

УДК 622.673

ШАХТНЫЕ ПОДЪЕМНЫЕ УСТАНОВКИ С УРАВНИТЕЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ШАХТ ПО «ВОРКУТАУГОЛЬ»

В.А.КАБАНОВ

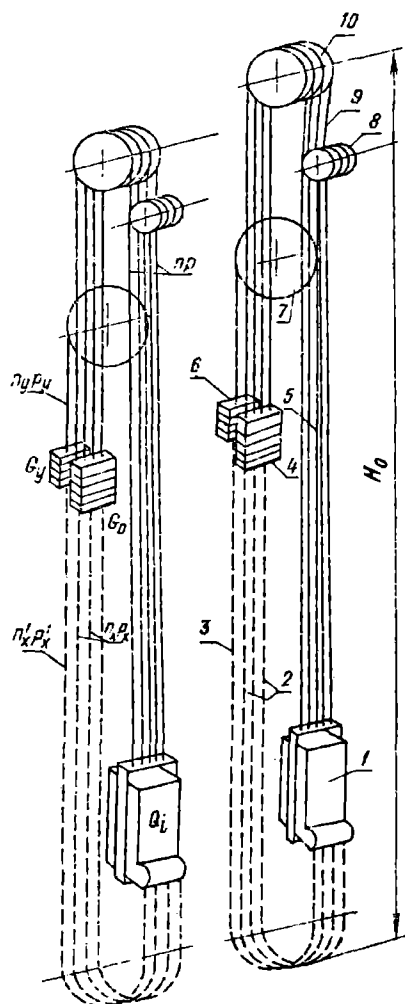
Проблема повышения эффективности шахтного подъема за счет увеличения грузоподъемности сосуда при исчерпании нагрузочных параметров подъемной машины как для новых объектов, так и для реконструируемых шахт и рудников, подъема крупногабаритных транспортных средств большой грузоподъемности (карьерных думпкаров, автосамосвалов, железнодорожных вагонов и т.п.) может быть решена применением уравнильных устройств, воспринимающих определенную долю натяжения канатов от концевого груза [2].

В данной работе представлена система фрикционного многоканатного подъема с уравнильными устройствами применительно к реконструируемым угольным шахтам ПО «Воркутауголь». В главном стволе размещены два угольных односкиповых с противовесами подъема и один породный скип с противовесом. По проекту реконструкции последний демонтируется. Ствол пройден у одной из шахт до нижнего горизонта на глубину 882 м.

Предлагаемая принципиальная схема (см. рисунок) отражает сочетание существующих многоканатных подъемных машин с уравнильными устройствами, воспринимающих определенную долю концевой нагрузки из-за увеличения грузоподъемности угольных скипов для обеспечения проектной производительности по горной массе с нижнего горизонта. На схеме обозначено: 1 – угольный скип с донной разгрузкой; 2 и 3 – хвостовые канаты; 4 – основной противовес; 5 – уравнильный канат, переброшенный через свободно вращающийся уравнильный шкив 7; к одному концу каната 5 подвешен уравнильный противовес 6, а другой конец закреплен на скипе. Система уравновешена хвостовыми канатами 2 и 3. Подъемная машина 10 укомплектована отклоняющими шкивами 8 и подъемными канатами 9.

В связи с введением уравнильных устройств снижается фактор безопасности против скольжения канатов относительно канатопроводящего шкива. Поддержание его на достаточно высоком уровне (не ниже 1,25) возможно за счет некоторых мероприятий в определенных режимах движения применения блокировочных устройств, не разрешающих выполнение аномальных операций, например, спуск груженого сосуда со скоростью более 1 м/с [4]; пользование противовесов с переменной массой [5].

Ниже приведены обобщенные формулы для определения коэффициентов безопасности скольжения σ' , справедливые для подъема и спуска скипа при любой степени его загрузки Q_1 , а также при различной массе противовеса



Принципиальная схема многоканатной подъемной машины

го G_0 , состоящего из нижней G_H и съемной G_C частей в периоды движения с ускорением или замедлением a , если число и линейная масса n , n_y и p , p_y соответственно головных и уравнительных канатов при полной длине отвеса канатов H_0 .

При подъеме скипа

$$S_{CB} = (g \mp a)(G_0 + n p H_0), \quad (1)$$

где "+" - при замедлении; "-" - при ускорении;

$$S_{HB} = (g \pm a)(Q_i + n p H_0) - (g + a)G_y - A, \quad (2)$$

"+" - при ускорении, $A = 0$; "-" - при замедлении, $A = 2 n_y p_y H_0 a$.

При спуске скипа

$$S_{CB} = (g \mp a)(Q_i + n p H_0) - (g + a)G_y - A, \quad (3)$$

где "-" - при ускорении, $A = 2 n_y p_y H_0 a$; "+" - при замедлении, $A = 0$;

$$S_{HB} = (g \pm a)(G_0 + n p H_0), \quad (4)$$

"+" - при ускорении; "-" - при замедлении.

Значения σ в режимах аварийного торможения при $a = a_{a.з} = 1,2 \text{ м/с}^2$ [4] и при рабочем ускорении или замедлении $a = 0,75 \text{ м/с}^2$ определены в соответствии с методикой [3]:

$$\text{если } S_{CB} > S_{HB}, \text{ то } \sigma_C = S_{CB} (1 - e^{-f\alpha}) (S_{CB} - S_{HB})^{-1} \geq 1,25; \quad (5)$$

$$\text{если } S_{HB} > S_{CB}, \text{ то } \sigma_H = S_{CB} (e^{f\alpha} - 1) (S_{HB} - S_{CB})^{-1} \geq 1,25. \quad (6)$$

Приняты следующие численные значения величин, характеризующих одну из подъемных установок шахты ПО «Воркутауголь»: масса полезного груза в скипе $Q = 35000 \text{ кг}$ (вместо 28000 кг существующего скипа); масса скипа $Q' = 30000 \text{ кг}$; масса съемной части основного противовеса $G_C = 10000 \text{ кг}$; масса нижней части основного противовеса $G_H = 23250 \text{ кг}$; масса отвеса всех головных канатов $n p H_0 = 4 \cdot 6,75 \cdot 937 = 25300 \text{ кг}$; линейная масса урав-

нительного каната $\pi_y \rho_y = 1,6,75$ кг/м; длина отвеса канатов $H_0 = 937$ м; коэффициент трения канатов по футеровке канатоведущего шкива $f = 0,25$; угол обхвата канатоведущего шкива $\alpha = 1,06$ рад. Уравновешивающие (хвостовые) канаты приняты равновесными с головными: $\pi p = \pi_x p_x$, $\pi_y p_y = \pi'_x p'_x$; масса уравнительного противовеса $G_y = 14250$ кг.

Результаты расчетов по формулам (I)-(6) приведены в таблице.

Коэффициенты безопасности скольжения при разных ускорениях

Режим и период движения	Противовес $G_0 = 33,25$ т		Противовес $G_H = 23,25$ т	
	0,75 м/с ²	1,2 м/с ²	0,75 м/с ²	1,2 м/с ²
Рабочий				
Подъем груженого скипа				
ускорение	2,51		1,56	
замедление	18,7	9,23	4,56	9,74
Спуск порожнего скипа				
ускорение	1,59		2,56	
замедление	5,77	11,2	87,4	7,48
Аномальный				
Подъем порожнего скипа				
ускорение	3,08		41,3	
замедление	1,28	1,06*	1,7	1,3
Спуск груженого скипа				
ускорение	9,32		2,55	
замедление	1,66	1,42	1,25	1,12**

При анализе формул (I)-(6) и данных таблицы выявляется следующее: 1) наличие в выражениях (2) и (3) членов $(g + a) G_y$ и $2\pi_y p_y H_0$ отражает особенности системы с уравнительными устройствами и влечет за собой уменьшение коэффициента безопасности по скольжению по сравнению с обычной системой; 2) во всех режимах, кроме аномальных, коэффициент $\sigma > 1,25$; 3) для сохранения достаточно высокого значения коэффициента σ в аномальном режиме при подъеме порожнего скипа (в *таблице отмечено звездочкой) следует использовать блокировочное устройство или применить съем верхней части основного противовеса; 4) в аномальном режиме спуска груженого скипа (отмечено двумя звездочками) должна быть предварительно восстановлена полная масса основного противовеса.

Продолжительность движения определяем по методике [1]:

$$T = av + (H - b) v^{-1} + c, \quad (7)$$

где $a = 0,5(a_y^{-1} + a_x^{-1})$; $b = h_1 + h_2 - 0,5(v_1^2 a_y^{-1} + v_2^2 a_x^{-1})$;

$c = h_1 v_1^{-1} + h_2 v_2^{-1} + v_1(0,5 a_1^{-1} - a_y^{-1}) + v_2(0,5 a_2^{-1} - a_x^{-1})$;

a_y, a_x - ускорение и замедление вне разгрузочных кривых, a_y^{-1}

$= 0,75 \text{ м/с}^2$; $a_x = 0,75 \text{ м/с}^2$; v_1 - скорость выхода из разгрузочных кривых, $v_1 = 1,2 \text{ м/с}$; v_2 - скорость входа, $v_2 = 0,5 \text{ м/с}$; H - высота подъема, $H = 882 \text{ м}$; h_1 - длина разгрузочной кривой, $h_1 = 3 \text{ м}$; h_2 - путь в кривых, $h_2 = 3,5 \text{ м}$; v - максимальная скорость подъема, $v = 11,5 \text{ м/с}$.

После вычисления по формуле (7) продолжительность рабочего или холостого хода составила $T = T_{\text{рх}} = T_{\text{хх}} = 102 \text{ с}$. Полный цикл подъема с учетом паузы на загрузку или разгрузку $t_{\text{п}} = 35 \text{ с}$ при системе скип с противовесом равен $T_{\text{ц}} = 2(T + t_{\text{п}}) = 2(102 + 35) = 274 \text{ с}$.

Эффективное усилие [1]

$$F_{\text{эф}} = 0,5 Q n g \left[\xi (\beta_1 + \beta_2 t_{\text{п}} T^{-1})^{-1} \right]^{0,5}, \quad (8)$$

где

$$\xi = k_c^2 + k_m^2 v (a_y + a_x) g^{-2} T^{-1}; \quad (9)$$

для двигателей постоянного тока $\beta_1 = 1$, $\beta_2 = 1$; в формуле (9) k_c - коэффициент сопротивлений движению; $k_c = 1,015$; k_m - коэффициент массивности, $k_m = 2 P_{\text{пр}} Q^{-1} n^{-1}$; $P_{\text{пр}}$ - приведенная масса, на основе детальных расчетов определялась $P_{\text{пр}} = 198 \text{ т}$; n - число скипов, $n = 1$.

Эффективное усилие по формуле (8)

$$F_{\text{эф}} = 0,5 \cdot 35 \cdot 1 \cdot 9,81 \left[1,25(1 + 1 \cdot 35 \cdot 102^{-1})^{-1} \right]^{0,5} = 165,6 \text{ кН}.$$

Эффективная мощность

$$N_{\text{эф}} = F_{\text{эф}} v \eta_{\text{м}}^{-1},$$

где рекомендуется принимать $\eta_{\text{м}} = 0,85$ [1], тогда

$$N_{\text{эф}} = 165,6 \cdot 11,5 \cdot 0,85^{-1} = 2240 \text{ кВт}.$$

Двигатель существующей подъемной установки типа П2-630-215-8КУ4 мощностью 2500 кВт с частотой вращения 71 мин⁻¹ следует заменить на двигатель П2-630-216-8КУ4 той же мощности, но с частотой вращения 56 мин⁻¹. Габариты принятого двигателя отличаются только по длине на 320 мм, что не является препятствием для его размещения в машинном помещении.

При наличии двух угольных подъемных установок в стволе при демонтаже породного подъема увеличивается нормативное время работы подъема до 18 ч в сутки. С увеличением грузоподъемности скипов до 35 т (вместо 28 т) при коэффициенте неравномерности $k_{\text{н}} = 1,5$ с уравнительными устройствами, обеспечивающими использование установленных подъемных машин МК 4 х 4 для работы с нижележащего горизонта, будет обеспечена годовая производительность по горной массе

$$A_{\text{г}} = \eta_{\text{уст}} \cdot 3600 Q N_{\text{год}} t_{\text{сут}} T_{\text{ц}}^{-1} k_{\text{н}}^{-1} = 2 \cdot 3600 \cdot 35 \cdot 300 \cdot 18 \cdot 274^{-1} \cdot 1,5^{-1} = 3,311 \text{ млн. т},$$

что составит резерв

$$(A_{\Gamma} - A_{\text{пр}}) A_{\text{пр}}^{-1} \cdot 100 \% = (3,311 - 3,14) 3,14^{-1} \cdot 100 \% = 5,4$$

где $A_{\text{пр}}$ — проектная производительность шахты, $A_{\text{пр}} = 3,14$ млн. т.

С учетом утвержденного Минуглепромом коэффициента неравномерности $k'_H = 1,3$ для принятого варианта подъема с нижележащего горизонта при сохранении скипов грузоподъемностью 28 т годовая производительность предлагаемого устройства составит

$$A'_{\Gamma} = 2 \cdot 3600 \cdot 35 \cdot 300 \cdot 18 \cdot 274^{-1} \cdot 1,3^{-1} = 3,820 \text{ млн. т.}$$

что в денежном выражении, при стоимости угля $q = 18$ руб./т, составит

$$(A_{\Gamma} - A_{\text{пр}}) q = (3,82 - 3,14) \cdot 18 = 12,24 \text{ млн. руб./год.}$$

Выводы

1. Существующие подъемные установки главного ствола обеспечат годовую производительность при работе с нижнего горизонта при условии применения уравнительных систем, воспринимающих дополнительные нагрузки при увеличении полезной массы в скипах от 28 до 35 т.

2. Для исключения наиболее опасного по скольжению канатов режима аварийного торможения при подъеме порожнего скипа (аномальный режим) рекомендуется применять блокировочную аппаратуру и составной противовес с устройством для съема верхней части основного противовеса.

3. Дооборудование существующих подъемных установок уравнительными устройствами позволит получить значительный экономический эффект, превышающий 10 млн. руб./год для одной из шахт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дворников В.И. Эффективная мощность привода шахтных подъемных установок // Известия вузов. Горный журнал. 1984. № 3.
2. Кабанов В.А. Безопасность скольжения в многоканатных подъемниках с противовесами и уравнительными устройствами // Известия вузов. Горный журнал. 1985. 6.
3. Кабанов В.А., Северян Л.П. О мере безопасности скольжения канатов в шахтном подъеме со шкивами трения // Известия вузов. Горный журнал. 1974. 2.
4. Руководство по ревизии, наладке и испытаниям шахтных подъемных установок. Недра, 1982.
5. А.с. 1207879 (СССР). Подъемная установка / В.А.Кабанов, С.С.Наумов. Бюл. изобр. 1986, № 4.