

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЖИМА СВОБОДНОГО ВЫБЕГА ДЛЯ  
АВТОМАТИЗАЦИИ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

В. Д. ПЕТУНОВ

(Представлено научным семинаром кафедры горной механики)

Для подъемных установок шахт, имеющих небольшую глубину и значительную грузоподъемность (Кузбасс, Караганда), при выполнении цикла подъема не требуется тормозных усилий. Период основного замедления этих установок эффективно производится в режиме свободного выбега движущихся элементов подъемной установки. Получаемые при свободном выбеге замедления составляют  $0,6-1,2 м/сек^2$  и не снижают производительности шахтного подъема. Использование режима свободного выбега позволяет отказаться от применения динамического торможения в схемах автоматизации шахтных подъемов. За счет этого схема автоматизации значительно упрощается, а сроки и средства на монтаж автоматизированных подъемных установок сокращаются. Однако большинство предложенных схем автоматизации подъемных установок ориентируется на использование динамического торможения [1, 2].

Схема автоматизации подъемной установки должна разрабатываться применительно к конкретным условиям шахты или ряда шахт. От использования универсальных схем, в основу которых положено динамическое торможение, для многих шахт Кузбасса и Караганды следует отказаться.

Натяжение грузовой ветви каната при свободном выбеге для неуравновешенной системы подъема с двумя цилиндрическими барабанами

$$F_{гр} = \kappa(Q + Q_m) + p(H_0 - x), \quad (1)$$

где  $\kappa$  — коэффициент шахтных сопротивлений;

$Q$  — вес полезного груза, кг;

$Q_m$  — мертвый вес подъемного сосуда, кг;

$p$  — вес погонного метра каната, кг/м;

$H_0$  — полный путь свободного выбега, м;

$x$  — путь, проходимый сосудом при свободном выбеге, м.

Натяжение порожней ветви каната

$$F_{пор} = \kappa Q_m + p[H - (H_0 - x)], \quad (2)$$

где  $H$  — полная высота подъема, м.

Статическое усилие на валу барабана

$$F_{\text{ст}} = \kappa Q - pH + 2p(H_0 - x). \quad (3)$$

Дифференциальное уравнение движения подъемной машины при свободном выбеге

$$\frac{d^2x}{dt^2} - \frac{2v}{m}x + \frac{\kappa Q - pH + 2pH_0}{m} = 0, \quad (4)$$

где  $m$  — приведенная масса,  $\text{кг сек}^2 \text{ м}^{-1}$ .

Имея в виду, что  $\frac{2p}{m} < 0,01 - 0,002$ , вторым членом уравнения

(4) можно пренебречь. Тогда замедление свободного выбега при заданной нагрузке будет постоянной величиной

$$j = \frac{\kappa Q - pH + 2pH_0}{m}. \quad (5)$$

За время свободного выбега  $t_{\text{в}}$  скорость снижается от максимальной величины  $v_{\text{м}}$  до скорости дотягивания  $v_{\text{д}}$ , а поэтому

$$t_{\text{в}} = \frac{v_{\text{м}} - v_{\text{д}}}{j},$$

$$H_0 = \frac{v_{\text{м}} + v_{\text{д}}}{2} \cdot t_{\text{в}} \quad (6)$$

или

$$H_0 = \frac{v_{\text{м}}^2 - v_{\text{д}}^2}{2j}. \quad (7)$$

В формуле (7) можно пренебречь квадратом скорости дотягивания, так как  $v_{\text{м}}^2 \gg v_{\text{д}}^2$  и  $v_{\text{д}} < 1,0$ . Тогда

$$H_0 = \frac{v_{\text{м}}^2}{2j}. \quad (8)$$

Решая совместно уравнения (5), (6) и (8), получим величины замедления, времени и пути при свободном выбеге подъемной машины в зависимости от веса полезного груза:

$$j = A + \sqrt{A^2 - B},$$

$$t_{\text{в}} = \frac{v_{\text{м}} - v_{\text{д}}}{A + \sqrt{A^2 - B}},$$

$$H_0 = \frac{v_{\text{м}}^2}{2(A + \sqrt{A^2 - B})}, \quad (9)$$

где

$$A = \frac{\kappa Q - pH}{2m}; \quad B = \frac{pv_{\text{м}}^2}{m}.$$

Рассмотрим использование свободного выбега на примере скипового подъема шахты № 8 комбината „Кузбассуголь“. Характеристика подъемной установки: подъемная машина НКМЗ  $2 \times 4 \times 1,7$ ; полная высота подъема  $H = 147$  м; емкость скипа по углю  $Q = 6000$  кг; вес погонного метра каната  $p = 5,2$  кг/м; приведенная масса  $m = 6600$  кг сек<sup>2</sup>/м; максимальная скорость  $v_m = 5,35$  м/сек; скорость дотягивания  $v_d = 0,6$  м/сек.

Расчетные значения, замедлений, времени и пути свободного выбега при изменении нагрузки от 50 до 130 % номинальной величины сведены в табл. 1. Увеличение времени цикла подъема при снижении нагрузки на 30% от номинальной величины практически не снижает производительности подъемной установки.

Таблица 1

Расчетные значения замедления, времени и пути свободного выбега для скипового подъема шахты № 8

Вес полезного груза,		Коэффициент, А	Замедление, м <sup>2</sup> /сек	Время свободного выбега, сек	Путь свободного выбега, м	Увеличение времени цикла, сек
кг	%					
7800	130	0,620	1,22	3,89	11,6	-1,39
7200	120	0,570	1,12	4,24	12,6	-1,04
6600	110	0,518	1,01	4,70	14,0	-0,58
6000	100	0,464	0,90	5,28	15,7	0
5400	90	0,411	0,795	5,97	17,8	0,69
4800	80	0,360	0,687	6,91	20,6	1,63
4200	70	0,308	0,576	8,24	24,6	2,96
3600	60	0,256	0,463	10,27	30,6	4,99
3000	50	0,204	0,342	13,90	41,4	8,62

Импульс для начала периода основного замедления при использовании свободного выбега можно осуществить различными способами. Наиболее простым является способ отключения подъемного двигателя вне зависимости от веса поднимаемого груза. Концевые выключатели в этом случае подают импульс на отключение двигателя каждый раз в одной и той же точке пути. Как показывают расчеты, проведенные для условий скипового подъема шахты № 8, использование свободного выбега при этом способе отключения двигателя и концевой нагрузке 80% дает скорость входа скипа в разгрузочные кривые примерно 1,7 м/сек, т. е. значительно выше допустимой. Поэтому такая схема может быть принята только при нагрузке не менее 90 % от нормальной. Перегрузку скипов можно допустить до 130%, при этом период дотягивания удлинится только на 7—10 сек. Можно считать приемлемым применение указанного способа при отклонении нагрузки в пределах  $\pm 10 - 20$  % и отрегулировать концевые выключатели для отключения двигателя при 110 % номинальной нагрузки. Для большей гарантии следует принять путь дотягивания больше длины разгрузочных кривых. Такой способ автоматизации периода основного замедления не требует значительных капитальных затрат, а поэтому его можно опробовать на промышленной установке. Указанный способ имеет, однако, следующие основные недостатки: 1) необходимо иметь защиту, исключающую автоматическую работу подъем-

ной установки при нагрузках меньше допустимых; 2) при нагрузках больше расчетной снижается производительность и к. п. д. подъемной установки за счет увеличения времени дотягивания.

Инж. Б. В. Шушпанниковым в 1958 г. на скиповом подъеме шахты №13 треста „Киселевскуголь“ комбината „Кузбассуголь“ была внедрена схема автоматизации периода основного замедления машины с регулированием отключения подъемного двигателя в зависимости от величины поднимаемого груза, при помощи электронного реле времени. Аналогичная схема автоматизации разработана проектно-конструкторским институтом „Гипроуглеавтоматизация“ для скипового подъема шахты „Полысаевская 3“ треста „Ленинуголь“ комбината „Кузбассуголь“. Некоторые теоретические и экспериментальные исследования по автоматизации скиповых подъемных установок с использованием свободного выбега проведены в Сибирском металлургическом институте доц. А. Л. Виноградовым [3].

Использование регулируемого свободного выбега позволит автоматизировать работу скипового подъема шахты № 8 при колебаниях нагрузки от 50 до 130 % номинальной величины. Зависимость выдержки реле времени запаздывания свободного выбега от конечной нагрузки представлена на рис. 1. При нагрузках менее 30—50 % и особенно перегоне порожних скипов нельзя гарантировать безаварийную работу схемы, так как кинетическая энергия, запасенная подъемной

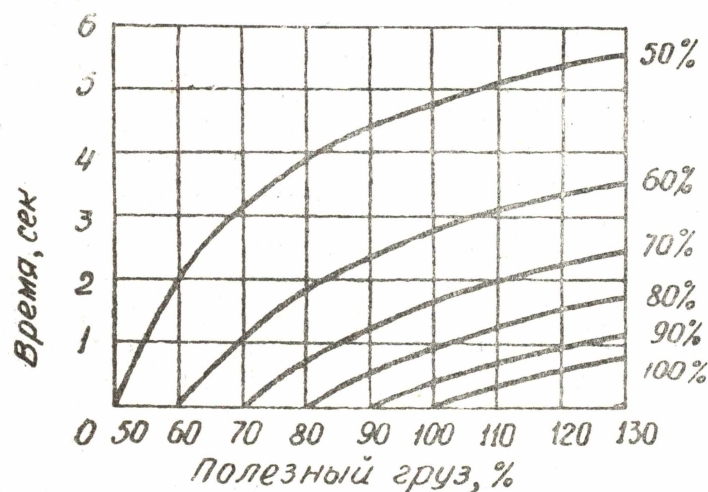


Рис. 1. Выдержка реле времени в зависимости от полезного груза.

машиной при пуске, является достаточной для прохождения сосудом пути, большего половины полной высоты подъема. После встречи сосудов получаемое системой ускорение будет больше нуля, и остановить подъемную машину без использования тормозных средств не представится возможным. Поэтому так же, как и при первом способе, необходимо предусматривать защиту, исключающую автоматический цикл при нагрузке менее 50 %.

Ниже, в порядке обсуждения, предлагается принцип автоматизации скиповых подъемных установок с использованием свободного выбега. Для управления подъемным двигателем предполагается использовать жидкостный реостат, подвижные электроды которого приводятся в движение двухскоростным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором. Двухскоростной двигатель и электроды реостата соединены между собой механической передачей, причем меньшая

скорость двигателя соответствует движению сосуда в разгрузочных кривых и большая—движению вне кривых. В этом случае во время пуска подъемной машины независимо от концевой нагрузки получают практически постоянные ускорения. Для предотвращения перегрузки двигателя время пуска необходимо выбирать по максимальной нагрузке с учетом перегрузочной способности и нагрева двигателя. Использование жидкостного реостата позволяет осуществить периоды пуска и дотягивания без рывков скорости и ускорения. Опыт эксплуатации жидкостных реостатов на шахтах трестов „Ленинуголь“ и „Анжероуголь“ в Кузбассе подтверждает многие положительные качества последних. Однако для целей автоматического управления надо добиться постоянного температурного режима и состава электролита. После достижения скорости, составляющей примерно 95 % от максимальной, контактор замыкает роторную цепь и двигатель работает на естественной характеристике. Подвижные электроды возвращаются в исходное положение. Равномерный ход происходит при работе двигателя на жесткой естественной характеристике и не требует регулирования скорости.

Импульс для начала основного замедления при использовании свободного выбега подается концевым выключателем на реле времени, которое отключает двигатель от сети. Дотягивание осуществляется импульсным методом при скорости 0,3—0,6 м/сек. При скорости ниже 0,3 м/сек реле напряжения в цепи тахогенератора включает приводной двигатель и сопротивление ротора выводится двухскоростным двигателем при его работе с меньшей скоростью. При скорости более 0,6 м/сек второе реле напряжения вводит сопротивление реостата и, если скорость не снижается, отключает двигатель от сети.

Стопорение машины при достижении сосудом нормального положения разгрузки производится механическим тормозом, который включается концевыми выключателями.

Для предотвращения автоматического цикла при малых нагрузках следует предусмотреть соответствующую защиту или использовать торможение приводного двигателя в режиме противовключения [4, 5]. Рассмотренные принципы автоматизации скиповых подъемных установок могут быть использованы и при двигательном замедлении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А. А. Автоматизация шахтных подъемных машин с асинхронным приводом. Углетехиздат, 1957.
2. Катл, Меткаф. Автоматический шахтный подъем. Перевод с английского Углетехиздат, 1957.
3. Виноградов А. Л. Автоматизация шахтной скиповой подъемной установки с приводом от асинхронного двигателя. Кемеровское книжное издательство, 1957.
4. Троп А. Е. Получение жестких характеристик в режиме противовключения асинхронного подъемного двигателя. Известия МВО СССР, Горный журнал, № 4, 1958.
5. Троп А. Е. Торможение подъемных машин по методу противовключения асинхронного подъемного двигателя. Известия МВО СССР, Горный журнал, № 6, 1958.