

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

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

где j — наибольшее ускорение, м/сек^2 ;
 p — вес 1 м длины каната, кг/м ;
 H_0 — длина отвеса каната, м ;
 $L_{\text{спр}}$ — длина струны каната, м ;
 g — ускорение силы тяжести, 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 ε_2 — коэффициент динамической нагрузки второй стадии;
 $Q_{\text{п}}$ — вес полезного груза, кг ;
 $Q_{\text{м}}$ — мертвый вес сосуда, кг .

Коэффициент ε_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 Θ — отношение давления концевого груза на посадочные устройства к полной концевой нагрузке;

α — отношение веса свисающей части каната к весу концевого груза.

В тех случаях, когда концевой груз полностью опирается на посадочные устройства, коэффициент Θ 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

$$F_{\partial,2н} = \varepsilon_{2,н} \cdot j \frac{Q_{п} + Q_{м}}{g} + F_{\partial 1}, \quad (5)$$

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

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

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

где $\kappa_{н}$ — коэффициент напуска;

n_c — отношение веса сосуда к полезному грузу;

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

Коэффициент напуска

$$\kappa_{н} = 1 + \frac{220 \Delta l_{н}}{H_0 + L_{сгр}}, \quad (7)$$

где $\Delta l_{н}$ — абсолютная величина свободного напуска, м.

Динамические усилия в третьей стадии нагружения каната

$$F_{\partial 3} = \varepsilon_3 \cdot j \frac{Q_{п} + Q_{м}}{g} + F_{\partial 1}. \quad (8)$$

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 Δj — скачок ускорений при пуске, м/сек².

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.

Т а б л и ц а 1

Максимальные динамические усилия в канате у обода наливки двухбарабанных подъемных машин

Типоразмер подъемной машины	1 стадия нагружения		2 стадия нагружения		3 стадия нагружения		Дополнитель- ные усилия, вызванные инерцией шки- ва, кг	Предлагаемые расчетные зна- чения, кг
	при $j=0,7м/сек^2$	при $j=1,5м/сек^2$	при $j=0,7м/сек^2$	при $j=1,5м/сек^2$	при $j=0,7м/сек^2$	при $j=1,5м/сек^2$		
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

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

где GD^2 — маховой момент шкива, кгм^2 ;

$D_{\text{ш}}$ — диаметр шкива, 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.