



Москалёва Т. В.,

Полушина М. В.

Государственное
высшее учебное
заведение
«Национальный
горный
университет»

УДК 622.673

ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ПЕРЕКРЕСТНОМ КРЕПЛЕНИИ КАНАТОВ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ НА МИНИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ НИМИ

Проведено аналіз впливу коливань канатів на мінімальну відстань між ними при перехресному кріпленні на шахтній підйомній машині. Введено критерій відсутності торкання струн канатів при перехресному кріпленні.

Analysis of how vibrations of steel ropes effect to the minimal distance between them for the mine hoist with crossing ropes fastening is carried out. The criterion of contact absence between crossing ropes is proposed.

Актуальность работы. На сегодняшний день множество шахт оборудовано однобарабанными подъемными машинами, которые работают на предельных горизонтах, т.е. исчерпан запас канатоемкости барабана. В то же время, в связи с необходимостью разработки новых, более глубоких горизонтов, необходимо увеличение глубины подъема. В связи с этим повышение эффективности навивочной поверхности канатных барабанов является актуальной задачей.

Постановка задачи. Для повышения канатоемкости однобарабанной шахтной подъемной установки с расположением отклоняющих шкивов на одной оси предложен перекрестный порядок крепления канатов к барабану подъемной машины, позволяющий уменьшить шаг навивки каната благодаря изменению конфигурации внутреннего и наружного углов девиации [1]. В статье [2] автором проанализирована возможность касания ветвей каната такой подъемной установки и определено минимальное расстояние между ветвями при свивке и намотке.

Для безопасного применения данного технического решения необходимо проанализировать влияние колебаний струны каната на минимальное расстояние между ветвями.

Цель работы: повышение канатоемкости барабана путем изменения условий крепления каната и анализ расстояний между струнами каната.

Основная часть. Для определения формы струны каната была составлена конечно-элементная модель (рис. 1) подъемной установки (ПУ).

Барабан и шкивы представлены материальными точками M_b , M_{sh_l} , M_{sh_r} – с соответствующими приведенными массами. Отвес каната с концевым грузом заменен динамическим аналогом, состоящим из параллельно соединенных вязкоупругих осцилляторов и жесткой массы [3]. Для правой ветви жесткость и масса груза i -го осциллятора обозначены как C_{ir} и M_{ir} , жесткая масса – M_{0r} . Аналогичные обозначения приняты и для левой ветви. Параметр вязкости μ примем равным $\mu = 0,01$ [3] для всех тонов колебаний. Струну каната представим последовательностью нелинейных вязкоупругих балочных конечных элементов с изгибной и продольной жесткостью. В точках M_b , M_{sh_l} , M_{sh_r} для каната примем условия шарнирного опирания. На струну каната действует распределенная погонная нагрузка g_k , равная погонному весу каната и направленная под углами θ_l и θ_r , равными углам наклона струн к горизонту. На осцилляторы действуют силы тяжести G_{ir} и G_{il} , на барабан – усилие F . В начальный момент времени все точки ПУ движутся с постоянной скоростью V_0 .

Построенная конечно-элементная модель ПУ была протестирована на примерах, имеющих известное аналитическое решение, применительно к отдельным звеньям ПУ (струна и отвес). Погрешность моделирования струны каната балкой при ее продольно-поперечном изгибе в статике и динамике не превышала 5%. Погрешность замены отвеса каната с грузом динамическим аналогом не превышает 10%. Результаты поперечных колебаний струны, полученных на конечно-

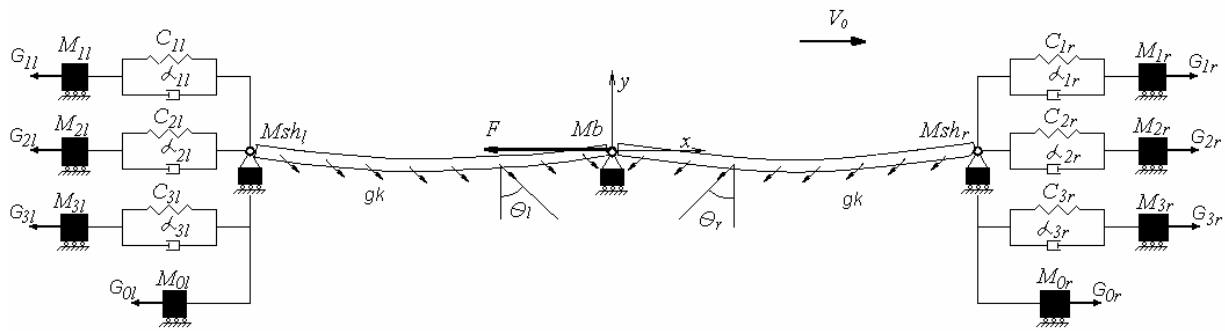
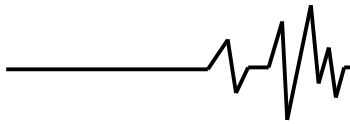


Рис. 1. Конечно-элементная модель ПУ

элементной модели, находятся в хорошем соответствии с экспериментальными данными работы [4].

При движении сосуда в стволе шахты с увеличением или уменьшением длины отвеса изменяются частоты продольных и поперечных колебаний каната. Наиболее опасным режимом движения сосудов является предохранительное торможение подъемной машины [4], в результате которого могут возникнуть максимальные колебания в струне каната.

Проанализируем влияние колебаний струны ПУ в режиме предохранительного торможения для подъемной машины ЦР-5×4,66/0,5 ш. «Центральная» с пара-

метрами: радиус барабана $R_b=2,54$ м; длина струны $L_{стр}=106,6$ м; ширина барабана $B=4,44$ м; расстояние между шкивами $s=1,98$ м; диаметр каната $dk=39$ мм; наружный и внутренний углы девиации $\alpha_n=0,66^\circ$; $\alpha_v=1,62^\circ$; количество витков между правой и левой ветвями каната $k=6$.

С помощью конечно-элементной модели были проанализированы зависимости максимальной амплитуды поперечных колебаний средней точки струны, при спуске и подъеме пустого и полного сосуда. Графики этих зависимостей приведены на рисунке 2.

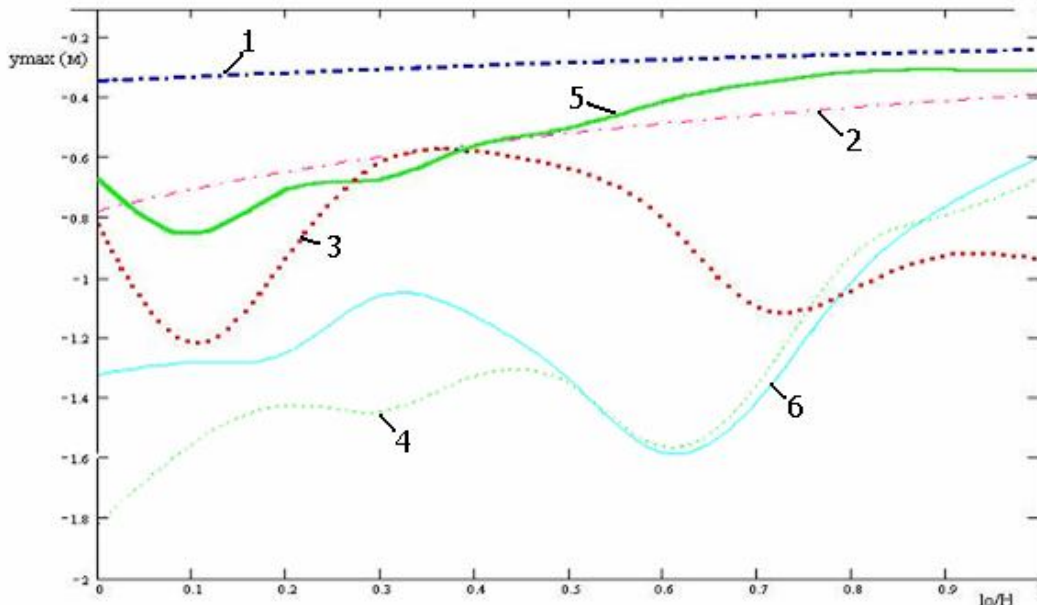
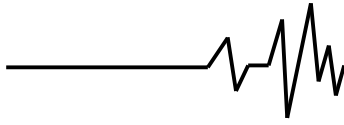


Рис. 2. - Зависимости максимальной амплитуды поперечных колебаний средней точки, полученной с помощью конечно-элементной модели при спуске и подъеме



По оси абсцисс находятся значения отношения длины отвеса l_0 к глубине горизонта H , по оси ординат – максимальный провис струны в метрах при предохранительном торможении, когда длина отвеса равна l_0 и скорость движения сосуда равна V . Кривые 1 и 2 отражают статический провис струны, 1 – соответствует заполненному сосуду, 2 – порожнему. Кривые 3 и 4 отображают зависимости при подъеме груза, 3 – соответствует заполненному сосуду, 4 – порожнему. Кривые 5 и 6 отображают зависимости при спуске груза, 5 – соответствует заполненному сосуду, 6 – порожнему. Наибольший провис струны каната наблюдается в положении пустого сосуда у верхней приемной площадки. Максимальный коэффициент динамичности амплитуды продольно-поперечных колебаний струны для исследуемой ПУ не превышает 3,3.

Минимальное расстояние S между ветвями достигается в точке x_{min} [2], где канаты разнесены вдоль оси барабана Z и поперечные

колебания не могут вызвать касания. Исследованию подлежит окрестность точки xz_0 , где левая и правая ветви ПУ находятся одна над другой. Максимальную амплитуду поперечных колебаний каната можно представить как

$$U(x, t) \leq \beta \cdot U_s(x),$$

где β – максимальный коэффициент динамичности, U_s – статический провис. Тогда минимальное расстояние между колеблющимися ветвями каната

$$dY = S(xz_0) - (\beta - 1) \cdot U_{CT}(xz_0).$$

Для исследуемой подъемной установки $\beta=3,33$, $dY=0,49$ м, т.е. канаты не касаются.

Введем критерий отсутствия касания канатов

$$S(xz_0) > (\beta - 1) \cdot U_{CT}(xz_0), \quad (1)$$

раскрывая которое можно записать:

$$S(xz_0) > (\beta - 1) \frac{L_{CTP}}{\operatorname{tg}(\theta)} \cdot \left(\frac{\ln \left(1 - \frac{gk \cdot \sin(\theta) \cdot L_{CTP} \cdot k \cdot t}{(s + k \cdot t) \cdot (Ms \cdot g + gk \cdot H_K)} \right)}{\ln \left(1 - \frac{gk \cdot \sin(\theta) \cdot L_{CTP}}{(Ms \cdot g + gk \cdot H_K)} \right)} - \frac{k \cdot t}{s + k \cdot t} \right) > 0, \quad (2)$$

где Ms – масса пустого подъемного сосуда, t – шаг навитки каната $t=46$ мм.

Выводы.

Максимальные колебания точек струны каната наблюдаются в ветви с пустым сосудом у верхней приемной площадки.

Введен критерий отсутствия касания струн канатов при перекрестном креплении.

Для подъемной установки ш. Центральная максимальное расстояние между струнами каната составляет более 0,5 м, критерий отсутствия касания выполняется. Использование перекрестного крепления с шагом нарезки канавок 41мм позволяет увеличить канатоемкость барабана подъемной машины на 18%.

При перекрестном креплении канатов необходимо исследовать влияние колебаний на минимальное расстояние между ветвями в точке пересечения канатов xz_0 .

Литература

1. Патент № 76865. Украина. Шахтная однобарабанная подъемная установка / К.С. Заболотный, Т.В. Безпалько, М.В. Полушина (Украина). Опубл. 15.09.2006, Бюл. № 9
2. Безпалько Т.В., Полушина М.В. Повышение канатоемкости барабанов однобарабанных шахтных подъемных машин путем другого способа крепления канатов // Науковий вісник НГУ. – 2007. – № 8. – С. 61-63.
3. Вертикальный транспорт на горных предприятиях / В.Н. Потураев, А.Г. Червоненко, Л.В. Колосов и др. – М.: Недра, 1975. – 351 с.
4. Обухов А.Н. Исследование некоторых вопросов продольно-поперечных колебаний подъемных канатов связанных с безопасностью эксплуатации подъемных установок: Дис... канд. техн. наук: 05.05.06. – Днепропетровск, 1975. – 158 с.