

## О МАКСИМАЛЬНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЯХ В КАНАТЕ У ОБОДА БАРАБАНА ПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ

Н. И. КЛЫКОВ

(Представлено научным семинаром кафедры горной механики горного факультета)

Динамические усилия в элементах подъемной установки возникают в периоды неустановившегося движения. Правильный учет динамических усилий необходим для обоснования прочных размеров барабанов, валов, деталей расцепных устройств и других механических узлов подъемной машины.

Максимальные динамические напряжения в канате при нормальной работе установки соответствуют началу подъемной операции. Следует выделять три стадии нагружения каната: 1) от начала вращения барабана до выбора напуска каната; 2) от момента ликвидации напуска до начала подъема груза; 3) период ускоренного движения.

Динамические усилия в первой стадии нагружения незначительны и обуславливаются лишь массой каната и ускорением

$$F_{\partial.1} = j \frac{p (H_0 + L_{\text{стр}})}{g}, \quad (1)$$

где  $j$  — наибольшее ускорение,  $\text{м/сек}^2$ ;  
 $p$  — вес 1 м длины каната,  $\text{кг/м}$ ;  
 $H_0$  — длина отвеса каната,  $\text{м}$ ;  
 $L_{\text{стр}}$  — длина струны каната,  $\text{м}$ ;  
 $g$  — ускорение силы тяжести,  $\text{м/сек}^2$ .

Динамические усилия во второй стадии нагружения каната

$$F_{\partial.2} = \varepsilon_2 \cdot j \frac{Q_{\text{п}} + Q_{\text{м}}}{g} + F_{\partial.1}, \quad (2)$$

где  $\varepsilon_2$  — коэффициент динамической нагрузки второй стадии;  
 $Q_{\text{п}}$  — вес полезного груза,  $\text{кг}$ ;  
 $Q_{\text{м}}$  — мертвый вес сосуда,  $\text{кг}$ .

Коэффициент  $\varepsilon_2$  не учитывает предварительного напуска и вычисляется по приближенной формуле, предложенной проф. Ф. В. Флоринским

$$\varepsilon_2 = \left( 10 + 0,93 \frac{\theta g}{j} \right) \left( 0,3 + 0,16\alpha \right), \quad (3)$$

где  $\Theta$  — отношение давления концевого груза на посадочные устройства к полной концевой нагрузке;

$\alpha$  — отношение веса свисающей части каната к весу концевого груза.

В тех случаях, когда концевой груз полностью опирается на посадочные устройства, коэффициент  $\Theta$  равен единице, а

$$\varepsilon_2' = \left( 10 + 0,93 \frac{g}{j} \right) \left( 0,3 + 0,16 \alpha \right). \quad (4)$$

При наличии напуска каната динамические усилия во второй стадии нагружения

$$F_{d.2n} = \varepsilon_{2.n} \cdot j \frac{Q_n + Q_m}{g} + F_{d.1}, \quad (5)$$

где  $\varepsilon_{2.n}$  — коэффициент динамической нагрузки при наличии напуска каната.

Для определения коэффициента динамической нагрузки предлагается следующая формула, выведенная на основании работ [1] и [2]

$$\varepsilon_{2.n} = \kappa_n \cdot \varepsilon_2' + \frac{g}{j} \left( \kappa_n - 1 \right) \left( \frac{\kappa' + n_c}{1 + n_c} + \alpha \right), \quad (6)$$

где  $\kappa_n$  — коэффициент напуска;

$n_c$  — отношение веса сосуда к полезному грузу;

$\kappa'$  — коэффициент шахтных сопротивлений для одной ветви ( $\kappa' = 1,075$  — для скиповых и  $\kappa' = 1,1$  — для клетевых подъемов).

Коэффициент напуска

$$\kappa_n = 1 + \frac{220 \Delta l_n}{H_0 + L_{сип}}, \quad (7)$$

где  $\Delta l_n$  — абсолютная величина свободного напуска, м.

Динамические усилия в третьей стадии нагружения каната

$$F_{d.3} = \varepsilon_3 \cdot j \frac{Q_n + Q_m}{g} + F_{d.1}. \quad (8)$$

Для определения коэффициента динамической нагрузки в третьей стадии нагружения предлагается формула

$$\varepsilon_3 = 1 + \frac{\Delta j}{j} (1 + 1,7 \alpha), \quad (9)$$

где  $\Delta j$  — скачок ускорений при пуске, м/сек<sup>2</sup>.

Из формул (8) и (9) видно, что наличие скачка ускорений значительно увеличивает динамические усилия в канате, ускоряя тем самым износ последнего. Большие скачки ускорений могут вызвать поломки деталей механических узлов подъемной машины, повышенный износ и поломки зубьев редуктора и т. д. В этом отношении значительными преимуществами обладают подъемные установки, оборудованные по системе Г—Д и с асинхронным двигателем, управляемым жидкостным реостатом.

Максимальные динамические усилия в канате у обода навивки двухбарабанных подъемных машин

Типоразмер подъемной машин	1 стадия нагружения				2 стадия нагружения			3 стадия нагружения			Дополнитель- ные усилия, вызванные инерцией шки- ва, кг	Предлагаемые расчетные зна- чения, кг
	при $j=0,7 \text{ м/сек}^2$	при $j=1,5 \text{ м/сек}^2$	при $j=0,7 \text{ м/сек}^2$	при $j=1,5 \text{ м/сек}^2$	при $j=0,7 \text{ м/сек}^2$	при $j=1,5 \text{ м/сек}^2$	при $j=0,7 \text{ м/сек}^2$	при $j=1,5 \text{ м/сек}^2$	при $j=1,5 \text{ м/сек}^2$			
2×2×1	40	85	3350	7200	950	2000	145	8500				
2×2,5×1	60	135	4250	9500	1250	2850	155	11500				
2×2,5×1,2	70	150	4200	9450	1300	2900	155	11500				
2×3×1,2	95	200	5500	12350	1700	3800	160	14500				
2×3×1,5	115	245	5400	12000	1750	3950	160	14500				
2×3,5×1,5	155	325	6450	14450	2250	5000	185	17500				
2×4×1,7	280	600	7400	16500	2550	6000	230	19500				
2×5×1,7	300	625	8800	19600	3350	7500	340	24000				
2×5×2,3	400	850	8700	19500	3500	8000	340	24000				
2×6×2,4	550	1130	10350	23150	4500	9850	490	28000				

При определении максимальных динамических усилий, действующих на канат и механические узлы машины, считаем, что установка имеет асинхронный двигатель с металлическим реостатом, пуск производится при наличии напуска каната, концевая нагрузка и длина отвеса каната имеют максимальное значение для данной подъемной машины.

Кроме того, на участок каната между шкивом и барабаном действует дополнительная динамическая сила, вызываемая инерцией направляющего шкива

$$F_{\text{дш}} = \frac{GD^2}{gD_{\text{ш}}^2} \cdot j, \quad (10)$$

где  $GD^2$  — маховой момент шкива,  $\text{кгм}^2$ ;

$D_{\text{ш}}$  — диаметр шкива,  $\text{м}$ .

Расчеты по определению максимальных динамических усилий для стандартных двухбарабанных подъемных машин приведены в табл. 1. Максимальные динамические усилия для однобарабанных подъемных машин определяются аналогичным способом.

В приведенных расчетах значения максимальных ускорений и скачков ускорений приняты на основании практических данных для скиповых подъемов Кузбасса, оборудованных асинхронным приводом и металлическим реостатом. Учтена также возможность пуска при полном использовании перегрузочной способности двигателя, когда ускорения достигают наибольшей величины (в среднем для указанных подъемов  $1,5—2,0 \text{ м/сек}^2$ ). Расчетная величина напуска каната принята  $0,2 \text{ м}$ .

Приведенные формулы могут быть использованы для определения максимальных динамических усилий при проверке на прочность механических частей работающей подъемной машины. Исходные данные для расчета принимаются на основании теоретических или экспериментальных исследований.

В целях ограничения возможных перегрузок каната и уменьшения износа механической части установки во второй стадии нагружения целесообразно ограничить величину среднего ускорения значением  $0,3—0,35 \text{ м/сек}^2$ , а максимального  $0,6—0,7 \text{ м/сек}^2$ , что следует учитывать при определении сопротивления первой ходовой ступени реостата.

Пуск двигателя с полным использованием перегрузочной способности не встречает принципиальных возражений, если скачки ускорений при этом будут незначительными (порядка  $0,6—0,7 \text{ м/сек}^2$ ). В этом случае целесообразно предусмотреть две-три начальные ходовые ступени реостата для достижения максимума ускорений при толчках, не превышающих указанных значений.

Предлагаемые в табл. 1 значения максимальных динамических усилий рекомендуется использовать при расчете на прочность элементов двухбарабанных подъемных машин.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Флоринский Ф. В. Динамика шахтного подъемного каната. Углетехиздат, 1955.

2. Георгиевская В. В. Влияние напуска каната на динамические усилия в нем (второй этап). Прикладная механика, АН УССР, т. II, вып. 2, 1956.