

УДК 622.678.5

А. И. ЕВДОКИМОВ

Донецкая национальная академия строительства и архитектуры

**УСТАНОВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТРУНЫ КАНАТА
ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК**

В статье представлены результаты теоретических исследований работы шахтных подъемных установок. Безопасная эксплуатация этих установок тесно связана с оптимальными параметрами длины струны подъемного каната и угла наклона ее к горизонту. При превышении этих параметров на подъемной установке может возникнуть аварийная ситуация – произойдет соскакивание подъемного каната из желоба копрового шкива или произойдет неупорядоченная навивка подъемного каната на барабан подъемной машины. Это может вызвать человеческие жертвы, остановку подъемной установки на длительное время со значительными экономическими затратами, связанными с ликвидацией аварии. В результате проведенных исследований были разработаны предложения по корректировке этих параметров с учетом влияния на их выбор продольно-поперечных колебаний подъемного каната, которые могут быть использованы проектно-конструкторскими организациями.

подъемная установка, струна подъемного каната, поддерживающие ролики, угол наклона струны каната, шахтный подъем, подъемная машина

Условимся называть оптимальными параметрами струны каната такие значения ее длины и угла наклона к горизонту, при превышении которых на подъемной установке может возникнуть аварийная ситуация – произойдет выскакивание подъемного каната из желоба копрового шкива или будет иметь место неупорядоченная навивка каната на барабан подъемной машины. Как известно, в процессе эксплуатации струна каната шахтной подъемной установки осуществляет продольно-поперечные колебания, обусловленные изменением усилий в подъемном канате. Исследованиями установлено, что на величину амплитуды колебаний точек струны каната существенное влияние оказывают ее параметры – длина и угол наклона ее к горизонту [5].

В настоящее время эти величины регламентируются § 364 ПТЭ [1]. Сущность этих требований заключается в том, что угол наклона струны каната к горизонту для подъемных установок вертикальных стволов должен быть не менее 30° при ее длине свыше 45 м; длина струны каната без поддерживающих роликов должна быть не более 65 м; для угла наклона струны каната к горизонту свыше 45° допускается увеличение ее длины до 75 м. Неопределенность и необоснованность таких требований ПТЭ по этому вопросу очевидна.

Например, необоснованным является требование об ограничении длины струны каната без поддерживающих роликов величиной 65 м. Известно, что в Кривбассе находится в эксплуатации целый ряд подъемных установок с длиной струны каната 80–90 м и при отсутствии поддерживающих роликов; при наличии поддерживающих роликов эта величина достигает 125–130 м. Все это подтверждает актуальность решения вопроса об установлении оптимальных параметров струны каната, при которых будет обеспечена безопасная эксплуатация шахтной подъемной установки.

На основании результатов исследований продольно-поперечных колебаний струны подъемного каната получены расчетные формулы для определения длины струны каната и угла наклона ее к горизонту. Для неуравновешенных подъемных установок это соотношение имеет такой вид:

$$L = \frac{0,14H(1-\psi)\sqrt{\mu}}{\psi(1+\eta)\cos\alpha}, \quad (1)$$

где L – длина струны подъемного каната;

H – глубина ствола шахтного подъема;

μ – отношение глубины желоба барабана к радиусу подъемного каната [4];

η – отношение веса полезного груза к весу подъемного сосуда;
 ψ – отношение глубины ствола шахты к прочной (критической) длине подъемного каната L_0 [2];
 α – угол наклона струны каната к горизонту.

Для уравновешенных подъемных установок соотношение (1) принимает такой вид:

$$L = \frac{0,14H(1+\psi\eta)\sqrt{\mu}}{\psi(1+\eta)\cos\alpha}, \quad (2)$$

Как известно, прочная длина каната определяется по такому соотношению [2]:

$$L_0 = \frac{\sigma_b}{m\gamma}, \quad (3)$$

где L_0 – прочная (критическая) длина подъемного каната;
 σ_b – расчетное сопротивление разрыву проволок подъемного каната (предел прочности каната);
 m – запас прочности подъемного каната;
 γ – приведенная плотность подъемного каната.

Анализ соотношений (1, 2) показывает, что наличие уравновешивающего каната соответствует расширению пределов для оптимальных параметров струны подъемного каната.

Для установления безопасных параметров струны каната важно знать возможные пределы изменения прочной длины каната шахтных подъемных установок. Из соотношения (3) следует, что прочная длина каната находится в прямой зависимости от предела прочности подъемного каната и в обратной – от запаса прочности подъемного каната и его приведенной плотности.

В соотношении (3) значение запаса прочности каната необходимо брать с учетом его массы [2, 3].

С целью установления предельно допустимых значений длины струны каната и угла наклона ее к горизонту был выполнен качественный анализ параметров, входящих в соотношения (1, 2). Как следует из этих соотношений, длина струны каната зависит от таких величин: μ , η , ψ , α , H .

Проанализируем степень влияния каждой из этих величин на длину струны подъемного каната. Так как длина струны каната прямо пропорциональна корню квадратному из μ , то при установлении ее предельно допустимой величины было принято минимальное значение этого коэффициента, т. е. $\mu = \mu_{\min} = 0,36$ [1]. Так как длина струны каната обратно пропорциональна η , то при установлении ее предельного значения было принято $\eta = \eta_{\max}$. Как показал опыт эксплуатации, для действующих подъемных установок $\eta_{\max} \leq 2$. Анализ находящихся в эксплуатации подъемных канатов показал, что их прочная (критическая) длина в большинстве своем превышает 2 500 м. В связи с этим были построены графические зависимости $L = f(\alpha)$ для нескольких значений прочной длины каната и глубины шахты, позволяющие дать качественную оценку уровня безопасной эксплуатации конкретной подъемной установки по фактору оптимального выбора параметров струны каната.

В качестве примера на рисунке представлены графические зависимости $L = f(\alpha)$ для неуравновешенных подъемных установок с критической длиной подъемного каната 2 500 м.

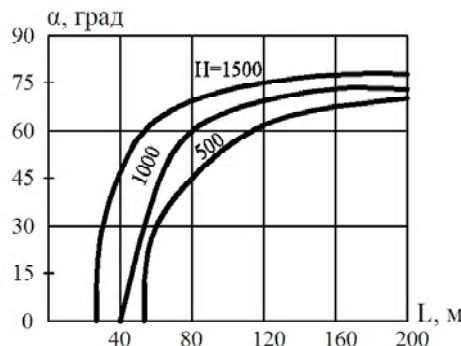


Рисунок – Графические зависимости $L = f(\alpha)$ для неуравновешенных подъемных установок с критической длиной подъемного каната 2 500 м при различных глубинах ствола шахтного подъема.

Из приведенных графиков следует, что при $L_0 = 2 500$ м, $H = 500$ м и $\alpha = 30^\circ$ допустимая длина струны каната не должна превышать 61 м. В противном случае возможна неупорядоченная навивка

каната на барабан подъемной машины. Для неуравновешенных подъемных установок с увеличением прочной длины каната допустимое значение длины струны каната возрастает и улучшаются условия ее работы. Например, при $L_0 = 3\ 000$ м, $H = 500$ м и $\alpha = 30^\circ$ предельное значение длины струны каната достигает 80 м. Как следует из приведенных графиков с увеличением глубины ствола шахты условия работы для струны каната ухудшаются.

Как показали расчеты, если глубина ствола шахты 500 м (1 000, 1 500 м) и прочная длина каната 3 000 м, то для угла наклона струны 30° ее допустимая длина должна быть не более 80 м (64, 41 м).

Аналогичные исследования, выполненные для уравновешенных подъемных установок, показали, что допустимая длина струны каната значительно больше, чем у неуравновешенных. Это легко установить из приведенных графиков. Если сравнить результаты расчета для $L_0 = 3\ 000$ м, $H = 500$ м и $\alpha = 30^\circ$, то предельная длина струны каната для неуравновешенных подъемных установок равна 80 м, а для уравновешенных с такими параметрами эта величина достигает 127–130 м.

Как показывает анализ графиков, для исследуемых типов подъемных установок с увеличением угла наклона струны каната к горизонту ее допустимая длина также возрастает. В отдельных случаях (например, при $H = 500$ м и $\alpha = 60^\circ$) допустимое значение длины струны каната достигает 140 м для неуравновешенных подъемных установок и 220 м для уравновешенных.

ВЫВОДЫ

Для каждой подъемной установки безопасные параметры струны каната имеют свое конкретное значение и к их определению необходим дифференцированный подход. Для установления безопасных параметров струны каната результатов исследования только ее поперечно-продольных колебаний недостаточно. Нормативные значения этих величин могут быть установлены после проведения дополнительных исследований, связанных с учетом горизонтальных колебаний струны каната, углов девиации и т. д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт (ПТЭ) [Текст] / Редакц. кол. : Ф. А. Абрамов, Г. А. Быстров, В. В. Вильчицкий и др. – М. : Недра, 2010. – 260 с.
2. Инструкция по эксплуатации стальных канатов в угольной и сланцевой промышленности [Текст] / Редакц. кол. : Ф. А. Абрамов, Г. А. Быстров, В. В. Вильчицкий и др. – М. : Недра, 2010. – 163 с.
3. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах [Текст] / Редакц. ком. : Л. Е. Градов, И. А. Бабокин, В. П. Федаков и др. – М. : Недра, 2002. – 400 с.
4. Димашко, А. Д. Шахтные электрические лебедки и подъемные машины [Текст] : Справочник / А. Д. Димашко, И. Я. Гершиков, А. А. Кревневич. – М. : Недра, 1998. – 252 с.
5. Обухов, А. Н. Исследование некоторых вопросов продольно-поперечных колебаний подъемных канатов, связанных с безопасностью эксплуатации шахтных подъемных установок [Текст] : автореферат дисс. на соискание ученой степени к. т. н. : 05.05.06 – горные машины / А. Н. Обухов. – Днепропетровск, 1975. – 16 с.
6. Левин, Л. Т. О колебаниях струны шахтного подъемного каната [Текст] / Л. Т. Левин // Вопросы горной механики. – Киев, 1956. – № 3. – С. 63–64.

Получено 03.03.2014

А. І. ЄВДОКИМОВ

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СТРУНИ КАНАТА ВЕРТИКАЛЬНИХ ПІДЙОМНИХ УСТАНОВОК

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті подані результати теоретичних досліджень роботи шахтних підйомних установок. Безпечна експлуатація цих установок тісно пов'язана з оптимальними параметрами довжини струни підйомного канату і кута нахилу її до горизонту. Якщо ці параметри будуть перевищені, тоді на підйомній установці може виникнути аварійна ситуація – може відбутися зіскакування підйомного канату із жолоба копрового шківів або безконтрольне навивання підйомного канату на барабан підйомної машини. Дослідженнями встановлено, що на величину амплітуди коливання точок струни канату суттєво впливають її параметри – довжина і кут нахилу її до горизонту. У результаті проведених досліджень були розроблені пропозиції щодо коректування цих параметрів з урахуванням впливу на їх значення подовжньо-поперечних коливань підйомного канату.

підйомна установка, струна підйомного канату, підйомний канат, запас міцності підйомного канату, приведена міцність підйомного канату, кут нахилу підйомного канату до горизонту, шахтний підйом, підйомна машина

ANATOLIY EVDOKIMOV
THE ESTABLISHMENT OF ROPE STRING OPTIMUM PARAMETERS FOR THE
VERTICAL LIFT SYSTEMS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The results of theoretical investigation of mine lift systems functioning have been presented in the article. The safe exploitation of these systems directly depends on the lifting rope string optimal parameters and the angle of rope's inclination to the horizon. If the parameters of the lift system are exceeded an emergency situation may occur; in fact, the lifting rope may slip off the hoisting pulley channel or an unordered elevating rope winding on the lifting machine drum may happen. This may also cause human victims, the stop of the lifting machine for a long period of time, and also significant financial expenses aimed to liquidate an accident. As a result of the research the proposals concerning the parameters' adjustments were made in order to take into account the fact that lifting rope longitudinal and transverse vibrations influence on parameters' selection. These proposals can be used by planning and design organizations.

lifting system, lifting rope string, support rollers, lifting rope strength margin, angle of rope string inclination, mine lifting, lifting machine

Євдокімов Анатолій Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної і прикладної механіки Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: безпечна експлуатація шахтних підйомних установок.

Евдокимов Анатолий Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: безопасная эксплуатация шахтных подъемных установок.

Evdokimov Anatoliy – PhD (Eng.), Associate Professor, Theoretical and Applied Mechanics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the safe operation of the mine hoisting installations.