

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО НАЛАДКЕ ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ

О. Н. Чашников

Одной из важнейших задач проверки и наладки тормозного устройства шахтной подъемной машины является определение замедлений при аварийном торможении.

Согласно правилам безопасности [1, § 858], [2, § 439], при спуске груженого сосуда, в случае аварийной остановки, замедление должно быть не менее $1,5 \text{ м/сек}^2$ и при подъеме — не более 5 м/сек^2 .

Рассмотрим метод расчета давления в тормозном цилиндре при аварийном торможении.

Необходимый тормозной момент при спуске груза

$$M_{\tau} \geq j_c m R + M_{\text{ст}}, \quad (1)$$

где j_c — тормозное замедление при спуске груза;

m — приведенная масса подвижных частей подъемной установки;

R — радиус барабана;

$M_{\text{ст}}$ — момент статического сопротивления шахтного подъема.

Необходимый тормозной момент при подъеме груза

$$M_{\tau} \leq j_n m R - M_{\text{ст}}, \quad (2)$$

где j_n — тормозное замедление при подъеме груза.

Уравнениями (1) и (2) определяются необходимые тормозные моменты откуда, в свою очередь, вычисляется давление в тормозном цилиндре.

Рассмотрим числовые примеры, данные которых заимствованы на одном из калийных рудников.

Пример 1* $M_{\tau} \geq 1,5 \cdot 4560 \cdot 2 + 9108 = 22788 \text{ кгм},$

$$M_{\tau} \leq 4 \cdot 4560 \cdot 2 - 10388 = 26092 \text{ кгм}.$$

Пример 2 $M_{\tau} \geq 1,5 \cdot 5000 \cdot 2 + 9468 = 24468 \text{ кгм},$

$$M_{\tau} \leq 4 \cdot 5000 \cdot 2 - 10828 = 29172 \text{ кгм}.$$

Пример 3 $M_{\tau} \geq 1,5 \cdot 6200 \cdot 2,35 + 21855 = 41700 \text{ кгм},$

$$M_{\tau} \leq 4 \cdot 6200 \cdot 2,35 - 23141 = 35149 \text{ кгм}.$$

* Наладка подъемных машин во всех трех случаях производилась в 1953 г., согласно требованиям действовавших в то время правил безопасности.

Как видно из примеров 1 и 2, можно выбрать такую постоянную величину тормозного момента, которая удовлетворит нижнему и верхнему пределам замедлений. Подъемная машина, указанная в примере 3, не имеет постоянного тормозного момента, обеспечивающего оба предела замедления, т. е. требования правил безопасности в этом случае не удовлетворяются.

Необходимо отметить, что опробование тормозной системы производится обычно при встрече сосудов, т. е. расчет тормозного усилия и расчетные ускорения будут соответствовать экспериментально определенным только в случае уравновешенной системы подъема. В неуравновешенных же системах эти ускорения изменяются линейно в функции пути, проходимого сосуда. Это иногда приводит к ошибкам, которые неблагоприятно отражаются на безопасной работе подъемной установки.

I

Рассмотрим уравновешенную систему подъема

$$M_{T_3} \geq j_c m R + k_c Q R;$$

$$M_{T_4} \leq j_n m R - k_n Q R.$$

Так как тормозной момент при предохранительном торможении и при спуске и подъеме груза одинаковы, то оба уравнения можно приравнять

$$j_c m R + k_c Q R = j_n m R - k_n Q R.$$

Из последнего уравнения определим разность между замедлениями при подъеме и спуске груженого сосуда

$$j_n - j_c = \frac{2Q^*}{m}. \quad (3)$$

Следовательно, разность между замедлениями при торможении поднимаемого и опускаемого груза зависит от соотношения грузоподъемности сосуда и массы подвижных частей подъемной установки.

Аналогично для неуравновешенной системы

$$j_n - j_c = \frac{2(Q + pH)}{m} \quad (4)$$

Правилами технической эксплуатации разность между замедлениями допускается $3,5 \text{ м/сек}^2$, т. е. соотношение между грузоподъемностью сосуда Q и приведенной массой подвижных частей подъемной установки должно быть для уравновешенной системы подъема

$$\frac{2Q}{m} \leq 3,5 \quad (4)$$

и для неуравновешенной системы

$$\frac{Q + pH}{m} \leq 3,5. \quad (5)$$

Таким образом, для внесения полного соответствия грузоподъемности сосуда и приведенной массы подвижных частей подъемной уста-

$$k_n + k_c = 2.$$

новки тормозному режиму, удовлетворяющему правилам технической эксплуатации, в поверочный расчет тормозного устройства необходимо ввести критерий соответствия грузоподъемности сосуда аварийному тормозному режиму.¹

II

Рассмотрим соответствие экспериментальных данных и поверочного расчета тормозного устройства.

Опробование тормоза в действии обычно осуществляется в середине ствола, а расчет тормозного усилия производится для наиболее тяжелого случая (в неуравновешенных системах подъема), когда опускающийся сосуд подходит к горизонту или поднимающийся сосуд начинает движение от горизонта, т. е. в случае максимального отвеса неуравновешенной части каната.

Исследуем изменение замедления при аварийном торможении в неуравновешенных системах подъема.

1. При опускании груженого сосуда

$$M_{\tau_3} \geq j_c m R + M_{\text{ст.}}$$

В свою очередь, статический момент сопротивлений

$$M_{\text{ст.}} = (k_c Q + p H - 2 p x) R,$$

т. е. тормозной момент

$$M_{\tau_3} = j_c m R + (k_c Q + p H - 2 p x) R. \quad (6)$$

Замедление при аварийном торможении по уравнению (6)

$$j_c = \frac{M_{\tau_3} - R (k_c Q + p H - 2 p x)}{m R}.$$

Тормозной момент M_{τ_3} в тормозных устройствах подъемных машин на протяжении всего подъема остается величиной постоянной,² а переменной величиной, следовательно, будет замедление j_c , изменяющееся в зависимости от положения сосуда, в котором произошло аварийное торможение.

Таким образом, замедление в случае аварийного торможения при спуске груженого сосуда

$$j_c = A + \frac{2p}{m} x, \quad (7)$$

где x — расстояние от горизонта, на котором произошло торможение;

$A = \frac{M_{\tau_3} - k_c Q R - p H R}{m R}$ — величина замедления в наиболее тяжелом случае (при спуске груза).

2. При подъеме груженого сосуда

$$M_{\tau_4} \leq j_n m R - M_{\text{ст.}}$$

т. е.

$$M_{\tau_4} \leq j_n m R - (k_n Q + p H - 2 p x) R. \quad (8)$$

¹ Критерий соответствия определяется уравнениями (4) и (5).

² Автоматически изменяется тормозной момент только в случае переподъема сосу́дов.

Замедление при аварийном торможении поднимающегося сосуда

$$j_n = \frac{M_{т_1} + (k_n Q + pH - 2px) R}{mR}$$

$$j_{n_1} = B - \frac{2p}{m} x, \quad (9)$$

где $B = \frac{M_{т_1} + k_n QR + pHR}{mR}$ — величина замедления в наиболее тяжелом случае (при подъеме груза).

Как следует из уравнений (7) и (9), наиболее тяжелый случай обеспечения требований правил технической эксплуатации будет при нахождении сосудов у самого горизонта ($x = 0$). Провести опробование предохранительного тормоза и замерить замедления в таком положении невозможно. Следовательно, чтобы в наиболее тяжелом случае получить допустимые пределы замедлений, регулирование предохранительного тормоза необходимо провести на предельные замедления, отличные от требуемых правилами технической эксплуатации.

Пределы замедлений, на которые должен быть отрегулирован тормоз (при опробовании), можно определить по формулам (7) и (9), подставляя значение расстояния от начала подъема (x), где производится опробование тормоза

$$j_{с_р} = A + \frac{pH}{m} \text{ м/сек}^2, \quad (10)$$

$$j_{н_р} = B - \frac{pH}{m} \text{ м/сек}^2, \quad (11)$$

где A и B — замедления в наиболее тяжелых случаях;

$j_{с_р}$ — регулировочное замедление при спуске груза;

$j_{н_р}$ — регулировочное замедление при подъеме груза.

Принимая величину замедлений в наиболее тяжелых случаях, согласно правилам технической эксплуатации [2, § 439], можно написать, что

$$j_{с_р} = 1,5 + \frac{pH}{m} \text{ м/сек}^2;$$

$$j_{н_р} = 5 - \frac{pH}{m} \text{ м/сек}^2.$$

Выводы

1. Замечания, изложенные в данной статье, дают возможность более точно регулировать тормозные устройства при ревизии шахтных подъемных машин.

2. Рекомендуемый поверочный расчет тормозного устройства позволяет при проектировании новых подъемных установок учитывать аварийный режим торможения при выборе грузоподъемности сосуда.

Использованная литература

1. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. Углетехиздат, 1954.
2. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. Металлургиздат, 1955.
3. Карпышев Н. С. Тормоза шахтных подъемных машин и лебедок. Металлургиздат, 1954.