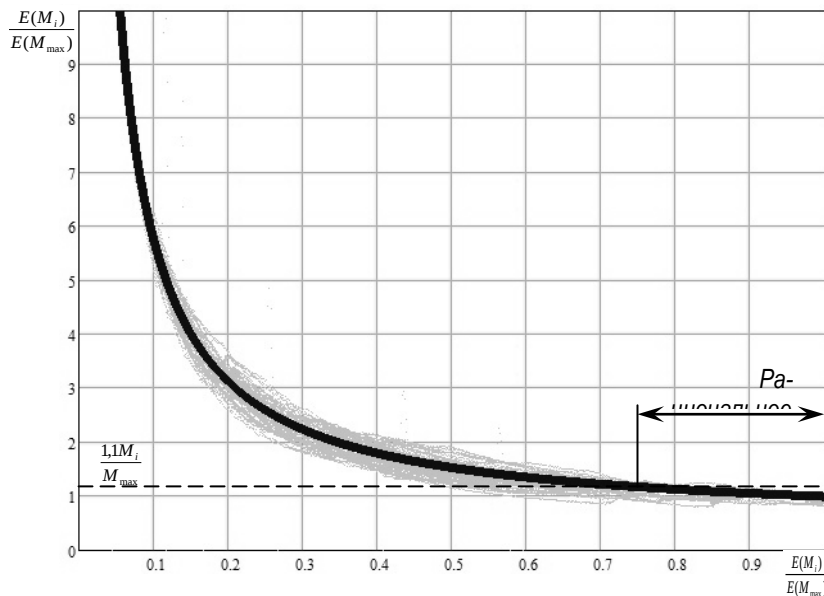


Рис. 6. Зависимость относительного увеличения энергопотребления на транспортирование груза от коэффициента нагружения по длине и приёмной способности ленточного конвейера

Анализ зависимости удельных энергозатрат на транспортирование груза ленточным конвейером показывает, что при значении коэффициента загрузки конвейера по длине и приёмной способности $K_3=0,75 \dots 1,0$, коэффициент относительного увеличения энергопотребления не превышает $K_3=1,1$, а значит, потери энергии на транспортирование груза не будут превышать 10 % от оптимального значения энергозатрат. При значении коэффициента загрузки конвейера $K_3=0,5$, коэффициент относительного увеличения энергопотребления составляет $K_3=1,5$; при $K_3=0,25$, $K_3=2,6$; при $K_3=0,1$, $K_3=7,75$. Следовательно, при $K_3 < 0,75$ целесообразно регулирование скорости ленты конвейера с целью уменьшения затрат энергии на транспортирование, - при условии возможности снижения скорости по условию приёмной способности конвейера при переменном грузопотоке.

Итак, данные полученные в представительных шахтных условиях по характеристикам энергопотребления и тягового расчёта ленточного конвейера, следует учитывать при проектировании и эксплуатации современных ленточных конвейеров, а также при создании интеллектуальных систем управления приводом с регулируемой скоростью ленты для повышения их технического уровня.

Выводы и направления дальнейших исследований.

1. Экспериментально установлено, что в условиях интенсивной угледобычи загрузка ленты двухприводного конвейера 2ЛУ120В оказывает существенное влияние на нагруженность приводных двигателей и энергозатраты на транспортирование груза, а именно:

- Суммарная мощность развиваемая приводом ленточного конвейера в режимах холостого хода (при массе груза на ленте конвейера 2...3% от максимально возможной – 122 т) составляет 150...170 кВт, в период запусков конвейера – достигает 380 кВт. В режиме транспортирования груза мощности, развиваемые каждым приводным двигателем, изменяются в пределах от 70 до 180 кВт, и их соотношение существенно зависит от величины массы транспортируемого груза на конвейере;
- Коэффициент соотношения мощностей приводных двигателей конвейера, характеризующий динамичность нагружения и определяющий ресурс его элементов, изменяется в пределах от 0,69 до 1,21. При значениях транспортируемой массы груза на ленте конвейера до 70 т мощность приводного двигателя в месте набегания ленты на привод меньше, чем у двигателя в месте сбегания, на 0...31 %. При значениях транспортируемой массы груза более 70 т, мощность двигателя в месте набегания меньше, чем у двигателя в месте сбегания, на 0...21 %;
- Потери энергии в режиме холостого хода зависят от его длительности, и составляют 160 кВт·ч/час. Минимальное значение энергозатрат на транспортирование груза ленточным конвейером соответствует его работе в режиме полной загрузки ленты по длине и приёмной способности, и составляет 0,34 кВт·ч/(т·км). Уменьшение значения коэффициента загрузки конвейера по длине и приёмной способности приводит к гиперболическому увеличению энергозатрат на транспортирование. При коэффициенте загрузки конвейера 0,75 энергозатрат на транспортирование увеличиваются на 10 %, при 0,5 – на 50 %, при 0,25 – на 160 % и при 0,1 – на 675 %;
- Значение коэффициента сопротивления движению ленты конвейера, полученное в представительных условиях, составляет 0,05, что на 30 % выше рекомендуемого общепринятой методикой расчёта;
- Одним из направлений повышения эффективности ленточных конвейеров нового технического уровня, предназначенных для интенсификации угледобычи на горных предприятиях, является поддержание загрузки ленты конвейера по длине и приёмной способности в заданном диапазоне, обеспечивающим максимальное снижение затрат энергии на транспортирование горной массы. Это достигается путём обеспечения равномерности поступления груза на ленту по длине и приёмной способности последней, либо регулированием скорости тягового органа конвейера при неравномерном поступлении.

2. Направлениями дальнейших исследований являются проведение комплекса экспериментальных и теоретических исследований по установлению влияния неравномерности грузопотока и распределения массы груза на ленте конвейера на динамическую нагруженность и ресурс элементов его конструкции, и обоснование структуры, параметров и алгоритма адаптивного управления функционированием ленточного конвейера как мехатронного объекта для высокоэффективной интенсивной добычи угля:

- Оценка влияния неравномерности грузопотока и распределения массы груза на ленте на основе корреляционного и спектрального анализа на динамическую нагруженность и ресурс элементов конвейера;
- Разработка адекватной математической модели рабочего процесса функционирования ленточного конвейера для интенсивной добычи как мехатронного объекта с адаптивной системой управления приводом, с учётом установленных экспериментальными исследованиями зависимостей влияния неравномерности потока груза на энергопотребление и ресурс конвейера, а также энергетических параметров (удельных энергозатрат, коэффициента неравномерности нагружения приводных двигателей) при неравномерном грузопотоке, распределении массы груза на ленте по длине конвейера и скорости тягового органа машины;
- Обоснование пространства и параметров проектирования, критериев оптимизации и разработка целевой функции оптимизации ленточного конвейера с регулируемым приводом для интенсивной угледобычи как мехатронной системы горной промышленности;
- Разработка математической модели оптимизации, обоснование структуры, параметров регулируемого привода и алгоритма адаптивной системы управления ленточным конвейером для современной горной промышленности.

Решение данных задач будет способствовать решению проблемы интенсификации угледобычи в плане создания надёжных и эффективных ленточных конвейеров нового технического уровня для горной промышленности. Для данных ленточных конвейеров, наряду с диагностикой и контролем оборудования без отключения от сети, будет обеспечиваться оптимизация затрат энергии на транспортирование и ресурса составных элементов машины как мехатронной системы горного производства.

Бібліографічний список

1. Николайчук В.Е., Будишевский В.А., Гутаревич В.А., Кислун В.А., Сулима А.А. Транспортно-технологическая логистика энергоёмких производств: Учебное пособие / Под ред. В.А.Будишевского, А.А. Сулимы. – Донецк, 2003.
2. Теоретические основы и расчёты транспорта энергоёмких производств // Ададуров В.В., Ариненков В.В., Воюш Ф.С. и др. – Под ред. В.А.Будишевского, А.А.Сулимы. – Донецк, 1999. – 217 с.
3. Лобачёва А.К. Энергетические показатели конвейерного транспорта с регулируемой и нерегулируемой скоростью // Транспорт шахт и карьеров / Под общ. ред. чл.-корр. АН СССР А.О.Спиваковского. – М., 1971. – с. 158-163.
4. Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г., Лобачёва А.К. Динамика грузопотоков и регулирование скорости ленточных конвейеров / Л.Г.Шахмейстер и др. – М.: Недра, 1972. – 173 с.
5. Кондрахин В.П., Стадник Н.И., Белицкий П.В. Измерение грузопотока на ленточном конвейере с помощью съёмного тензоизмерительного устройства с учётом натяжения ленты // Наукові праці ДонНТУ / Серія електромеханічна, № 1 (25)'2013. – Донецьк, 2013. – с. 79-87.
6. Кондрахин В.П., Стадник Н.И., Белицкий П.В. Статистический анализ эксплуатационных параметров шахтного ленточного конвейера / Наукові праці ДонНТУ / Серія електромеханічна, № 2 (26)'2013. – Донецьк, 2013. – с. 140-150.

References

1. Nikolaichuk V., Budishevsky V., Gutarevich V., Kislun V., Sulima A. (2003), "Transportable and Technological logistics in energy-intensive industries" ['Transportno-technologichna logistyka energoyemnykh vyrobnytstv'], Donetsk, p. 302.
2. Adadurov V., Arinenkov V., Voyush F. etc. (1999), "Theoretical basis and calculations of transport in energy-intensive industries" ["Teoreticheskiye osnovy i raschoty transporta energojoymkikh proizvodstv"], Donetsk, p. 217.
3. A.Lobacheva (1971), "Energy performance of conveyor transport and irregular with adjustable-speed" Mining and quarrying transport ["Energeticheskije pokazateli konveyernogo transporta s regulirujemoi i neregulirujemoi skorostiu"] Transport shakht i karryerov], Moscow, pp. 158-163.
4. Shahmeyster L., Dmitriev V., Lobacheva A. (1972), "The dynamics of traffic and speed control of conveyor belts" ["Dinamika gruzopotokov i regulirovaniye skorosti lentochnykh konveyerov"], Nedra, Moscow, p. 173.
5. V.Kondrakhin, N.Stadnik, P.Belitsky (2013), "Traffic measurement on the belt conveyor through removable tensor device with belt tension accounting" DonNTU scientific works, electromechanical se-

- ries ["Izmerenie gruzopotoka s pomoshchju sjomnogo tenzoizmeritel'nogo ustroystva" Naukovi pratsi DonNTU, Seriya elektromehanichna], № 1 (25) '2013, Donetsk, pp. 79-87.
6. V.Kondrahin, N.Stadnik, P.Belitskii (2013), "Operating parameters statistical analysis for the belt conveyor in mine" DonNTU scientific works, electromechanical series ["Statisticheskyy analiz ekspluatatsionnykh parametrov shakhtnogo lentochnogo konveyera" Naukovi pratsi DonNTU, Seriya elektromehanichna], № 2 (26) '2013, Donetsk, pp. 140-150.

Надійшла до редакції 30.03.2016

А.К. Семенченко, М.І. Стаднік

Донецький національний технічний університет

ВПЛИВ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ СТІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ НА ВЕЛИЧИНУ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ НА ТРАНСПОРТУВАННЯ І НАВАНТАЖЕННЯ ПРИВОДНИХ ДВИГУНІВ

Представлені результати обробки експериментальних досліджень енергетичних параметрів транспортування вантажу стрічковим конвеєром 2ЛУ120В в представницьких умовах інтенсивного вугледобутку. Встановлено суттєвий вплив маси вантажу на стрічці на величину потужності, що розвивається приводними двигунами, нерівномірність їх навантаження, а також питомі енерговитрати на транспортування.

Ключові слова: стрічковий конвеєр, маса вантажу на стрічці, потужність приводу, коефіцієнт опору руху стрічки, витрати енергії на транспортування.

A. Semenchenko, N. Stadnik

Donetsk National Technical University

INFLUENCE OF BELT CONVEYOR WORKLOADING ON THE LOADING OF DRIVE MOTORS AND ON ENERGY CONSUMPTION OF TRANSPORTATION

The aim of this paper is to evaluate the effect of transported cargo weight on the conveyor belt on the loading of the drive motors, the amount of energy for transportation costs, as well as revision of data for power and economic calculation of the mine belt conveyor to increase the efficiency of its operation under conditions of intensification of mining. The experimental studies of energy parameters of the loads transporting by the belt conveyor 2LU120V in representative conditions of intense coal mining are presented.

A significant influence of the transported load weight by a belt on a power level, that is reached by the drive motors, their uneven loading and specific energy consumption on the transporting are established. Regression analysis of drive power, depending on a coefficient of conveyor belt loading, pointed at significant influence of transported load weight on the energy consumption. It is shown that at low volumes of transported weight the most loaded is a drive unit that is set at a place of belt escaping, and at big volumes of transported weight the most loaded is a drive unit that is set at a place of belt overrunning. At conveyor operation modes being close to maximum belt loading, the energy consumption for weight transportation will reach the minimum meaning. Reducing the meaning of a conveyor loading coefficient by length and reception capacity leads to hyperbolic increase of specific energy consumption for transportation. The meaning of power that is reached by a drive belt mostly depends on distributed and concentrated resistance forces that are placed along a conveyor route. A coefficient of resistance to a conveyor belt motion, which is analytically defined according to the data of the experiment by the power of idling, is significantly higher than defined by the technological calculation method. This fact has to be taken into account when calculating power of traction machines.

Keywords: belt conveyor, cargo mass, drive power, resistance coefficient, energy consumption for transportation.