

УДК 622.258.3

А.Ю. Прокопов**ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК
НА АРМИРОВКУ, ВОЗНИКАЮЩИХ ВСЛЕДСТВИЕ
КРУЧЕНИЯ ПОДЪЕМНЫХ КАНАТОВ**

Определены характеристики подъема и армировки, при которых дополнительные нагрузки на проводники, передаваемые от кручения подъемного каната, необходимо учитывать, а также условия, при которых данными нагрузками можно пренебречь.

Ключевые слова: армировка, кручения подъемного каната, нагрузки.

Неделя горняка

При растяжении сталепроводного каната осевыми усилиями в нем возникают моменты, стремящиеся раскрутить канат, т.е. увеличить шаг свивки прядей. Для устранения этого явления используют многослойные прядеспиральные канаты, которые получили не совсем точное название некрутящихся канатов. Однако, даже для некрутящихся канатов полностью не исключена возможность вращения подъемного сосуда при увеличении его нагрузки или при изменении длины отвеса каната. Поэтому под воздействием крутящего момента M подъемный сосуд пытается повернуться на угол φ , тем самым воздействуя на проводники с силой P_m (рис. 1).

Исходя из расчетных диаметров подъемных канатов и параметров скипов (табл. 1), используя результаты исследований [1], рассчитаем значения P_m для скипов различной грузоподъемности и геометрии.

Рассмотрим, как разложится сила на проводник от крутящего момента в головных канатах на лобовую и боковую составляющие (рис. 1).

Вследствие наличия лобового зазора Δ_y между подъемным сосудом и проводником, сосуд под действием крутящего момента M , передаваемого

подъемным канатом может повернуться на максимальный угол φ , который зависит от ширины подъемного сосуда b и величины зазора Δ_y . Пренебрегая размерами поперечного сечения проводника по отношению к габаритам подъемного сосуда, найдем максимальный угла поворота скипа:

$$\varphi = \arccos \frac{b_c / 2}{b_c / 2 + \Delta_y}.$$

Определим величину максимального угла φ для скипов различных типоразмеров и двух профилей проводников – рельсового и коробчатого. Результаты расчета сводим в табл. 2.

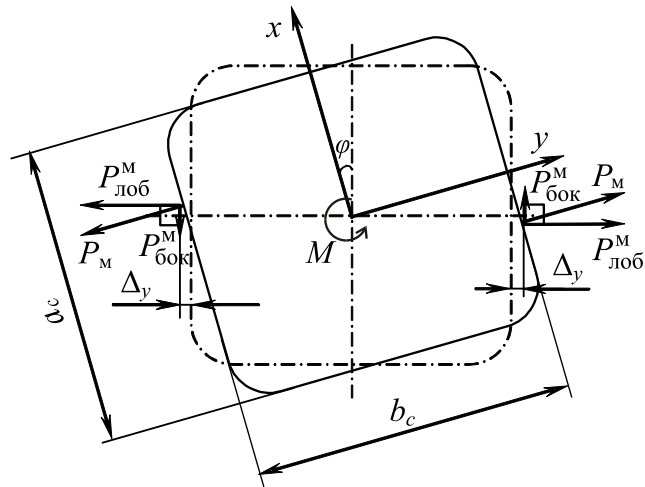
С учетом разложения силы P_m на лобовую и боковую составляющие, дополнительные силы на армировку вследствие кручения подъемных канатов составят

$$P_{\text{лоб}}^m = \frac{c_p k_c d m (g + a)}{4S_k} \cos \varphi,$$

$$P_{\text{бок}}^m = \frac{c_p k_c d m (g + a)}{4S_k} \sin \varphi. \quad (1)$$

где c_p – коэффициент результирующего момента, $c_p = 1$ – для одноканатного, $c_p = 0,175$ – для многоканатного подъема [1]; k_c – коэффициент упругой связи; d – диаметр головного каната, мм; m – масса подъемного сосуда, кг; g, a – ускорения соот-

Рис. 1. Схема к определению максимального угла поворота скипа φ



ветственно свободного падения и движения подъемного сосуда, m/c^2 ; S_k – плечо вращения, т.е. расстояние от центра подъемного сосуда в плане до центра проводника, м.

Рассчитаем значения этих сил для скипов различных типоразмеров. Графики зависимости лобовой и боковой сил на проводник, возникающих от крутящего момента в головном канате, от максимальной скорости и массы скипа для одноканатного подъема приведены на рис. 2, а, б, для многоканатно-

го подъема – на рис. 3, а, б. При расчете учитываем предполагаемое увеличение ускорения при повышении максимальной скорости сосуда.

Из формул (1) следует, что нагруз-

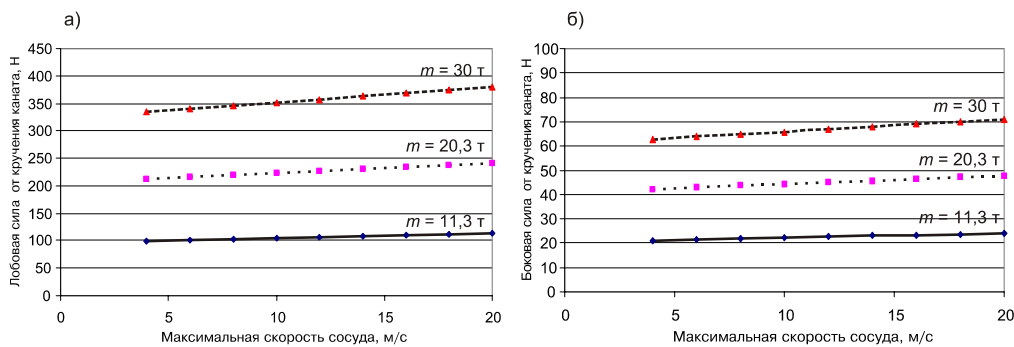


Рис. 2. Графики зависимости сил на проводник, возникающих от кручения головного каната, от массы и максимальной скорости скипа при одноканатном подъеме: а – лобовой; б – боковой

Таблица 1
Параметры скипов, принятые для расчета

Масса груженого скипа, кг	Размеры скипа в плане, мм	Расстояние между проводниками (коля), мм	Плечо вращения S_k , м	Число и диаметр, мм, подъемных канатов
11300	1350 × 1700	1420 – 1450	0,95	37
20300	1540 × 1850	1680 – 1710	1,09	50
30000	1740 × 2230	1860 – 1890	1,25	61
60900	1900 × 2350	2070 – 2100	1,36	4Ч40
100000	2400 × 2750	2610 – 2640	1,68	4Ч61

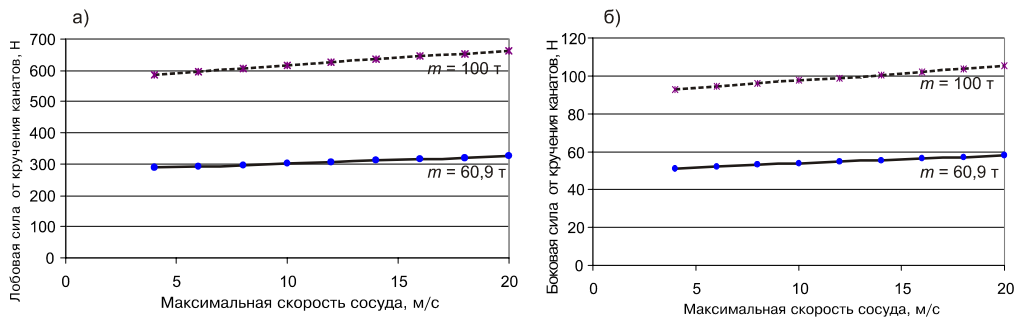


Рис. 3. Графики зависимости сил на проводник, возникающих от кручения головного каната, от массы и максимальной скорости скипа при многоканатном подъеме:
а – лобовой; б – боковой

ки $P_{\text{лоб}}^M$ и $P_{\text{бок}}^M$ непосредственно не зависят от интенсивности подъема, а только от массы и геометрических параметров скипов. Построим графики зависимости $P_{\text{лоб}}^M$ и $P_{\text{бок}}^M$ от массы груженых скипов при одноканатном и многоканатном подъемах (рис. 4, а, б).

Исследуем, какую долю занимают дополнительные нагрузки на армировку вследствие кручения каната в эксплуатационных лобовой $P_{\text{лоб}}$ и боковой $P_{\text{бок}}$ нагрузках.

Для учета этих сил при определении эксплуатационных нагрузок на армировку введем коэффициенты $k_{\text{лоб}}^M$ и $k_{\text{бок}}^M$ определяемые отношениями

$$k_{\text{лоб}}^M = \frac{P_{\text{лоб}} + P_{\text{лоб}}^M}{P_{\text{лоб}}} = 1 + \frac{P_{\text{лоб}}^M}{P_{\text{лоб}}}, \quad (2)$$

$$k_{\text{бок}}^M = \frac{P_{\text{бок}} + P_{\text{бок}}^M}{P_{\text{бок}}} = 1 + \frac{P_{\text{бок}}^M}{P_{\text{бок}}}. \quad (3)$$

Подставив в уравнения (2) и (3) соответствующие значения усилий (1) и эксплуатационных нагрузок, рассчитываемых в соответствии с методикой [2], получим выражения:

$$k_{\text{лоб}}^M = 1 + \frac{c_p k_c d (g+a) l^2}{60 S_k \Delta_y K_p^2 V^2 \gamma_y} \cos \varphi, \quad (4)$$

$$k_{\text{бок}}^M = 1 + \frac{c_p k_c d (g+a) l^2}{60 S_k \Delta_x K_p^2 V^2 \gamma_x} \sin \varphi, \quad (5)$$

где Δ_x , Δ_y – зазоры на сторону между рабочими или предохранительными направляющими скольжения и проводником; K_p – коэффициент влияния типа

Таблица 2

Расчетные значения максимального угла поворота скипов в горизонтальной плоскости

Масса груженого скипа, кг	Размеры скипа в плане, мм	Максимальный угол поворота скипа φ° , при использовании проводников	
		коробчатых	рельсовых
11300	1350 × 1700	12,0	9,8
20300	1540 × 1850	11,2	9,2
30000	1740 × 2230	10,6	8,6
60900	1900 × 2350	10,1	8,3
100000	2400 × 2750	9,0	7,4

Таблица 3

Значения коэффициента пропорциональности K_m

Тип подъема	Направление действия нагрузки	Профиль проводника	Коэффициент K_m^*	Среднее квадратическое отклонение ^{**}	Коэффициент корреляции R^2
Одноканатный	Лобовая	Рельсовый	$\frac{0,204}{0,147}$	$\frac{2,30 \cdot 10^{-4}}{1,12 \cdot 10^{-4}}$	0,977
		Коробчатый	$\frac{0,118}{0,085}$	$\frac{3,90 \cdot 10^{-5}}{1,98 \cdot 10^{-5}}$	0,986
	Боковая	Рельсовый	$\frac{0,0367}{0,0265}$	$\frac{9,57 \cdot 10^{-6}}{4,47 \cdot 10^{-6}}$	0,971
		Коробчатый	$\frac{0,0255}{0,0184}$	$\frac{2,49 \cdot 10^{-6}}{1,22 \cdot 10^{-6}}$	0,981
Многоканатный	Лобовая	Рельсовый	$\frac{0,109}{0,079}$	$\frac{6,58 \cdot 10^{-5}}{3,75 \cdot 10^{-5}}$	0,977
		Коробчатый	$\frac{0,0631}{0,0456}$	$\frac{1,12 \cdot 10^{-5}}{5,74 \cdot 10^{-6}}$	0,986
	Боковая	Рельсовый	$\frac{0,0169}{0,0122}$	$\frac{2,02 \cdot 10^{-6}}{9,25 \cdot 10^{-7}}$	0,971
		Коробчатый	$\frac{0,0116}{0,0084}$	$\frac{5,13 \cdot 10^{-7}}{2,66 \cdot 10^{-7}}$	0,981

Примечания * – В числителе приведены коэффициенты для упругих роликовых направляющих, а в знаменателе – для жестких лап скольжения.

** – среднее квадратическое отклонение между точками, найденными по уравнениям (4) и (5) и соответствующими им теоретическими значениями, полученными по формуле (6)

рабочих направляющих подъемного сосуда; l – шаг армировки, м; γ_{y1} , γ_{x1} – коэффициенты соответственно в лобовой и боковой плоскостях, определяемые по методике [2]

С достаточно высокой точностью коэффициенты $k_{\text{лоб}}^M$ и $k_{\text{бок}}^M$ могут быть рассчитаны по формуле

$$k_{\text{лоб(бок)}}^M = 1 + K_m \left(\frac{l}{V_c} \right)^2, \quad (6)$$

где K_m – коэффициент пропорциональности, зависящий от направления приложения нагрузки, профиля проводника, типа направляющих устройств и схемы подъема (одно- или многоканатный), принимается по табл. 3.

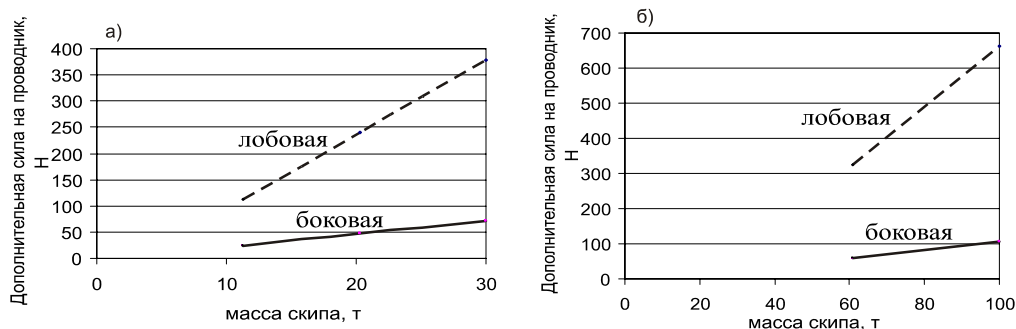


Рис. 4. Графики зависимости сил на проводник, возникающих от кручения головного каната, от массы скипа: а – при одноканатном подъеме; б – при многоканатном

Таблица 4

Удельный вес дополнительных лобовых и боковых усилий на армировку от кручения каната в общей эксплуатационной нагрузке

Тип подъема	Направление действия нагрузки	Профиль проводника	Удельный вес дополнительной нагрузки, %, при шаге армировки, м		
			3 (3,125)	4 (4,168)	6 (6,25)
Одноканатный	Лобовая	Рельсовый	1 – 2	2 – 4	6 – 13
		Коробчатый	0,5 – 1	1,5 – 2,5	3 – 7
	Боковая	Рельсовый	0,3 – 0,6	0,4 – 0,8	1 – 2,5
		Коробчатый	0,1 – 0,3	0,2 – 0,5	0,6 – 1,5
Многоканатный	Лобовая	Рельсовый	0,7 – 1	1 – 2,5	3 – 7
		Коробчатый	0,4 – 0,8	0,6 – 1,2	1,8 – 3,8
	Боковая	Рельсовый	0,1 – 0,3	0,2 – 0,4	0,5 – 1
		Коробчатый	0,05 – 0,1	0,15 – 0,25	0,25 – 0,7

Примечания – Пределы значений даны для рабочих скоростей движения подъемных сосудов (8 – 12 м/с). ¹⁰⁰ – Значения 3, 4 и 6 м соответствуют коробчатым проводникам; 3,125; 4,168 и 6,25 – рельсовым. Жирным шрифтом выделены сочетания условий, при которых дополнительные нагрузки от кручения каната должны учитываться.

Анализ результатов расчета коэффициентов $k_{\text{лоб}}^M$ и $k_{\text{бок}}^M$ позволяет определить характеристики подъема и армировки, при которых дополнительные нагрузки на проводники, передаваемые от кручения подъемного каната, необходимо учитывать, а также условия, при которых данными нагрузками можно пренебречь. Сводные результаты такой оценки приведены в табл. 4.

Как следует из табл. 4, при расчете лобовых нагрузок на проводник, дополнительная сила от кручения подъемного каната должна учитываться:

– для одноканатного подъема – при использовании рельсовых или коробчатых проводников и шага ар-

мировки 6 (6,25) м, при этом коэффициент $k_{\text{лоб}}^M = 1,03 – 1,13$;

– для многоканатного подъема (применении большегрузных подъемных сосудов массой 60 – 100 т) – при использовании только рельсовых проводников и шага армировки 6,25 м, при этом коэффициент $k_{\text{лоб}}^M = 1,03 – 1,07$;

При расчете боковых нагрузок дополнительными силами от кручения подъемного каната можно пренебречь при любом типе проводников и шаге армировки как для одноканатного, так и многоканатного подъемов, так как $k_{\text{бок}}^M$ колеблется при рабочих скоростях движения подъемного сосуда от 1,0005 до 1,038.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шафранов Н.К., Ягодкин Ф.И. Канатная армировка вертикальных стволов. – М.: Недра, 1976. – 144 с.

2. Методика расчета жестких армировок вертикальных стволов шахт. – ВНИИГМ им. М.М. Федорова. – Донецк, 1985. – 170 с. **ГИАБ**

Коротко об авторе

Прокопов А.Ю. – кандидат технических наук, доцент, заместитель директора Шахтинского института Южно-Российского государственного технического университета по образовательной деятельности, prokopov72@rambler.ru