

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ПРИВОДА ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Фоменко А.В., магистрант,  
Яценко А.Ф., канд. техн. наук, проф.,  
Донецкий национальный технический университет

*В данной работе рассматриваются продольные колебания отвеса каната и поперечные колебания струны каната, приводится способ их определения, предложено устройство для поглощения колебаний, а также его включение в комплектный электропривод.*

Для обеспечения безопасной работы подъемной установки во всех технически возможных производственных ситуациях на действующих стволах шахт и рудников необходимо знание основных зависимостей между амплитудно-частотными характеристиками пространственных продольно-поперечных колебаний наклонной струны головного каната и геометрическими, режимными и инерционными параметрами подъемной установки.

С помощью схемы дискретного динамического аналога подъемной установки приведенной на рис. 1 получаем дифференциальное уравнение вида:

$$\begin{cases} m_{стр} \ddot{y} = -4 \left( Cx + \frac{2C}{l_k} y^2 \right) \frac{y}{l_k} - 4 \left( \mu \dot{x} + \frac{2\mu}{l_k} y \dot{y} \right) \frac{y}{l_k} - m_{стр} g; \\ m_{сп} \ddot{x} = - \left( Cx + \frac{2C}{l_k} y^2 \right) - \left( \mu \dot{x} + \frac{4\mu}{l_k} y \dot{y} \right) + m_{сп} g, \end{cases} \quad (1.1)$$

где  $m_{стр} = \frac{4}{\pi^2} l_{стр} \cdot q$ ;  $m_{сп} = (Q + \frac{l_k q}{3})$ ;  $C = \frac{EF}{l_k}$ .

$EF$  – жесткость каната с равномерно распределенной массой на растяжение;

$Q$  – вес концевой сосуда;

$q$  – вес одного метра каната;

$\mu$  - коэффициент диссипации.

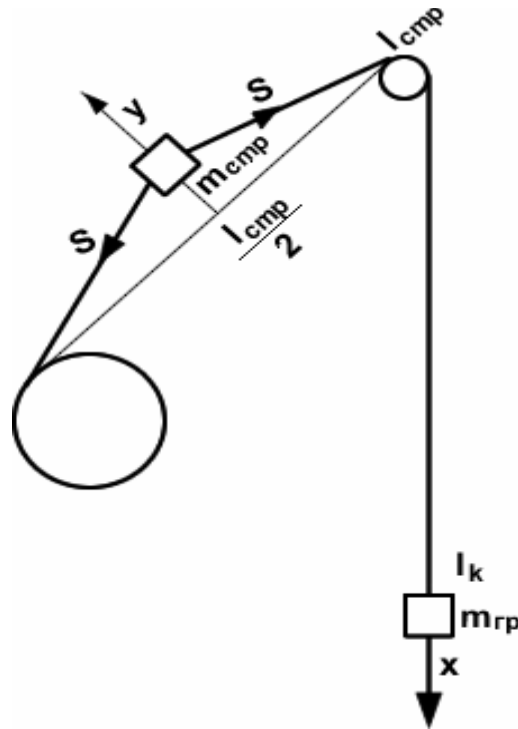


Рис. 1 - Расчетная схема дискретного динамического аналога подъемной установки

где:  $m_{стр}$  - приведенная масса динамического аналога струны;  $m_{гр}$  - приведенная масса динамического аналога отвеса каната с грузом;  $l_k$  - длина каната;  $l_{стр}$  - длина струны каната;  $S$  - сила натяжения струны каната.[1]

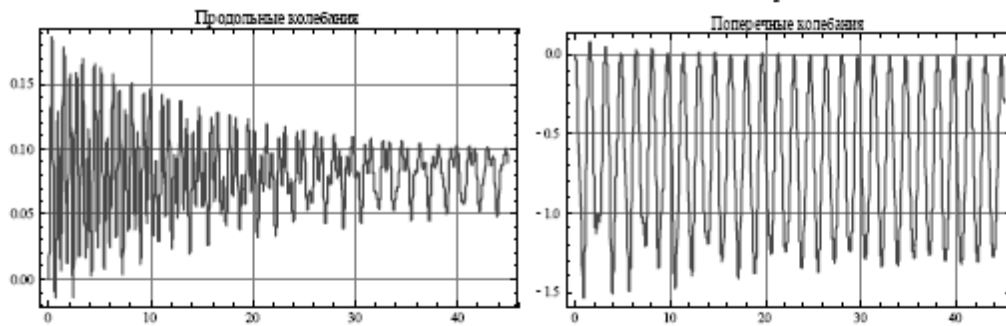
Решение системы (1.1) численным методом позволило установить наличие взаимовлияния динамических процессов в струне и отвесе каната и найти зоны неустойчивости для разных соотношений длин струны и отвеса каната. На рис. 2 приведены графики продольных колебаний отвеса и поперечных колебаний струны каната для различных соотношений длин отвеса и струны. [2]

Для погашения колебаний струны каната предлагаю применить устройство, захватывающее канат при аварийном торможении. Общий вид устройства устанавливаемого на копре показан на рис.3а, у барабана - на рис. 3б.

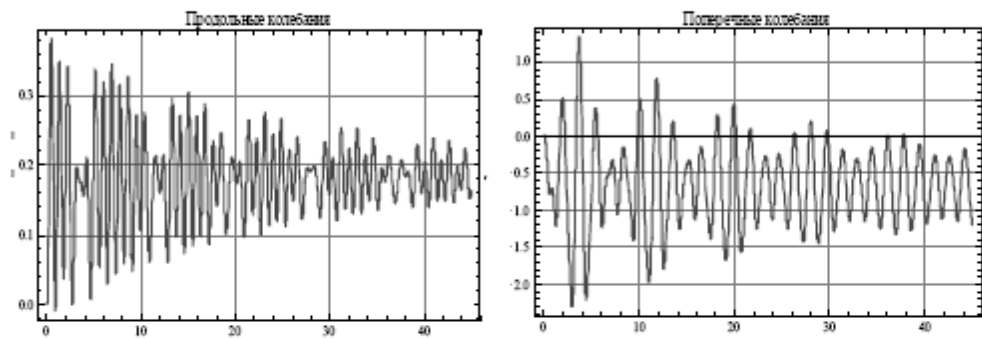
Чтобы не допустить неустойчивые колебания, соотношение длин струны и отвеса каната не должно равняться 1 и 5 (см. рис. 2). Для этого необходимо установить два устройства на копре, которые

будут регулировать длину струны в зависимости от положения подъемного сосуда при аварийном торможении. Срабатывает только одно из устройств на копре и устройство у барабана. При срабатывании устройства канат зажимается и становится неподвижным. В этом случае для расчета колебаний рассматривается отрезок струны от копра до одного из устройств. Т.е. длина струны в этом случае будет равняться  $L_1$  или  $L_1+L_2$  в зависимости от положения подъемного сосуда.

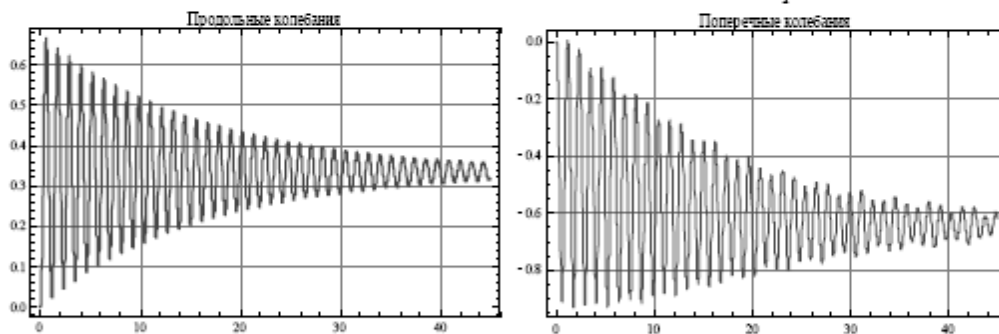
Устойчивые колебания при  $l_{отс} / l_{стр} = 0.02$



Первая зона неустойчивости при  $l_{отс} / l_{стр} = 1$



Устойчивые колебания при  $l_{отс} / l_{стр} = 2.5$



Вторая зона неустойчивости при  $l_{отс} / l_{стр} = 5$

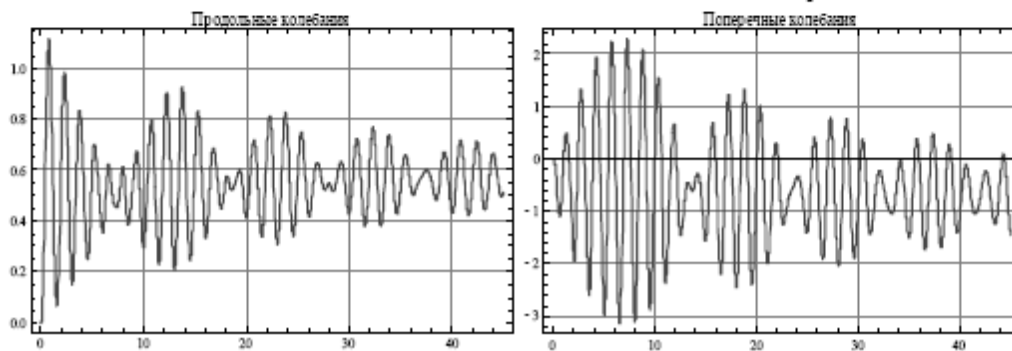


Рис. 2 – Графики амплитуд колебаний каната [2]

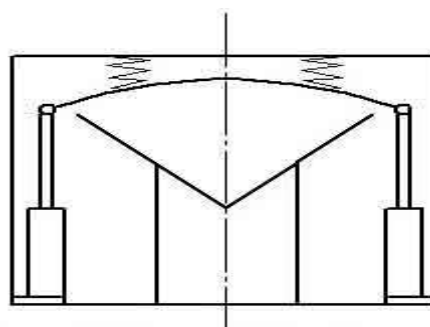


Рис. 3а – Общий вид устройства на копре

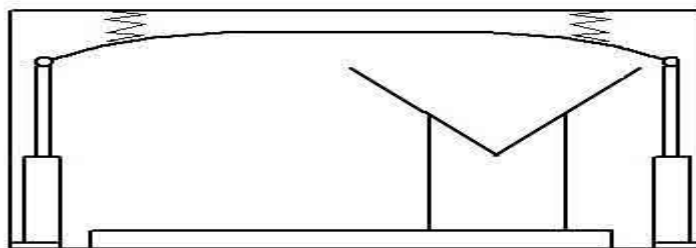


Рис.3б – Общий вид устройства у барабана

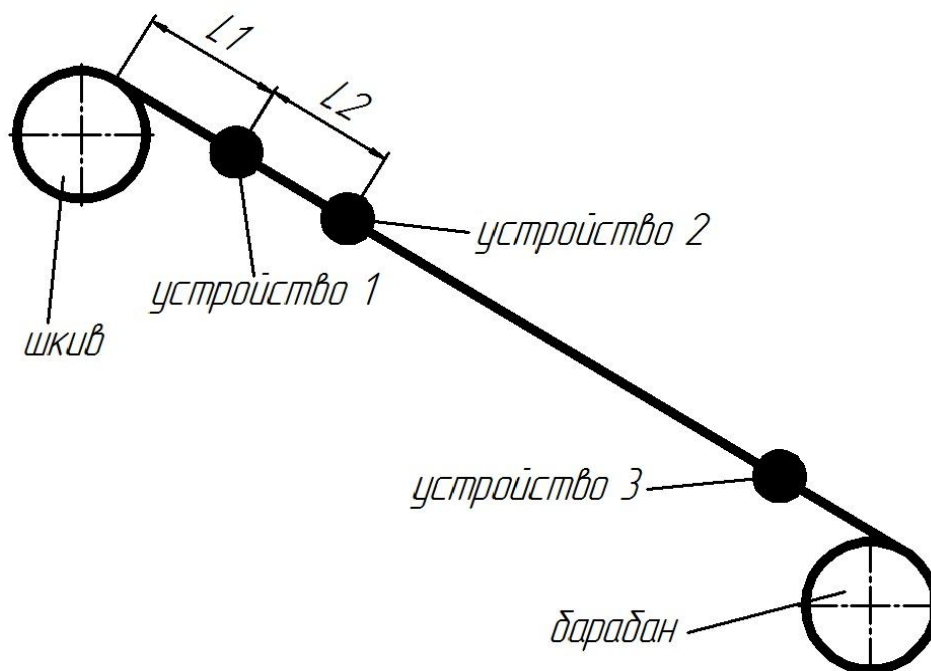


Рис. 4 – Схема расположения устройств

При прохождении сосуда у электромагнитных датчиков установленных в стволе, подается сигнал на пульт управления подъемной машиной, после чего определяется какое из двух устройств активно.

На основе комплектного тиристорного электропривода с цифровым управлением «ЭКТ-МП» составлена структурная схема автоматизированной системы управления техпроцессами шахтной подъемной машиной (рис. 5).

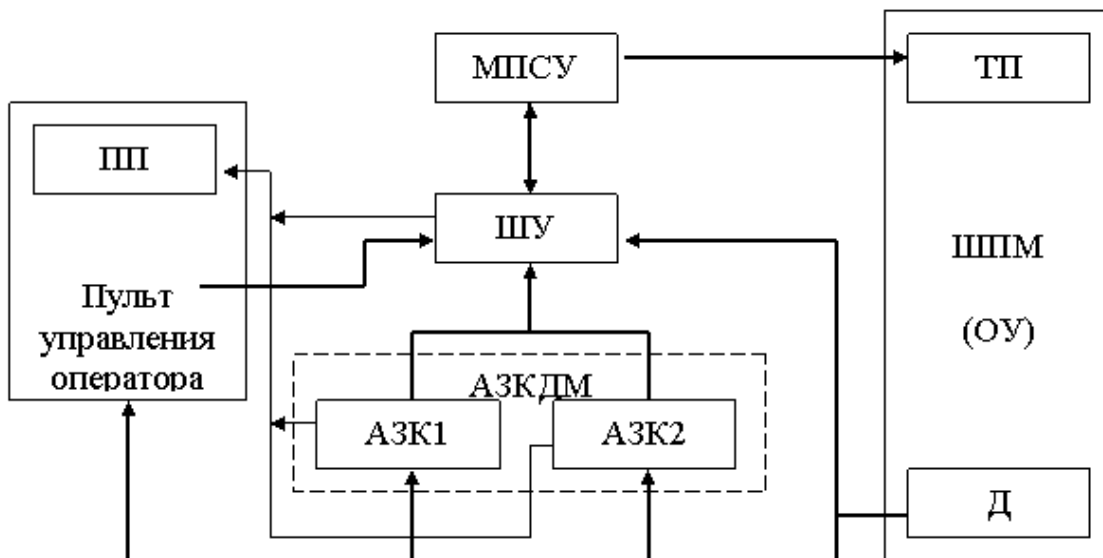


Рис. 5 - Структурная схема АСУТП

где: ШПМ - шахтная подъемная машина; ПП – промышленная панель типа Magelis; ТП – силовая часть тиристорного преобразователя; МПСУ – микропроцессорная система управления ТП; АЗКДМ – аппарат защиты и контроля движения микропроцессорный на базе PLC TSX Premium; ШУ – шкаф управления движением шахтной подъемной машины микропроцессорный на базе PLC TSX Premium; Д – датчики состояния объекта управления (ОУ), в т.ч. импульсные датчики угла поворота. [3]

Датчики состояния объекта управления дополняются датчиками ДКПУ, которые сообщают о положении сосуда при котором возникают неустойчивые колебания [4]. При аварийном торможении согласно этим датчикам определяются номер применяемого устройства для поглощения колебаний струны каната, после этого АЗКДМ подает сигнал на срабатывание устройств для поглощения колебаний. Таким образом реализована система управления и защиты привода шахтных подъемных установок.

Список источников:

1. В.Н. Потураев, А.Г. Червоненко, Л.В. Колосов и др. Вертикальный транспорт на горных предприятиях // М.: Недра, 1975. - 351с.
2. Математическая модель нелинейных колебаний струны и отвеса каната мобильной подъемной установки Ильин С.Р., канд. техн. наук, с.н.с., Самуся С.В., аспирант, Институт геотехнической механики им Н.С.Полякова НАН Украины [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/portal/natural/Npdntu\\_gir/2008\\_16\\_142/St17.pdf](http://nbuv.gov.ua/portal/natural/Npdntu_gir/2008_16_142/St17.pdf).
3. Электроприводы постоянного тока [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.niikhemz.com.ua/7.htm> - НИИ "ХЭМЗ": Электроприводы постоянного тока серии ЭКТЦ
4. Шахтный подъем: Научно-производственное издание \ Бежок В.Р., Дворников В.И., Манец И.Г., Пристром В.А.; общ.ред. Б.А. Грядущий, В.А. Корсун.-Донецк: ООО "Юго-Восток,Лтд",2007.-624 с., 494 ил., 233 библиогр. Стр. 338-342