Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XXXIX, вып. 1, 1959 г.

ГРАНИЦЫ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОКАНАТНЫХ ШКИВОВ ТРЕНИЯ

В. А. Кабанов

Специфической особенностью системы подъема со шкивом трения является *существование границы минимальной высоты подъема,* которую обеспечивает приводной шкив по условиям скольжения канатов. Верхняя граница по высоте подъема определяется предписанной прочностью канатов.

В статье приведены основные зависимости, определяющие область использования многоканатных шкивов трения по диапазону допускаемых глубин подъема, а также дан графоаналитический метод расчета этой системы для случая применения равновесных хвостовых канатов.

Условия, определяющие минимальную высоту подъема

Мерой безопасности скольжения каната по желобу приводного шкива является, как известно, коэффициент безопасности скольжения

$$\sigma = \frac{S_2 (e^{f\alpha} - 1)}{S_1 - S_2}, \qquad (1)$$

где S_1 и S_2 — натяжения ветвей канатов, $S_1 \geqslant S_2$;

f — коэффициент трения каната о материал футеровки приводного шкива;

α — угол обхвата шкива канатом, *радиан*.

Различают динамический $\sigma_д$ и статический $\sigma_{ст}$ коэффициенты безопасности скольжения. Первый подсчитывается с учетом динамических составляющих натяжений канатов в периоды неустановившегося движения (разгон, торможение), второй — без их учета.

В соответствии с выработанными МакНИИ [1] и утвержденными в декабре 1956 г. нормами для многоканатных шкивов трения

$$\sigma_д \geqslant 1{,}25;$$
$$\sigma_{ст} \geqslant 1{,}75.$$

Напишем основные выражения для $\sigma_{ст}$ и $\sigma_д$, пользуясь уравнением (1) для различных систем подъема с равновесными хвостовыми канатами.

1. Подъем с двумя сосудами. Статический коэффициент безопасности скольжения

$$\sigma_{ст} = \frac{S_2 (e^{f\alpha} - 1)}{S_1 - S_2}, \qquad (2)$$

где

$$S_1 = Q + Q' + npH + wQ;$$

$$S_2 = Q' + npH - wQ;$$

Q — полезный груз;
Q' — мертвый вес сосуда;
n — число канатов (условно число и вес головных и хвостовых канатов одинаковы);
p — вес 1 *пог. м* каната;
H — длина отвеса каната (с достаточной точностью можно принять равной высоте подъема);
w — коэффициент шахтных сопротивлений для одной ветви.

Подставим значения S_1 и S_2 в формулу (2) и после приведения подобных членов получим

$$\frac{(Q' + npH - wQ)\,\mu}{Q(1 + 2w)} = \sigma_{ст}, \qquad (3)$$

где $\mu = e^{f\alpha} - 1$.

Вес 1 *пог. м* n канатов

$$np = \frac{Q + Q'}{L_0 - H}, \qquad (3')$$

где L_0 — прочная длина каната.

Принимая общий коэффициент шахтных сопротивлений $\kappa = 1 + 2w$ (для скипов $\kappa = 1{,}15$ и для клетей $\kappa = 1{,}20$), а также обозначая отношение мертвого веса сосуда к полезному грузу через

$$\beta = \frac{Q'}{Q}, \qquad (3'')$$

после подстановки в выражение (3′) и деления числителя и знаменателя левой части (3) на Q, получим

$$\frac{H}{L_0} = \frac{k\sigma_{ст} + \mu w - \mu\beta}{k\sigma_{ст} + \mu w + \mu}. \qquad (4)$$

Обозначим $\frac{H}{L_0} = h$ и назовем эту величину *относительной высотой подъема*. Величина h показывает, во сколько раз высота подъема меньше прочной длины каната и является величиной безразмерной.

Приняв в формуле (4) предельное значение для $\sigma_{ст}$ (1,75), получим *минимальную* относительную высоту подъема

$$h_{min} = \frac{k\sigma_{ст} + \mu w - \mu\beta}{k\sigma_{ст} + \mu w + \mu}. \qquad (5)$$

Полагая в уравнении (5) все величины, кроме β и h_{min}, постоянными и обозначив

$$\frac{k\sigma_{ст} + \mu w}{k\sigma_{ст} + \mu w + \mu} = A$$

и

$$\frac{1}{k\sigma_{ст} + \mu w + \mu} = B,$$

получим окончательно

$$h_{\min} = A - B\beta. \tag{6}$$

Выведем аналогичное уравнение исходя из динамического коэффициента безопасности скольжения $\sigma_д$

$$\sigma_д = \frac{S_{о.с} - a\sum m_0}{(S_{п.с} - S_{о.с}) + a\left(\sum m_0 + \sum m_п\right)}(e^{f\alpha} - 1), \tag{7}$$

где

$$S_{о.с} = Q' + npH - wQ;$$

$$S_{п.с} = Q + Q' + npH + wQ;$$

$$\sum m_0 = \frac{1}{g}(Q' + npH);$$

$$\sum m_п = \frac{1}{g}(Q + Q' + npH).$$

В уравнении (7):

$S_{о.с}$ и $S_{п.с}$ — статическое натяжение соответственно опускающихся и поднимающихся ветвей канатов;

$\sum m_0$ и $\sum m_п$ — приведенная масса со стороны опускающихся и соответственно поднимающихся ветвей канатов;

g — ускорение силы тяжести;

a — расчетное ускорение.

Имея в виду выражения (3′) и (3″), а также обозначив $1 + 2w = k$; $\frac{a}{g} = b$ и $e^{f\alpha} - 1 = \mu$, после подстановки в уравнение (7) и приведения подобных членов получим выражение для $h'_{\min}$, если предельное значение для коэффициента $\sigma_д$ положим 1,25,

$$h'_{\min} = \frac{\sigma_д(k + b) + \mu w - [\mu(1 - b) - 2\sigma_д b]\beta}{\sigma_д(k - b) + \mu w + \mu(1 - b)}. \tag{8}$$

Полагая в уравнении (8) все величины, кроме β и $h'_{\min}$, постоянными и обозначив

$$\frac{\sigma_д(k + b) + \mu w}{\sigma_д(k - b) + \mu w + \mu(1 - b)} = C$$

и

$$\frac{\mu(1 - b) - 2\sigma_д b}{\sigma_д(k - b) + \mu w + \mu(1 - b)} = D,$$

окончательно получим

$$h'_{\min} = C - D\beta. \tag{9}$$

2. Подъем с противовесом. Для случая подъема с противовесом в уравнение (1) подставляем следующие выражения для $\sigma_{ст}$:

$$S_1 = Q + Q' + npH + wQ;$$

$$S_2 = Q' + 0{,}5Q + npH - wQ,$$

где $Q' + 0{,}5Q = G_{пр}$ — вес противовеса.

После преобразований, аналогичных приведенным выше,

$$h''_{\min} = \frac{(0{,}5 + 2w)\sigma_{ст} - (0{,}5 - w)\mu - \mu\beta}{(0{,}5 + 2w)\sigma_{ст} + (0{,}5 + w)\mu}. \tag{10}$$

Полагая в уравнении (10) все величины, кроме β и $h''_{\min}$, постоянными и обозначив

$$\frac{(0{,}5+2w)\,\sigma_{ст}-(0{,}5-w)\,\mu}{(0{,}5+2w)\,\sigma_{ст}+(0{,}5+w)\,\mu}=R$$

и

$$\frac{1}{(0{,}5+2w)\,\sigma_{ст}+(0{,}5+w)\mu}=T,$$

окончательно получим

$$h''_{\min}=R-T\beta. \tag{11}$$

Значение $\sigma_д$ для подъема с противовесом найдем, подставляя в уравнение (7) следующие величины:

$$S_{о.\,с}=Q'+0{,}5Q+npH-wQ;$$

$$S_{п.\,с}=Q+Q'+npH+wQ;$$

$$\sum m_0=\frac{1}{g}(Q'+0{,}5Q+npH);$$

$$\sum m_0+\sum m_п=\frac{1}{g}(1{,}5Q+2Q'+2npH).$$

После соответствующих преобразований и подстановки выражений (3′) и (3″) получим

$$h'''_{\min}=\frac{\sigma_д\,(k+1{,}5b-0{,}5)+\mu w-0{,}5\mu\,(1-b)-[\mu\,(1-b)-2\sigma_д b]\,\beta}{\sigma_д\,(k-0{,}5b-0{,}5)+\mu w+0{,}5\mu\,(1-b)}. \tag{12}$$

Полагая в уравнении (12) все величины, кроме β и $h'''_{\min}$, постоянными и обозначив

$$\frac{\sigma_д\,(k+1{,}5b-0{,}5)+\mu w-0{,}5\mu\,(1-b)}{\sigma_д\,(k-0{,}5b-0{,}5)+\mu w+0{,}5\mu\,(1-b)}=M,$$

$$\frac{\mu\,(1-b)-2\sigma_д b}{\sigma_д\,(k-0{,}5b-0{,}5)+\mu w+0{,}5\mu\,(1-b)}=N,$$

окончательно получим

$$h'''_{\min}=M-N\beta. \tag{13}$$

Условия, определяющие максимальную высоту подъема

Расчетный вес 1 *пог. м* каната для многоканатного подъема с числом канатов n

$$p=\frac{Q+Q'}{n\,(L_0-H)}. \tag{14}$$

Разделив числитель и знаменатель уравнения (14) на Q и введя обозначение $\beta=\frac{Q'}{Q}$, получим

$$p=\frac{1+\beta}{\frac{n}{Q}\,(L_0-H)}$$

и после соответствующих преобразований

$$H=L_0-\frac{Q}{np}\,(1+\beta).$$

Введя понятие относительной высоты подъема $h = \frac{H}{L_0}$ и имея в виду, что выражение (14) дает предельное значение для $H = H_{max}$, получим *максимальную* относительную высоту подъема

$$h_{max} = 1 - \frac{Q}{npL_0}(1 + \beta).$$

Обозначив

$$1 - \frac{Q}{npL_0} = E \quad \text{и} \quad \frac{Q}{npL_0} = F,$$

окончательно имеем

$$h_{max} = E - F\beta. \qquad (15)$$

Исследование уравнений (6), (9), (11), (13) и (15)

Все уравнения, выведенные выше, представляются графически прямыми линиями (рис. 1). При исследовании значений постоянных коэффициентов этих уравнений выявляется следующее: 1) сумма постоянных коэффициентов во всех случаях равна 1 ($A + B = 1$; $C + D = 1$ и т. д.); 2) все прямые линии, построенные в соответствии с уравнениями (6), (9), (11), (13) и (15), проходят через общую точку с координатами ($-1; 1$);

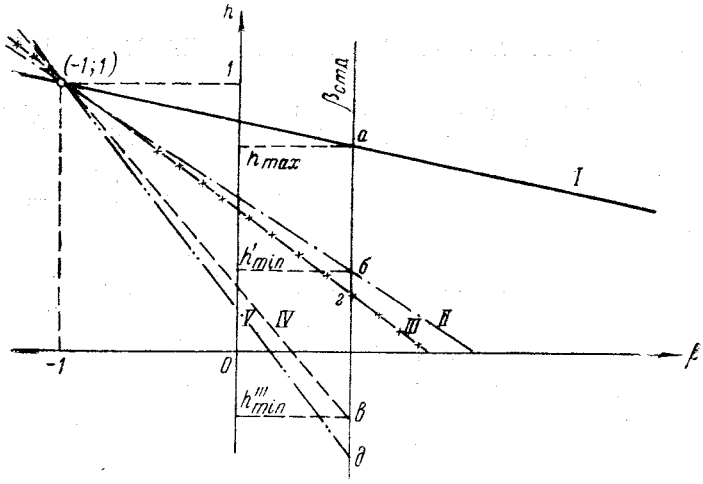


Рис. 1. Графическая интерпретация уравнений граничных линий:
I — верхняя граница по уравнению (15); нижняя граница по уравнениям: *II* — (9); *III* — (6); *IV* — (13); *V* — (11)

3) постоянные коэффициенты в уравнениях для минимальной относительной высоты подъема (6), (9), (11) и (13) составлены из безразмерных коэффициентов k, w, b, μ, $\sigma_д$ и $\sigma_{ст}$.

На рис. 1 показано положение прямой $\beta_{стд}$ (стандартного подъемного сосуда, $\beta_{стд} = \frac{Q'_{стд}}{Q}$), по точкам пересечения которой с линией *I* (точка *а*) определяется верхняя граница по высоте подъема; с линией *II* (точка *б*) — нижняя граница при подъеме с двумя сосудами; с линией *IV* (точка *в*) — нижняя граница при подъеме с противовесом.

Положение линий *III* и *V* может быть различным относительно соответствующих линий *II* и *IV*. Если оно будет несколько выше линий *II* и *IV*, то нижняя граница определится точками пересечения вертикальной линии $\beta_{стд}$ с линией *III* (для подъема с двумя сосудами) или с ли-

нией V (для подъема с противовесом). Положение линий III и V (точки $г$ и $д$) окажется ниже II, IV, что характеризует резерв по статическому коэффициенту безопасности скольжения ($\sigma_{ст} > 1{,}75$).

В соответствии с предписанными нормами, должны быть удовлетворены оба условия по нескольжению канатов ($\sigma \geqslant 1{,}75$; $\sigma_д \geqslant 1{,}25$), т. е. нижняя граница определяется по большей из ординат.

Пользуясь графиком, приведенным на рис. 1, можно также решить обратную задачу — определить необходимое искусственное утяжеление подъемного сосуда (обычно практикуется при малой высоте подъема) или выяснить возможное облегчение веса сосуда при большой глубине (облегченные сосуды), находясь в границах использования возможностей той или иной схемы подъема.

Как видно из рисунка, область применения подъема с противовесом шире, чем область подъема с двумя сосудами за счет снижения границы минимальной относительной высоты подъема.

В табл. 1—3 даются значения величин и безразмерных коэффициентов, входящих в уравнения (6), (9), (11), (13) и (15).

Таблица 1

$\sigma_в$, кГ/мм²	Скип, $k_{ст}=7$				Клеть, $k_{ст}=8$			
	канат ГОСТ 7668-55		канат ГОСТ 3085-55		канат ГОСТ 7668-55		канат ГОСТ 3084-55	
	λ	L_0	λ	L_0	λ	L_0	λ	L_0
160	1,07	2440	1,14	2620	1,07	2140	1,14	2280
180	1,07	2750	1,16	2980	1,07	2415	1,16	2620

Примечания: $\sigma_в$ — предел прочности проволок каната; λ — коэффициент свивки каната; $k_{ст}$ — статический запас прочности канатов.

Таблица 2

Вид подъема	$b=\frac{a}{g}$	k	$w=\frac{k-1}{2}$
Клетевой:			
с двумя сосудами	0,075	1,20	0,1
сосуд с противовесом	0,075	1,40	0,2
Скиповой:			
с двумя сосудами	0,075	1,15	0,075
сосуд с противовесом	0,075	1,30	0,15

Таблица 3

α°	180		200		270	
f	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
$\mu=e^{f\alpha}-1$	0,87	1,57	1,01	1,85	1,57	3,11

На основании численных значений величин, приведенных в табл. 1—3, определены постоянные коэффициенты A, B, C, D, E, F, M, N, R, T исследуемых уравнений. Наряду с этим определялись значения величин β_0, отвечающих условию $h = 0$. Величина β_0 представляет

собой абсциссу точки, расположенной на координатной оси β. Используя β_0, можно быстро определять положение пограничных линий, проводя их через две известные точки с координатами $(-1; 1)$ и $(\beta_0; 0)$.

Значения коэффициентов *A, B, C, D, M, N, R, T* и соответствующих им абсцисс β_0 сведены в табл. 4. В табл. 5 приведены значения коэффициентов *E, F* и абсцисс β_{0max} для скипов, а в табл. 6 — для неопрокидных клетей угольной промышленности, применительно к ряду типоразмеров подъемных машин, рекомендованных Центрогипрошахтом [2].

Как видно из табл. 4, при расчетных ускорениях около 0,75 *м/сек*^{2} проверку нижней границы по высоте подъема следует производить по $\sigma_д$ только при коэффициенте трения 0,2 и углах обхвата 180 и 200°, в остальных случаях — по статическому коэффициенту безопасности скольжения $\sigma_{ст}$ (см. выделенные значения β_0 в табл. 4).

Таблица 4

Постоянные коэффициенты в уравнениях для h_{min} и значения абсцисс β_0

Тип подъемных сосудов	α°	*f*	Подъем с двумя сосудами					
			$\sigma_{ст}=1{,}75$			$\sigma_д=1{,}25$		
			A	*B*	$\beta_0=\frac{A}{B}$	*C*	*D*	$\beta_0'=\frac{C}{D}$
Скип	180	0,2	0,705	0,295	2,38	0,720	0,280	**2,57**
		0,3	0,575	0,425	**1,35**	0,566	0,434	1,30
	200	0,2	0,675	0,325	2,07	0,682	0,318	**2,15**
		0,3	0,540	0,460	**1,17**	0,530	0,470	1,12
	270	0,2	0,575	0,425	**1,35**	0,566	0,434	1,30
		0,3	0,420	0,580	**0,72**	0,400	0,600	0,66
Клеть	180	0,2	0,715	0,285	2,50	0,729	0,271	**2,69**
		0,3	0,590	0,410	**1,44**	0,580	0,420	1,38
	200	0,2	0,687	0,313	2,19	0,700	0,300	**2,33**
		0,3	0,555	0,445	**1,24**	0,543	0,457	1,19
	270	0,2	0,590	0,410	**1,44**	0,580	0,420	1,38
		0,3	0,436	0,564	**0,77**	0,417	0,583	0,72

Продолжение табл. 4

Тип подъемных сосудов	α°	*f*	Подъем с противовесом					
			$\sigma_{ст}=1{,}75$			$\sigma_д=1{,}25$		
			R	*T*	$\beta_0''=\frac{R}{T}$	*M*	*N*	$\beta_0'''=\frac{M}{N}$
Скип	180	0,2	0,557	0,443	1,26	0,585	0,415	**1,41**
		0,3	0,350	0,650	**0,54**	0,343	0,657	0,52
	200	0,2	0,510	0,490	1,03	0,527	0,473	**1,11**
		0,3	0,288	0,712	**0,41**	0,271	0,729	0,37
	270	0,2	0,350	0,650	**0,54**	0,343	0,657	0,52
		0,3	0,092	0,908	**0,10**	0,058	0,942	0,06
Клеть	180	0,2	0,600	0,400	1,50	0,627	0,373	**1,67**
		0,3	0,412	0,588	**0,70**	0,400	0,600	0,67
	200	0,2	0,557	0,443	1,26	0,572	0,428	**1,34**
		0,3	0,355	0,645	**0,55**	0,345	0,655	0,51
	270	0,2	0,412	0,588	**0,70**	0,400	0,600	0,67
		0,3	0,171	0,829	**0,21**	0,142	0,858	0,17

Таблица 5

Постоянные коэффициенты в уравнении (15) и значения абсцисс $\beta_{0\,max}$ для скипов угольной промышленности (при $L_0 = 2750$ м)

Грузоподъемность скипа Q, кг	Канат ГОСТ-7668-5,0		n	Диаметр шкива D_{min} (м) при		E	F	$\beta_{0\,max} = \frac{E}{F}$
	d, мм	p, кг/пог·м		$C_0=80$	$C_0=100$			
3000	25	2,35	2	2,0	2,5	0,758	0,242	3,14
	25	2,35	4	2,0	2,5	0,879	0,121	7,26
	28,5	3,03	2	2,25	2,85	0,820	0,180	4,55
	28,5	3,03	4	2,25	2,85	0,910	0,090	10,10
4000	25	2,35	2	2,0	2,5	0,678	0,322	2,10
	25	2,35	4	2,0	2,5	0,839	0,161	5,20
	28,5	3,03	2	2,25	2,85	0,760	0,240	3,16
	28,5	3,03	4	2,25	2,85	0,880	0,120	7,33
	32	3,92	2	2,55	3,2	0,815	0,185	4,40
	32	3,92	4	2,55	3,2	0,908	0,092	9,90
6000	25	2,35	2	2,0	2,5	0,517	0,483	1,07
	25	2,35	4	2,0	2,5	0,759	0,241	3,15
	28,5	3,03	2	2,25	2,85	0,640	0,360	1,77
	28,5	3,03	4	2,25	2,85	0,820	0,180	4,55
	32	3,92	2	2,55	3,2	0,723	0,277	2,62
	32	3,92	4	2,55	3,2	0,862	0,138	6,25
	39	5,74	2	—	4,0	0,910	0,190	4,26
	39	5,74	4	—	4,0	0,905	0,095	9,50
9000	28,5	3,03	2	2,25	2,85	0,460	0,540	0,85
	28,5	3,03	4	2,25	2,85	0,730	0,270	2,70
	32	3,92	2	2,55	3,20	0,583	0,417	1,40
	32	3,92	4	2,55	3,20	0,792	0,208	3,80
	39	5,74	2	—	4,0	0,615	0,385	1,60
	39	5,74	4	—	4,0	0,808	0,192	4,20
	49,5	9,39	2	—	5,0	0,826	0,174	4,75
	49,5	9,39	4	—	5,0	0,913	0,087	10,50
12000	32	3,92	2	2,55	3,20	0,445	0,555	0,80
	32	3,92	4	2,55	3,20	0,723	0,277	2,62
	39	5,74	2	—	4,0	0,620	0,380	1,63
	39	5,74	4	—	4,0	0,810	0,190	4,25
	49,5	9,39	2	—	5,0	0,768	0,232	3,32
	49,5	9,39	4	—	5,0	0,884	0,116	7,61
	53	10,75	2	—	5,3	0,798	0,202	3,95
	53	10,75	4	—	5,3	0,899	0,101	8,90

Таблица 6

Постоянные коэффициенты в уравнении (15) и значения абсцисс $\beta_{0\,max}$ для неопрокидных клетей угольной промышленности (при $L_0 = 2415$ *м*)

Грузоподъемность вагонетки (по породе) Q, *кг*		Канат ГОСТ 7668-55		n	Диаметр шкива D_{min} (*м*) при		E	F	$\beta_{0\,max} = \frac{E}{F}$
		d, *мм*	p, *кГ/пог·м*		$C_0=80$	$C_0=100$			
1600 (емкость 1 *м*)	Клеть одноэтажная	25	2,35	2	2,0	2,5	0,859	0,141	6,10
		25	2,35	4	2,0	2,5	0,929	0,071	13,10
		28,5	3,03	2	2,25	2,85	0,945	0,055	17,20
		28,5	3,03	4	2,25	2,85	0,973	0,027	36,00
3500 (емкость 2 *м*)		25	2.35	2	2,0	2.5	0,692	0,308	2.25
		25	2,35	4	2,0	2,5	0,846	0,154	5,47
		28,5	3,03	2	2,25	2,85	0,760	0,240	3,16
		28,5	3,03	4	2,25	2,85	0,880	0,120	7,35
		32	3 92	2	2,55	3,20	0,815	0,185	4,40
		32	3,92	4	2,55	3,20	0,908	0,092	9,90
5300 (емкость 3 *м*)		28,5	3,03	2	2,25	2,85	0,638	0,362	1,76
		28,5	3,03	4	2,25	2,85	0,819	0,181	4,52
		32	3,92	2	2,55	3,20	0,720	0,280	2,57
		32	3,92	4	2,55	3,20	0,860	0,140	6,15
		39	5,74	2	—	4,0	0,809	0,191	4,20
		39	5,74	4	—	4,0	0,905	0,095	9,50
2000 (емкость 1 *м*)	Клеть двухэтажная	25	2,35	2	2,0	2,5	0,824	0,176	4,67
		25	2,35	4	2,0	2,5	0,912	0,088	10,40
		28,5	3,03	2	2,25	2,85	0,864	0,136	6,35
		28,5	3,03	4	2,25	2,85	0,932	0,068	13,70
4000 (емкость 2 *м*)		25	2,35	2	2,0	2,5	0,649	0,351	1,84
		25	2,35	4	2,0	2,5	0,825	0,175	4,70
		28,5	3,03	2	2,25	2,85	0,727	0,273	2,66
		28,5	3,03	4	2,25	2,85	0,864	0,136	6,35
		32	3,92	2	2,55	3,20	0,788	0,212	3,72
		32	3,92	4	2,55	3,20	0,894	0,106	8,42
		39	5,74	2	—	4,0	0,856	0,144	5,95
		39	5,74	4	—	4,0	0,928	0,072	12,90
6000 (емкость 3 *м*)		28,5	3,03	2	2,25	2,85	0,590	0,410	1,44
		28,5	3,03	4	2,25	2,85	0,795	0,205	3,87
		32	3,92	2	2,55	3,20	0,682	0,317	2,15
		32	3,92	4	2,55	3,20	0,842	0,158	5,32
		39	5,74	2	—	4,0	0,783	0,217	3,62
		39	5,74	4	—	4,0	0,892	0,108	8,25
		49,5	9,39	2	—	5,0	0,868	0,132	6,58
		49,5	9,39	4	—	5,0	0,934	0,066	14,10
		53	10,75	2	—	5,3	0,885	0,115	7,70
		53	10,75	4	—	5,3	0,943	0,057	16,50

При определении некоторых значений $h_{max} = \varphi(\beta)$ (табл. 5 и 6) нами принималось четное число канатов n, равное 2 или 4, предусмотренное для многоканатных подъемных машин. Так как для диаметров шкива $D_{шк} > 2250$ *мм*, как правило, требуется отклоняющий шкив, подъемные машины с диаметрами шкивов 4 и 5,3 *м* рассчитывались только при $C_0 = 100$ (C_0 — отношение диаметра приводного шкива $D_{шк}$ к диаметру каната d). По подъемным же канатам в таблицах приняты значения L_0 для канатов по ГОСТ 7668-55 при $\sigma_в = 180$ *кГ/мм*^{2}. На рис. 2, *а*, *б*

представлены номограммы для определения нижней границы (h_{min}) применения шкивов трения при различных системах подъема с равновесными хвостовыми канатами (клетевых, скиповых, с двумя сосудами или с противовесом), построенные по данным табл. 4. Поскольку верх-

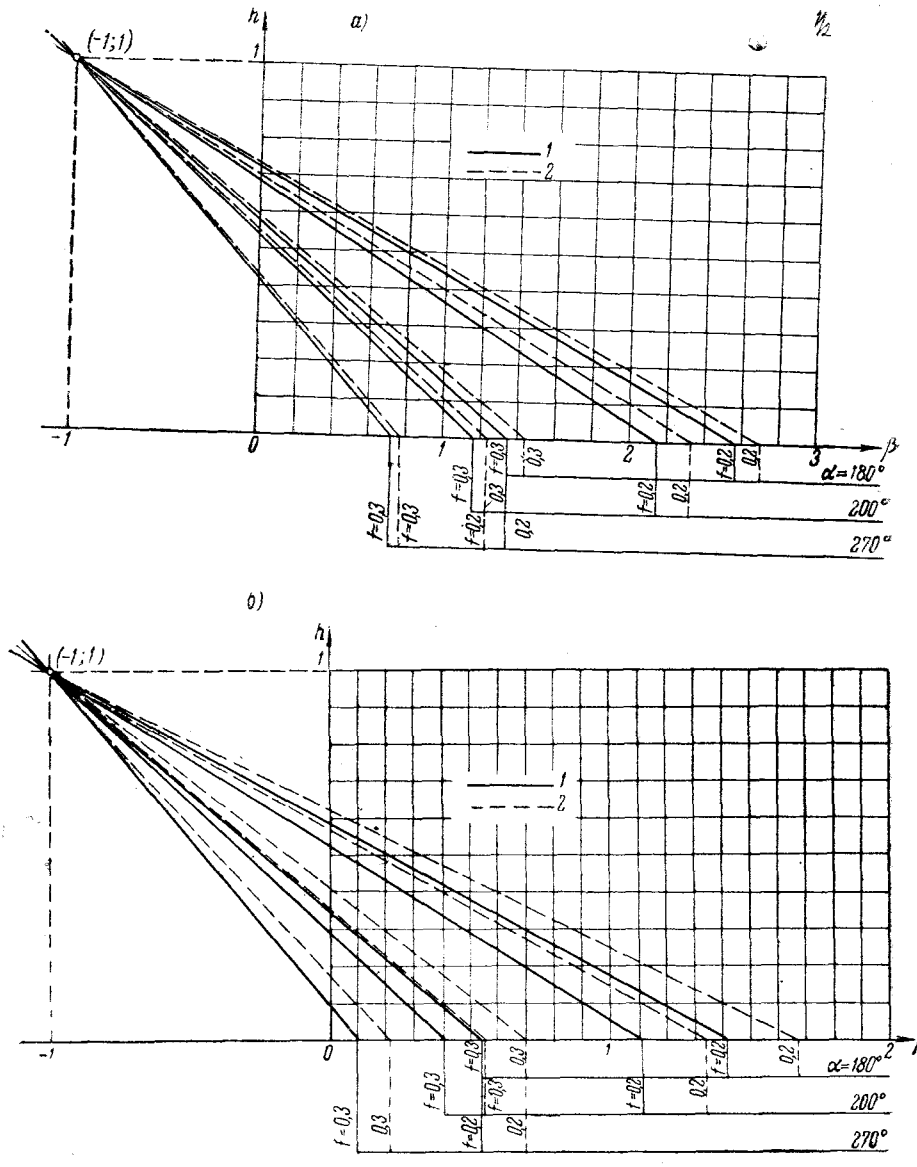


Рис. 2. Номограммы для определения нижней границы применения шкивов трения (h_{min}):

а — подъем с двумя сосудами; *б* — подъем с противовесом; *1* — скипы; *2* — клети

няя граница (h_{max}) зависит от большего числа параметров подъемной установки, здесь не приводятся соответствующие этой границе графики. Они могут быть легко построены в каждом конкретном случае по данным табл. 5 и 6.

Для иллюстрации графоаналитического метода расчета многоканатных шкивов трения приводятся числовые примеры.

Пример 1. Определить область применения по допустимой высоте подъема четырехканатного шкива трения, $D_{шк} = 4$ *м*, подъем двухскиповой со скипом грузоподъемностью 12 *т* ($\beta_{стд} = 0{,}66$) мертвый вес скипа $Q' = 8$ *т* (для четырех канатов), коэффициент трения футеровки $f = 0{,}3$, угол обхвата $\alpha = 200°$; канат по ГОСТ 7668-55 при $\sigma_в = 180$ *кГ/мм²*.

Решение. 1. Из табл. 4 находим $\beta_0 = 1{,}17$ (по $\sigma_{ст}$). 2. Из табл. 5 находим $\beta_{0\,max} = 4{,}25$. 3. В координатных осях β, h (рис. 3) отмечаем три точки с координатами *a* (—1; 1); *b* (1,17; 0) и *c* (4,25; 0). 4. Через первую пару точек *a* и *b* проводим граничную линию h_{min} через вторую пару точек *a* и *c* — граничную линию h_{max}. 5. Наносим вертикальную линию $\beta_{стд} = 0{,}66$ и находим точки пересечения *u* и *t*. Ординаты

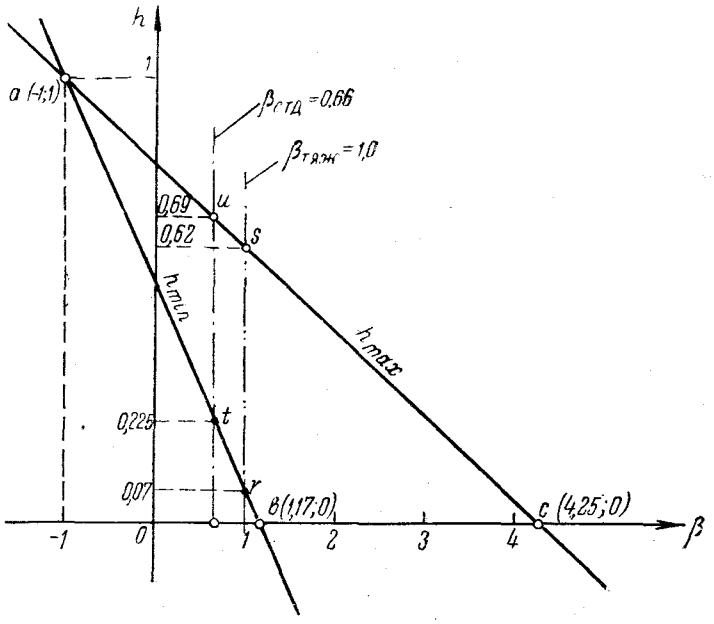


Рис. 3. Границы применения скипа грузоподъемностью 12 *т*:
$\beta_{стд}$ — стандартного; $\beta_{тяж}$ — утяжеленного ($\Delta Q' = 4$ *т*)

этих точек $h_{min} = 0{,}225$ и $h_{max} = 0{,}69$. 6. Для принятого каната $L_0 = 2750$ *м* (табл. 1). Находим действительную высоту подъема

$$H_{min} = h_{min} L_0 = 0{,}225 \cdot 2750 = 620 \text{ м},$$

$$H_{max} = h_{max} L_0 = 0{,}69 \cdot 2750 = 1900 \text{ м}.$$

Пример 2. Для тех же условий, что и в примере 1, определить искусственное утяжеление скипа, необходимое при высоте подъема $H = 190$ *м*.

Решение. 1. Определяем

$$h_{min} = \frac{H}{L_0} = \frac{190}{2750} = 0{,}07.$$

2. На линии h_{min} (рис. 3) находим точку *r* с ординатой 0,07. 3. Через точку *r* проводим вертикальную линию $\beta_{тяж}$. 4. Так как точка *r* имеет абсциссу $\beta = 1$, то мертвый вес скипа (утяжеленного)

$$Q'_{тяж} = \beta Q = 1{,}0 \cdot 12 = 12 \text{ т}.$$

Искусственное утяжеление скипа

$$\Delta Q' = Q'_{тяж} - Q' = 12 - 8 = 4 \text{ т}.$$

5. В связи с утяжелением скипа снизится максимальная относительная высота подъема до $h_{max} = 0{,}62$ (точка *s*), что соответствует действительной высоте подъема

$$H_{max} = h_{max} L_0 = 0{,}62 \cdot 2750 = 1700 \text{ м}.$$

Выводы

1. Введением безразмерных коэффициентов (β — коэффициента мертвого веса сосуда $\frac{Q'}{Q}$ и h — относительной высоты подъема $\frac{H}{L_0}$) удается обобщить решение вопроса о нахождении области применения многоканатных шкивов трения по диапазону допускаемых глубин подъема.

2. Уравнения граничных линий однородны и графически представляются пучком прямых, проходящих через общую точку с координатами $\beta = -1$ и $h = 1$ для всех схем обводки канатом ведущего шкива трения, независимо от системы и назначения подъемной установки.

3. Определение диапазона глубин, обслуживаемого данной схемой установки, сводится к определению точек пересечения вертикальной линии, характеризующей мертвый вес сосуда $\beta_{стд}$ или $\beta_{тяж}$, с граничными линиями, построенными по уравнениям (6), (9), (11), (13) и (15). Выбор соответствующего уравнения определяется схемой установки и системой подъема.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Белый В. Д., Овсиенко П. И. К вопросу об установлении норм безопасности для многоканатных подъемных установок. Бюлл. МакНИИ, 1957, № 4.

2. Рабинович И. А. Область применения и необходимые типоразмеры подъемных машин с многоканатными барабанами трения. Уголь, 1957, № 8.