

д.т.н. Корнеев С. В.,  
Долгих В. П.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СИЛУ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВРАЩЕНИЮ РОЛИКОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Приведены результаты анализа факторов, определяющих силу сопротивления вращению роликов шахтных ленточных конвейеров.

**Ключевые слова:** ленточный конвейер, ролик, коэффициент сопротивления движению.

Одним из важнейших показателей эффективности работы шахтных ленточных конвейеров является потребление электроэнергии, которое определяется сопротивлением движению тягового органа (ТО).

При расчете сил сопротивления движению ТО, благодаря возможностям вычислительной техники, все большее распространение получает дифференциальный метод тягового расчета [1], который в отличие от типового интегрального метода позволяет учитывать и оптимизировать конструктивные и режимные параметры конвейера.

Дифференциальный метод основывается на последовательном определении обходом по контуру сил сопротивления движению ленты, возникающих на каждой роликоопоре, и их суммировании. Сила сопротивления движению ленты при прохождении отдельной роликоопоры рассматривается как сумма сил, возникающих при вращении роликов, вдавливании роликов в ленту, изменении формы ленты и груза между роликоопорами. Каждая составляющая силы сопротивления движению нуждается в детальном рассмотрении.

Предметом настоящей работы является составляющая  $U_{вр}$  силы сопротивления движению ленты на отдельной роликоопоре, обусловленная вращением роликов, (далее – сила сопротивления при вращении роликов) и соответствующий ей коэффициент сопротивления при вращении роликов  $w'_{вр}$ .

Коэффициент сопротивления при вращении роликов для грузовой ветви конвейера определяется по формуле:

$$w'_{вр} = \frac{U_{вр}}{(q_{г} + q_{л} + q'_{р})gl'_{р}}, \quad (1)$$

где  $q_{г}$  – погонная масса транспортируемого груза;

$q_{л}$  – погонная масса ленты;

$q'_{р}$  – погонная масса вращающихся частей роликоопор верхней ветви;

$g$  – ускорение свободного падения;

$l'_{р}$  – расстояние между роликоопорами на верхней ветви конвейера.

В работе [2] указывается, что коэффициент  $w'_{вр}$  определяется конструкцией роликов и подшипникового узла. Экспериментально установлено, что с увеличением нагрузки на ролик коэффициент  $w'_{вр}$  уменьшается, приближаясь к постоянному значению 0,004...0,006. Повышение скорости от 3 до 7 м/с приводит к возрастанию сопротивления в 2 раза, что связано с увеличением трения скольжения в уплотнениях. Величина  $w'_{вр}$  составляет 17...20 % от общего коэффициента сопротивления движению  $w'_{о}$ .

В работе [3], основывающейся на стандарте СЕМА (Conveyor Equipment Manufacturers Association), который считается общепринятым в Европе, показано, что коэффициент  $w'_{вр}$  не превышает 0,003, что составляет 6 % от  $w'_{о}$ . В качестве основных факторов, которые определяют  $w'_{вр}$ , принимаются скорость движения ленты, конструкция и состояние узла уплотнения,

линейная нагрузка на подшипники и температура окружающей среды.

В работе [4] приведены результаты экспериментальных исследований силы сопротивления при вращении роликов диаметром 159 мм. На специальном стенде создавалась радиальная нагрузка на один ролик до 6 кН при скорости ленты  $v_{л}$  до 12 м/с. Полученные значения коэффициента  $w'_{вр}$  находятся на уровне 0,008. Установлено, что при окружной скорости 5 м/с, радиальной нагрузке 1400 Н сопротивление движению при осевой силе 500 Н на 18 % больше, чем при осевой нагрузке, равной нулю. Это указывает на необходимость учитывать осевую нагрузку, которая определяется сопротивлениями в уплотнениях подшипниковых узлов. При исследовании влияния скорости выявлено, что  $U_{вр}$  и, соответственно,  $w'_{вр}$  содержат постоянную и переменную компоненты. Постоянная, инвариантная к скорости составляющая определяется трением в уплотнениях роликов.

Из анализа работ [1-5] следует, что в настоящее время нет единого мнения относительно значений величины коэффициента сопротивления вращению роликов шахтных ленточных конвейеров и степени его зависимости от конструктивных и режимных параметров конвейера.

Целью данной работы является выявление факторов, оказывающих наибольшее влияние на коэффициент сопротивления движению при вращении роликов шахтных ленточных конвейеров и уточнение области его значений.

В основу анализа положена достаточно обоснованная экспериментальная зависимость [4]:

$$U_{вр} = (a + bv_{л})k(\theta) + C_o F_o + C_p P, \quad (2)$$

где  $P$  – радиальная нагрузка;

$F_o$  – осевая нагрузка;

$C_o$  – коэффициент осевой нагрузки ( $C_o = 1,5 \cdot 10^{-5}$ );

$C_p$  – коэффициент радиальной нагрузки ( $C_p = 16 \cdot 10^{-5}$ );

$a, b$  – конструктивные коэффициенты;

$k(\theta)$  – усредненный температурный коэффициент, учитывающий изменение температуры окружающей среды;

$$k(\theta) = e^{\beta_1 - \alpha_1 \Delta}, \quad (3)$$

$\Delta$  – разность между температурой +30°C и температурой окружающей среды;

$\alpha_1, \beta_1$  – экспериментально установленные коэффициенты, учитывающие тип смазки.

В качестве исходных данных при определении  $w'_{вр}$  принимались конструктивные и режимные параметры линейной части става шахтных ленточных конвейеров с шириной ленты 800 и 1000 мм. Варьировались: диаметры роликов  $D_1$  (89, 108, 127 мм) с радиально-упорными подшипниками типа 6304, для которых  $a = 1,3$  Н,  $b = 0,2$  Н·с/м [5]; расстояние между роликоопорами  $l'_p$  от 0,8 до 1,2 м; скорость движения ленты  $v_{л}$  от 1,5 до 2,5 м/с; температура окружающей среды от 20 до 40 °С.

Расчетное значение  $q_{г}$ , полученное для конвейеров с шириной ленты 0,8 и 1,0 м при их максимальном заполнении грузом, составили, соответственно, 50,5 и 92 кг/м. Исследования проводились при 100 %, т.е при максимальной, а также при 80 % и 60 % загрузке конвейера.

Радиальная и осевая нагрузки определяются по формулам [6]:

$$P = q_{г} l'_p, \quad (4)$$

$$F_o = 0,4P. \quad (5)$$

Расчетные значения коэффициента сопротивления движению при вращении роликов, полученные при различных уровнях загрузки конвейера, скорости движения ленты  $v_{л} = 2,0$  м/с,  $D_1 = 89$  мм, приведены в табл. 1.

Графические расчетные зависимости  $w'_{вр}$  от исследуемых факторов, полученные для конвейера с шириной ленты 1000 при его 100 % загрузке грузом с насыпной плотностью груза  $1,5$  т/м<sup>3</sup>, при  $v_{л} = 2,0$  м/с и  $D_1 = 89$  мм, представлены на рисунке 1.

Таблица 1 – Значения коэффициента сопротивления  $w'_{вр}$

Загрузка конвейера, %	Ширина ленты $B$ , м					
	0,8			1,0		
	$l'_p = 0,8$	$l'_p = 1,0$	$l'_p = 1,2$	$l'_p = 0,8$	$l'_p = 1,0$	$l'_p = 1,2$
100	0,0045	0,0038	0,0032	0,003	0,0025	0,0022
80	0,0063	0,0053	0,0046	0,0042	0,0035	0,003
60	0,0091	0,008	0,007	0,0062	0,0053	0,0046

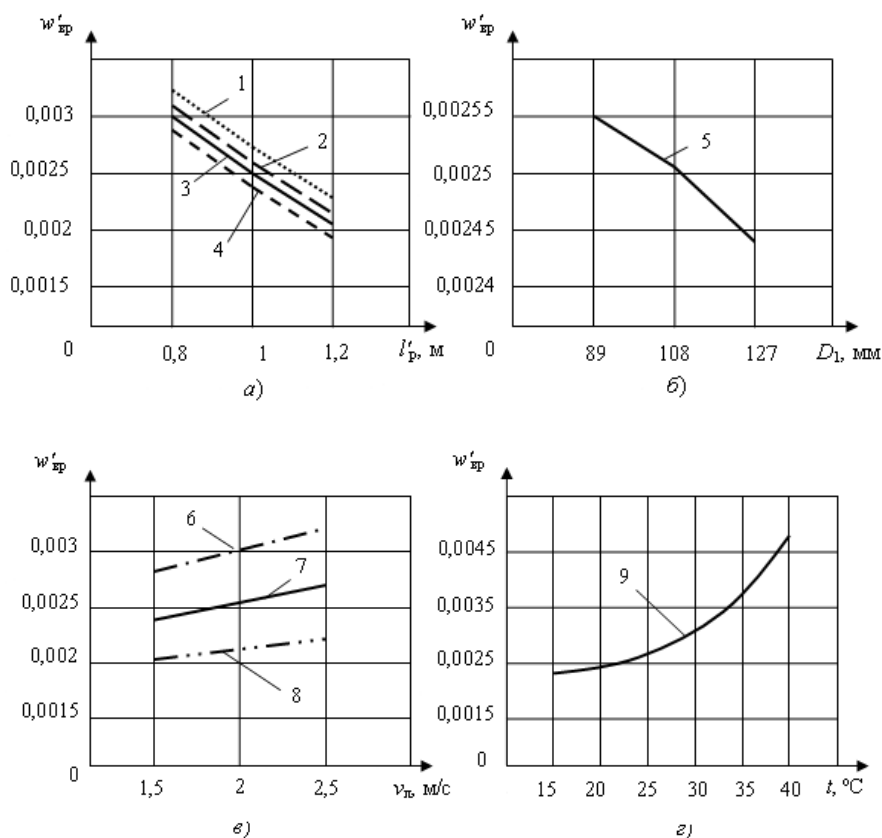


Рисунок 1 – Графики зависимостей коэффициента  $w'_{вр}$  от расстояния между роlikоопорами (а), диаметра роликoв верхней ветви (б), скорости движения ленты (в) и температуры окружающей среды (г): 1, 2, 3, 4 – при  $v_{л} = 1,5; 2,0; 2,5; 3$  м/с; 6, 7, 8 – при  $l'_p = 0,8; 1,0; 1,2$  м; 5, 9 – при  $l'_p = 1,0$  м,  $v_{л} = 2,0$  м/с и  $D_1 = 89$  мм

Таким образом, в результате анализа, основывающегося на экспериментальных данных, установлено, что для шахтных конвейеров коэффициент сопротивления движению при вращении роликoв  $w'_{вр}$  существенно зависит от загрузки конвейера, типоразмера подшипников, температуры

окружающей среды, скорости ленты и расстояния между роlikоопорами. Из рисунка 1, в) следует, что повышение скорости движения ленты приводит к линейному возрастанию сопротивления. С ростом  $l'_p$  величина  $w'_{вр}$  нелинейно убывает. Изменение же диаметра роликoв  $D_1$  не оказывает

заметного влияния на  $w'_{вр}$ . Расчетные значения  $w'_{вр}$ , полученные для исследуемого диапазона изменения факторов конвейерной установки, находятся в пределах 0,0023...0,0035.

Дальнейшие исследования будут направлены на определение остальных составляющих общей силы сопротивления движению.

**Библиографический список**

1. Галкин В.И. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий / В.И. Галкин, В.Г. Дмитриев, В.П. Дьяченко и др. – М.: Изд-во МГТУ, 2005. – 543с.
2. Шпакунов И.А. О сопротивлении вращению роликов ленточных конвейеров / И.А. Шпакунов, В.Я. Пошивайло // Вопросы рудничного транспорта. – М.: Недра, 1967. – Вып. 10. – С. 62-68.
3. Reicks, A.V. Conveyor Models as Quantitative Platforms for Belt Conveyor Energy Options // BulkSolids Europe. – 2012. – Vol. 48. – P. 1-10.
4. Quaas H. Der Laufwiderstand von Tragroller mit Fantachse // Bergbautechnik. – 1970. – Vol. 8. – P. 404-410.
5. Шахмейстер Л.Г. Теория и расчет ленточных конвейеров / Л.Г. Шахмейстер, В.Г. Дмитриев. – М.: Машиностроение, 1987. – 336с.
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2001. – 912с.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. Луцником В. Д.*

*Статья поступила в редакцию 30.10.13.*

**д.т.н. Корнеєв С. В., Долгих В. П. (ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)**

**АНАЛІЗ ЧИННИКІВ, ВИЗНАЧАЮЧИХ СИЛУ ОПОРУ ОБЕРТАННЮ РОЛІКІВ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ**

*Наведені результати аналізу чинників, що визначають силу опору обертанню роликів шахтних стрічкових конвеєрів.*

**Ключові слова:** *стрічковий конвеєр, ролик, коефіцієнт опору руху.*

**Korneev S. V., Dolgikh V. P. (DonSTU, Alchevsk, Ukraine)**

**ANALYSIS OF FACTORS, DETERMINING OF FORCE IDLER BEARING RESISTANCE FOR BELT CONVEYERS**

*The results of analysis factors, determining of force idler bearing resistance for mining belt conveyers are investigated.*

**Key words:** *belt conveyer, idler, factor of motion resistance.*