

УДК 622.6.2

**С. Шоджааталхосейни**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК НА ПОДШИПНИКИ  
РОЛИКООПОР ЛИНЕЙНЫХ СЕКЦИЙ ЛЕНТОЧНЫХ  
КОНВЕЙЕРОВ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Л**енточные конвейеры, которые являются непрерывным видом транспорта, широко применяются на открытых и подземных горных предприятиях. В последнее время их производительность, длина, и энерговооружённость резко возросли, в связи, с чем стали обоснованно предъявляться повышенные требования к надёжности основных узлов конвейера (ленте, элементам става, роlikоопорам узла загрузки и линейных секций, а также к приводным устройствам).

Увеличение производительности карьеров и шахт предъявляет требование к применению на них высокопроизводительных ленточных конвейеров (на открытых горных работах их производительность достигает  $15000 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а на угольных шахтах до  $3000 \text{ т}/\text{ч}$ ).

Теоретическая весовая производительность  $Q$  ( $\text{т}/\text{ч}$ ), ленточного конвейера равна

$$Q = 3600Fv\gamma, \quad (1)$$

где  $F$  - площадь сечения груза на ленте конвейера,  $\text{м}^2$ ;  $v$  - скорость движения конвейерной ленты,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $\gamma$  - насыпная плотность транспортируемого груза,  $\text{т}/\text{м}^3$ .

Поперечное сечение насыпного груза на ленте конвейера  $F$  ( $\text{м}^2$ ) зависит от ряда факторов: типа роlikо-

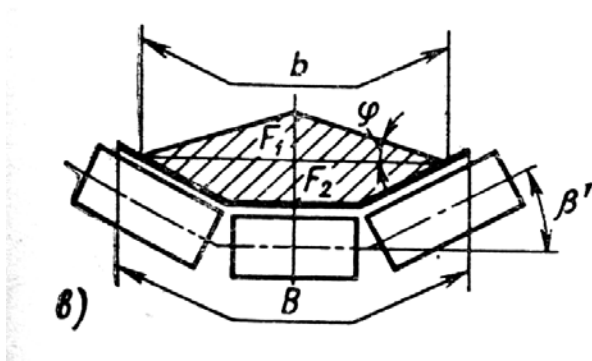
опоры — для плоской или лотковой ленты.

Для лотковой ленты (обычно это трёхроlikовая роlikоопора с одинаковыми роliками) величина  $F$  зависит от: углов наклона боковых роliков и соотношения длин поддерживающих ленту роliков; ширины ленты  $B$  и части ширины ленты на которой располагается насыпной груза («рабочая» ширина ленты  $b$ ); характеристики насыпного груза — угла естественного откоса на движущейся ленте  $\phi$  и его гранулометрического состава.

«Рабочая» ширина ленты  $b$  ( $\text{м}$ ) может быть определена из соотношения  $b = 0,9B - 0,05$ .

Таким образом, при заданной производительности  $Q$ , скорости движения ленты  $v$  и насыпной плотности транспортируемого груза  $\gamma$ , из формулы (1) определяют теоретическую площадь сечения груза  $F$  находящуюся на движущейся ленте конвейера, которая состоит из площади трапеции  $F_2$  и площади треугольника  $F_1$ , рис. 1.

С учётом вышеизложенного теоретическая площадь сечения груза на ленте движущейся по трёхроlikовой опоре может быть определена по формуле



**Рис. 1. Сечение грузовой ветви ленточного конвейера оснащённого трёхроликовыми опорами**

$$F = F_1 + F_2 = \frac{b^2}{4} \left\{ \left[ \cos \beta' + \Theta (1 - \cos \beta') \right]^2 \times \left[ (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \beta') - \Theta^2 \operatorname{tg} \beta' \right] \right\} = \frac{b^2}{4} K_3, \quad (2)$$

где  $\Theta$  - безразмерный коэффициент,  $\Theta = \frac{l_p}{b}$ ;  $l_p$  - длина поддерживающего ролика, м;  $\beta'$  - угол наклона боковых роликов, град (рис. 1);  $K_3$  - безразмерный коэффициент, который является функцией переменных  $\varphi$ ,  $\beta'$  и  $\Theta$ , (коэффициент сечения  $K_3$ ).

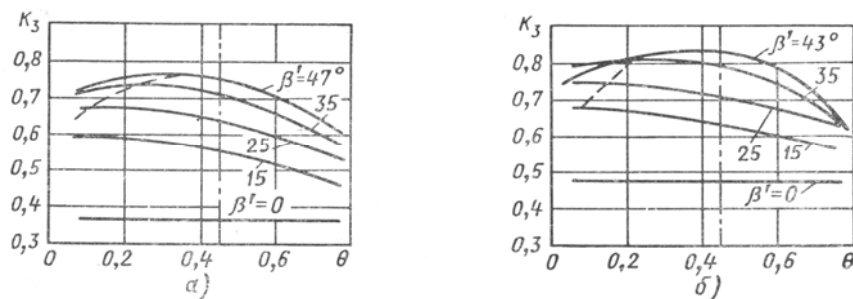
Характер изменения  $K_3$  в зависимости от угла наклона боковых роликов  $\beta'$  и для различных углов естественного откоса груза в движении  $\varphi$  приведен на графике (рис. 2). На этом графике штрихпунктирная линия

соответствует значению  $\Theta$  для роликов одинаковой длины.

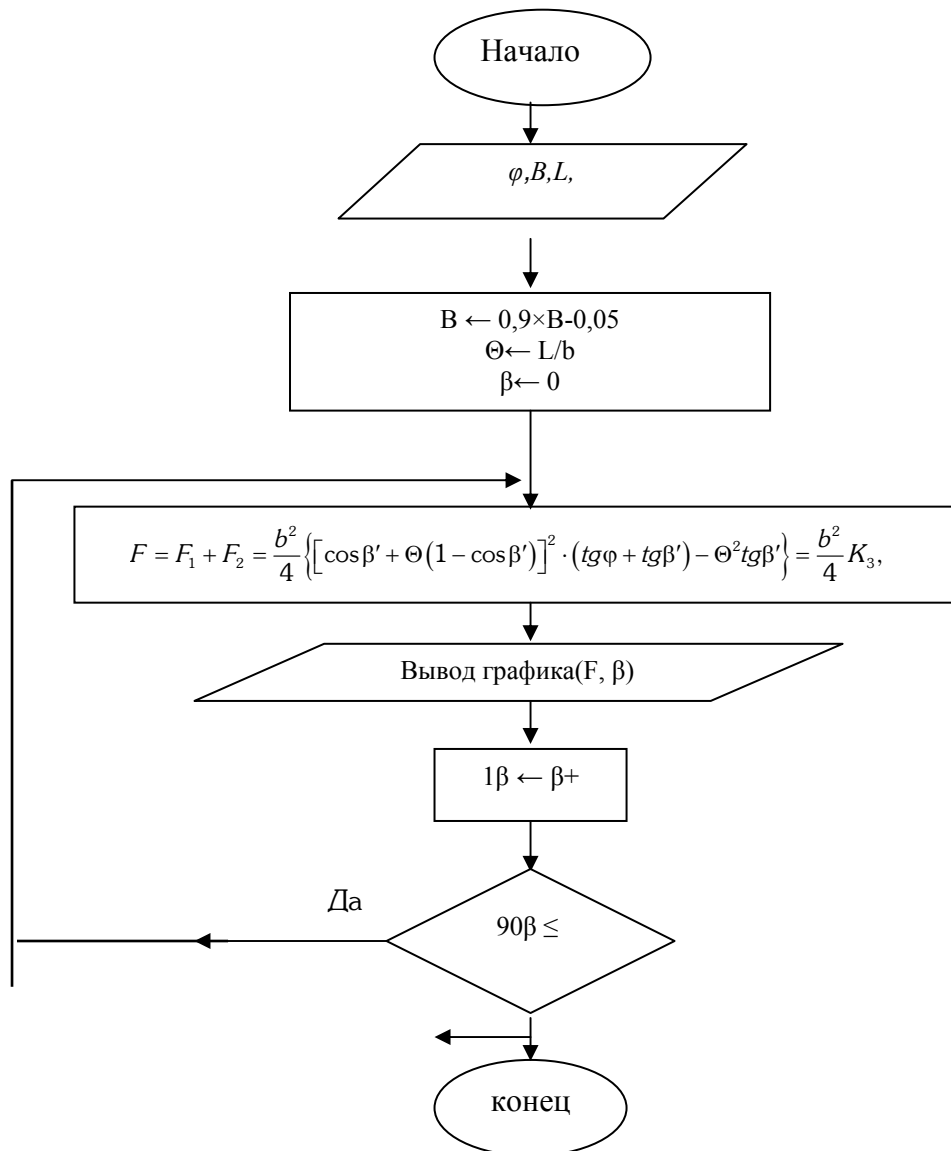
Для определения нагрузок на подшипниковые узлы трёхроликовых роликоопор ленточных конвейеров необходимо по формуле (2) вычислить площадь сечения груза и по нижеприведённой методике определить нагрузки и ресурс работы подшипников роликов.

Для вычисления площади сечения груза, располагаемого на ленте ленточного конвейера, оснащённого трёхроликовыми роликоопорами, была написана программа расчёта с использованием известного пакета «Visual Basic».

Для вычислений необходимо ввести три параметра: ширину ленты  $B$ , длину ролика  $l_p$  и угол естественного откоса транспортируемого материала в движении  $\varphi$ . После этого программа начинает автоматическое вычисление площадей сечения груза для различных углов наклона боковых роликов (начиная от  $\beta' = 0^\circ$  до  $\beta' = 90^\circ$ , с



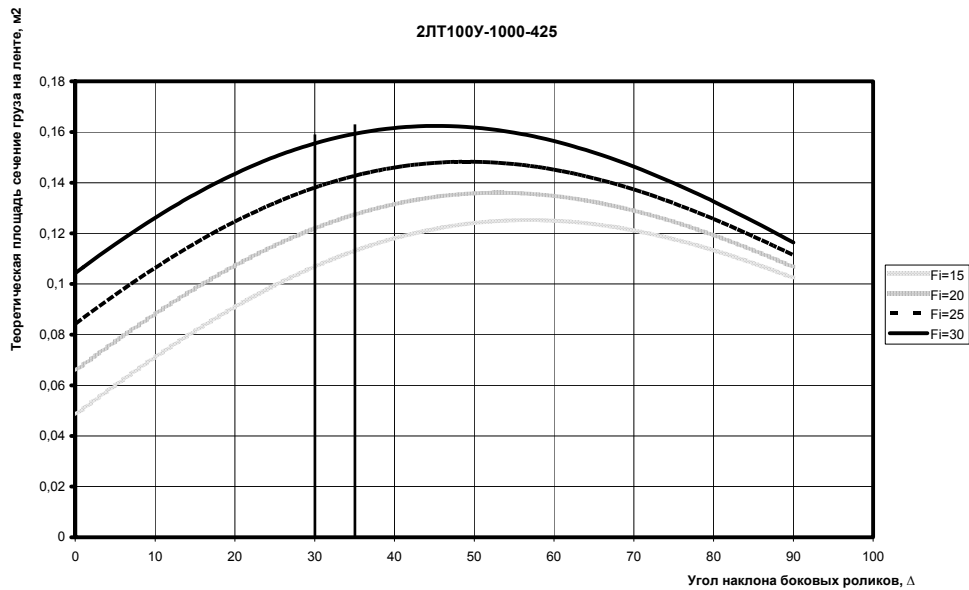
**Рис. 2. Зависимость  $K_3$  от  $\Theta$ ,  $\beta'$  и  $\varphi$ : а -  $\varphi = 15^\circ$ ; б -  $\varphi = 20^\circ$**



**Рис. 3. Блок-схема программы по вычислению площадей сечения груза на трёх-роликовых роликоопорах ленточного конвейера**

интервалом в  $5^{\circ}$ ), и строит график зависимости площади сечения груза  $F$  на ленте, от угла наклона боковых роликов при заданном угле естественного откоса груза в движении  $\varphi$ , рис. 4, 5. Блок – схема программы приведена на рис. 3.

Анализ физико-механических свойств транспортируемых грузов, показал, что углы естественных откосов транспортируемых грузов находятся в пределах от  $15^{\circ}$  до  $22^{\circ}$ , поэтому расчёты производились для трёх значений  $\varphi = 15^{\circ}; 20^{\circ}$  и  $22^{\circ}$ .



**Рис. 4.** График зависимости теоретической площади сечения груза  $F$  на ленте конвейера 2ЛТ100У, от угла наклона боковых роликов при заданном угле естественного откоса груза в движении  $\varphi$ , при длине роликов  $l_p = 425$  мм.



**Рис. 5.** График зависимости теоретической площади сечения груза  $F$  на ленте конвейера 2ЛТ160У, от угла наклона боковых роликов при заданном угле естественного откоса груза в движении  $\varphi$ , при длине роликов  $l_p = 610$  мм.

Для исследований были выбраны трёхроликовые роlikоопоры применяемые на ленточных конвейерах выпускаемых ОАО «Александровский машзавод», ОАО «Сибсельмаш», и роlikоопоры германской фирмы «PRECISMEKA - MONTAN», предназначенные для работы со стандартными лентами шириной 800–1600 мм [2].

Из приведённых графиков видно, что максимальная площадь сечения груза на ленте будет иметь место при угле наклона боковых роликков  $\beta' = 40 - 45^\circ$ . При увеличении угла естественного  $k_c$  откоса в движении  $\varphi$ , в оговорённых ранее пределах, площадь сечения груза на движущейся ленте, а, следовательно, и производительность конвейера увеличивается на 22 – 25 %.

Известно, что наиболее нагруженным роликком в поддерживающей трёхроликовой роlikоопоре грузовой ветви (при роликках одинаковой длины), является средний ролик [1].

Рассмотрим метод выбора и расчета шариковых подшипников которые обычно устанавливают в роlikоопорах ленточных конвейеров.

В обшемашиностроительных расчетах для определения срока службы подшипника обычно используют следующую формулу:

$$(nh)^a = \frac{C}{P}, \quad (3)$$

где  $n$  – частота вращения подшипника;  $h$  – срок службы подшипника;  $a \cong 0,3$  – показатель степени для шарикоподшипников;  $C$  – константа, характеризующая грузоподъемность;  $P$  – нагрузка действующая на подшипник.

Данную формулу используют при условии, что обеспечена качественная

защита подшипника от пыли при постоянно присутствующей смазке.

Действующую нагрузку  $P$  на подшипник определяют по максимально нагруженному среднему ролику желобчатой роlikоопоры при постоянном грузопотоке  $Q$  т/ч, с учётом того, что большая часть действующей нагрузки приходится на средний ролик (65–70 %), а на два боковых (35–30 %).

$$P = \frac{G_r}{2} + \frac{G_n}{2} + \frac{G_p}{2} + G_o \sin^2 \beta', \quad (4)$$

где  $G_r$ ,  $G_n$ ,  $G_p$  – вес груза, ленты и вращающихся частей ролика, соответственно приходящиеся на подшипник среднего ролика, которые определяются из формул: (для угла наклона боковых роликков  $\beta' = 30^\circ$ ).

$$G_r \approx k_c \frac{Q'_p}{3.6v_n}; \quad (5)$$

$$G_o = k_o \frac{Q'_p}{3.6v_n} \sin \beta'; \quad (6)$$

$$G_n = q_n \frac{t}{B} l'_p, \quad (7)$$

где  $k_c$  и  $k_o$  – коэффициенты, учитывающие с нагрузки на средний и боковой ролик в зависимости от угла наклона боковых роликков. При угле наклона  $\beta' = 30^\circ - k_c = 0,65$ ;  $k_o = 0,175$ , а при  $\beta' = 35^\circ - k_c = 0,7$  и  $k_o = 0,15$ .

Величину  $G_p$  – выбирают по каталогу завода изготовителя.

Если входной грузопоток периодически меняется во времени (изменение производительности во времени), то вводят понятие эквивалентной нагрузки

$$P_{\text{эKB}} = \sqrt[3]{\frac{p_1^3 n_1 + p_2^3 n_2 + \dots + p_n^3 n_n}{n}}, \quad (8)$$

**Значения коэффициента динамичности для загрузочных и линейных секций**

Транспортируемый груз	Коэффициент $f_{дин}$	
	Линейные секции	Загрузочные секции
Мелкозернистый материал	1.1	1.25
Вскрышные породы, уголь с отдельными кусками массой до 20 кг	1.25	1.75
Кусковая порода с отдельными кусками массой до 60 кг (5 %)	1.5	2.0
То же, при процентном содержании кусков до 20 %	1.75	2.5
Кусковая порода с отдельными кусками массой до 100 кг (5 %)	2.0	3.0
То же, при процентном содержании кусков до 20 %	2.5	3.5

где  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  – постоянные нагрузки, действующие в течение  $n_1, n_2, \dots, n_n$  оборотов ролика;  $n = n_1 + n_2 + \dots + n_n$  – суммарное число оборотов ролика конвейера.

Из формулы (3) при заданном сроке службы подшипника имеем

$$C = n^{0.3} h^{0.3} P \quad (9)$$

По полученному из формулы (9) значению  $C$  из каталогов находят тип подшипника, обеспечивающего значение  $C$  не меньше рассчитанного. Однако применительно к расчету подшипников роликов ленточных конвейеров формула (9) дает заниженные значения  $C$ , так, как не учитывает некоторые дополнительные факторы.

Обычно, при транспортировании рядовых крупнокусковых грузов на подшипник ролика помимо статических воздействуют и динамические нагрузки, существенно снижающие срок его службы. В этом случае в формулу (8) необходимо ввести усредненный коэффициент динамичности  $f_{дин}$  т.е.

$$C = n^{0.3} h^{0.3} P f_{дин} \quad (9,a)$$

Усредненный коэффициент динамичности  $f_{дин}$  зависит от коэффициента динамичности, определяемого как

$$K_{дин} = \frac{P_{дин}}{P_{ст}} \quad (10)$$

где  $P_{дин}$  – динамическая нагрузка, возникающая при ударе куска весом  $P_{ст}$  на роликкоопоре.

Поскольку время действия динамических нагрузок составляет часть общего времени действия нагрузки на ролик ( $T(\sum \tau_i < T)$ ), то в соответствии с формулой (8) эквивалентная динамическая нагрузка  $P_{дин.экр}$  меньше  $P_{дин}$  и, следовательно, усредненный коэффициент динамичности, равный

$$f_{дин} = \frac{P_{дин.экр}}{P_{ст}} \approx \frac{\sqrt[3]{P_{дин}}}{P_{ст}} \quad (11)$$

окажется также меньше  $K_{дин}$ . при увеличении процентного содержания крупных кусков коэффициент  $f_{дин}$  увеличивается. Из формулы (11) следует также, что усредненный коэффициент динамичности зависит от  $P_{дин}$  нелинейно.

В таблице приведены некоторые усредненные значения коэффициента  $f_{дин}$  для линейных и загрузочных секций, использование которых в формуле (9) позволит определить значение коэффициента  $C$  «снизу» [3].

**Выводы**

С помощью разработанной программы расчёта максимальной площади сечения грузов, были рассчитаны

теоретические площади сечений грузов на ленте типовых конвейеров выпускаемых ОАО «Александровский машзавод», ОАО «Сибсельмаш», и германской фирмы «PRECISMEKA - MONTAN», предназначенные для работы со стандартными лентами шириной 800–1600 мм.

Расчёты показывают, что максимальная площадь сечения груза на ленте будет иметь место при угле наклона боковых роликов  $\beta' = 40 - 45^\circ$ . При увеличении угла естественного

откоса в движении  $\phi$ , в оговорённых ранее пределах, площадь сечения груза на движущейся ленте, а следовательно, и производительность конвейера увеличивается на 22–25 %.

Предложена методика расчета подшипников роликоопор линейных секций учитывающая динамические нагрузки, возникающие в подшипниках роликоопор линейных секций при транспортировании кусковых грузов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шахмейстер Л.Г. Дмитриев В.Г. Теория и расчёт ленточного конвейера. М. Недра, 1978, с. 23-27.

2. Каталог фирмы Precismeka - montan "Tragrollen und zubehör",ausgabe 01.2006.

3. Дмитриев В.Г., Галкин В.И. Исследование динамических нагрузок в роликоопорах линейных и загрузочных секций при транспортировании крупных кусков. - Изв. Вузов. Горный журнал, 1975, №1, с. 108-112. **ГИАБ**

#### Коротко об авторе

*Шоджааталхосейни С.* – кафедра «Горная механика и транспорт», Московский государственный горный университет.

Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.Г. Дмитриев.*



#### ДИССЕРТАЦИИ

##### ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
<b>ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ УРО РАН</b>			
НЕСТЕРЕНКО Геннадий	Управление аэрогазодинамическими и тепломассообменными процессами	25.00.20	д.т.н.

Филиппович	при нормализации атмосферы карьеров		
------------	-------------------------------------	--	--