

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

А. С. КАРАПЕТЯН

КИНЕМАТИКА И ДИНАМИКА ЛОВИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАЧТОВЫХ ПОДЪЕМНИКОВ

В связи с массовым строительством зданий нормальной высоты и повышенной этажности в настоящее время разрабатываются конструкции строительных мачтовых подъемников с новыми грузонесущими органами (платформа, монорельс, кабина и т. д.), позволяющие обслуживать одновременно две секции здания и обеспечивать возможность транспортировки штучных, длиномерных и пластичных материалов, с подачей их в оконные проемы. В связи с этим должна быть обеспечена безопасность работающих на подъемнике как в нормальных условиях работ (переходных режимах), так и аварийных ситуациях, когда происходит обрыв подъемного каната.

В современных строительных мачтовых подъемниках и лифтах рабочие органы оборудованы ловителями, срабатывающими в аварийных ситуациях. В режиме посадки на ловители возникают большие динамические нагрузки, которые также должны учитываться при расчете и проектировании строительных подъемников, так как они являются определяющими для обеспечения прочности элементов подъемника и зависят от кинематики и конструкции ловительных систем.

Процесс торможения (улавливания) грузонесущего органа ловителями можно разделить на следующие этапы [1, 2]:

I — с момента обрыва грузонесущего каната до подачи импульса на включение ловителей;

II — от момента передачи импульса до возникновения тормозного усилия;

III — период торможения.

Рассмотрим только первый этап процесса торможения. Анализируемой схемой являются ловители строительных подъемников с барабанной лебедкой, которые приводятся в действие от пружины механизма подвески платформы к канатам (рис. 1).

При обрыве грузонесущего каната ряд деталей, которые приводятся пружиной в движение, расположены по оси последней или симметричны ей и перемещаются поступательно сверху вниз. Для учета инерции всех деталей, входящих в механизм ловителей, удобно привести их массы к одной точке, расположенной на оси пружины в верхнем ее конце.

Массу деталей, относящихся к подвесному устройству платформы и расположенных соосно к приводной пружинке, кроме самой массы пружины, обозначим через $\Sigma m_{0.г.}$. К оси пружины надо привести также массы рычагов, вращающихся вокруг осей, неподвижно соединенных с рамой платформы, и массы клиньев, поступательно движущихся в пазах башмаков. На рис. 1а представлена расчетная схема приведения масс клиньев и рычагов к оси пружины.

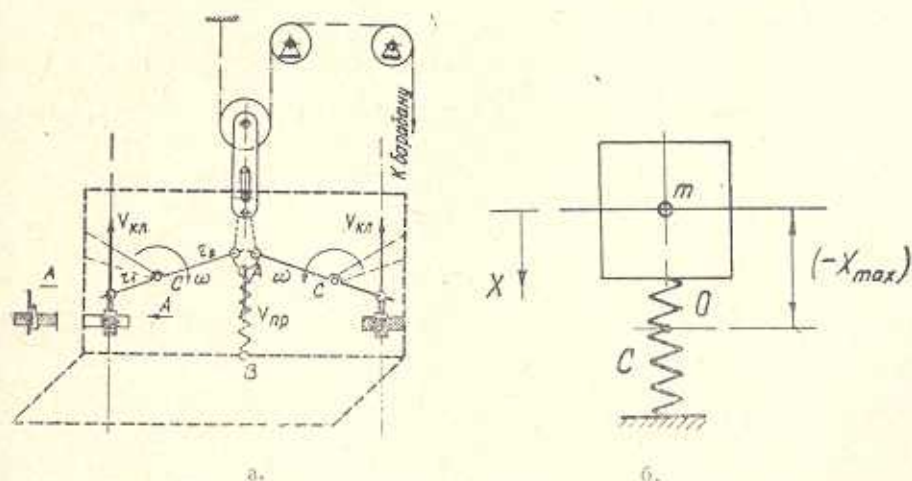


Рис. 1. Расчетная схема ловителей строительного подъемника.

Исходя из равенства кинетических энергий, для клиньев можно написать:

$$m_{\text{пр. кл.}} \frac{V_{\text{пр}}^2}{2} = m_{\text{кл.}} \frac{V_{\text{кл.}}^2}{2}, \quad (1)$$

где $m_{\text{пр. кл.}}$ — приведенная масса клина; $V_{\text{пр.}}$, $V_{\text{кл.}}$ — линейные скорости пружины и клина. Так же определим приведенную массу рычага, имея момент инерции рычага J_c относительно центра вращения C :

$$m_{\text{пр. р.}} \frac{V_{\text{пр.}}^2}{2} = J_c \frac{\omega^2}{2}, \quad (2)$$

где $m_{\text{пр. р.}}$, ω — приведенная масса и угловая скорость рычага. Общая приведенная масса рычага и клиньев будет:

$$m_{\text{общ.}} = \left(m_{\text{кл.}} \frac{1}{i_p^2} + \frac{J_c}{i_p^2 \cdot r_1^2} \right) \cdot 2 = \frac{2}{i_p^2} \left(m_{\text{кл.}} + \frac{J_c}{r_1^2} \right), \quad (3)$$

где i_p — передаточное отношение рычага.

Приведенная масса всех подвижных деталей будет равна сумме масс осевых деталей и масс рычагов и клиньев

$$m = m_{\text{общ.}} + \Sigma m_{0.г.} \quad (4)$$

Под действием сил упругости пружины эта масса приводится в движение после обрыва грузонесущего каната.

При включении ловителей систему можно привести к одномассовой колебательной системе, показанной на рис. 16. Без учета трения в звеньях и затухания колебаний системы, т. к. рассматривается их первая волна, уравнение движения можно записать в виде:

$$m \frac{d^2 X}{dt^2} + CX = 0, \quad (5)$$

где C — жесткость пружины; X — перемещение массы.

Общее решение уравнения (5) имеет вид

$$X = B_1 \cos \sqrt{\frac{C}{m}} t + B_2 \sin \sqrt{\frac{C}{m}} t \quad (6)$$

при начальных условиях:

$$t=0; X = -X_{\max}; \frac{dX}{dt} = 0; B_1 = -X_{\max}; B_2 = 0.$$

Подставляя значения B_1 и B_2 в уравнение (6) и преобразуя его, получим:

$$-X_{\text{вкл}} = -X_{\max} \cos \sqrt{\frac{C}{m}} t, \quad (7)$$

где $X_{\text{вкл}}$ — деформация пружины в включенном состоянии; X_{\max} — максимальная деформация пружины, постоянная для каждой конструкции ловителей.

Из уравнения (7) определим время первого этапа движения:

$$t_{\text{н}} = \sqrt{\frac{m}{C}} \arccos \frac{X_{\text{вкл}}}{X_{\max}}. \quad (8)$$

Величину $X_{\text{вкл}}$ можно определить, исходя из конструкции ловителей (одинарной или двойной — рис. 2), если заранее известны угол ручьев клина α и зазоры Δ между клиньями и направляющими.

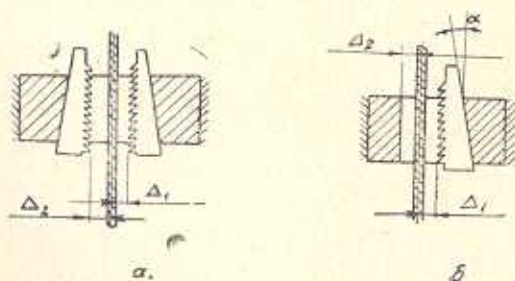


Рис. 2. Конструкции ловителей: а) двойная; б) одинарная.

Вертикальное перемещение клина (рис. 2):

$$X_{\text{вкл}} = \frac{\Delta_{\text{общ.}}}{\text{tg} \alpha}, \quad (9)$$

где $\Delta_{\text{общ.}} = \Delta_1 + \Delta_2$.

Головка пружины при этом будет перемещаться на величину

$$X_{\text{пр.}}^r = X_{\text{кл.}}, \quad (10)$$

а деформация пружины при включенном состоянии определится как

$$X_{\text{вкл.}} = X_{\text{max}} - X_{\text{пр.}}^r = X_{\text{max}} - \frac{\Delta_{\text{общ.}} \cdot i_p}{\text{tg } \alpha}, \quad (11)$$

Подставляя полученное из уравнения (11) значение $X_{\text{вкл.}}$ в (8), получим выражение для определения времени включения ловителей

$$t_n = \sqrt{\frac{m}{C}} \arccos \left(1 - \frac{\Delta_{\text{общ.}} \cdot i_p}{\text{tg } \alpha \cdot X_{\text{max}}} \right), \quad (12)$$

откуда при $\Delta_{\text{общ.}} = \frac{X_{\text{max}}}{i_p} \cdot \text{tg } \alpha$ определяется максимальное время

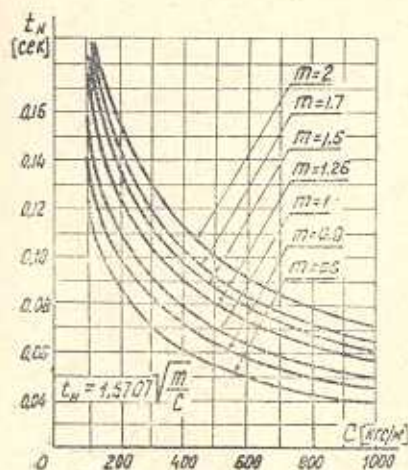


Рис. 3.

включения, которое влияет на величину динамических (аварийных) нагрузок при улавливании платформы с грузом:

$$t_{n \text{ max}} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{C}}. \quad (13)$$

На рис. 3 приведен график зависимости времени включения от жесткости пружины при максимальном зазоре между клиньями и направляющими для различных приведенных масс.

Из вышесказанного видно, что в аварийных режимах работы строительных подъемников время вклю-

чения при постоянных приведенных массах ловительных систем можно уменьшить, оптимально выбирая их кинематические и динамические параметры. Это приводит к снижению начальной скорости падающего рабочего органа (платформы) и дальнейшему уменьшению динамических нагрузок на опорных элементах и металлоконструкции строительных подъемников при срабатывании ловителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вайнсон А. А., Карапетян А. С.* Исследование нагруженности мачтового строительного подъемника. Сб. научн. тр. «Исследования экскаваторов и кранов», № 120, М., МИСИ им. В. В. Куйбышева, 1974.
2. *Гречишкин Ф. Г., Третьяков Ю. И., Жучков В. И.* Обсуждение статьи инж. Б. Н. Любимова о шахтных парашютах. «Уголь», № 11, 1952.