

УДК 621.34

**А.А. Реутов****АВТОКОЛЕБАНИЯ ЛЕНТЫ НА ПРИВОДНОМ  
БАРАБАНЕ КОНВЕЙЕРА**

*Рассмотрено движение дискретного элемента ленты по поверхности приводного барабана конвейера. Составлено уравнение автоколебаний ленты с учетом нелинейной зависимости силы трения от скорости скольжения. Получено численное решение.*

*Ключевые слова: ленточный конвейер, привод, барабан, колебания.*

**П**редставим конвейерную ленту в виде отдельных тел (элементов), соединенных упругими связями (рис. 1). Введем подвижную систему координат  $XU$ , вращающуюся вместе с приводным барабаном с угловой скоростью  $\omega$ .

Для ленты с жесткостью на растяжение  $E_0$  (Н) и погонной массой  $\rho$  (кг/м) элемент ленты длиной  $l$  имеет массу  $m = \rho \cdot l$  (кг) и жесткость  $C = E_0 / l$  (Н/м).

Рассмотрим движение одного тела 1 относительно барабана. В течение времени  $T_{оп}$  нахождения тела 0 на дуге относительного покоя его можно считать неподвижным относительно барабана. Пренебрегая изменением расстояния между телами 0 и 2 в течение короткого времени  $T_{оп}$ , рассмотрим движение тела 1 отдельно, заменив две упругие связи тела 1 с телами 0 и 2 одной связью с суммарной жесткостью  $C_c$ . На рис.2 показаны силы, действующие на тело 1.

Сила упругости  $F_y = C_c \cdot x$ .

Нормальная составляющая силы растяжения ленты  $S$  с учетом центробежной и кориолисовой сил инерции

$$N_1 = \frac{S}{R} - m(\omega^2 R + 2\omega \frac{dx}{dt}),$$

где  $R$  — радиус барабана.

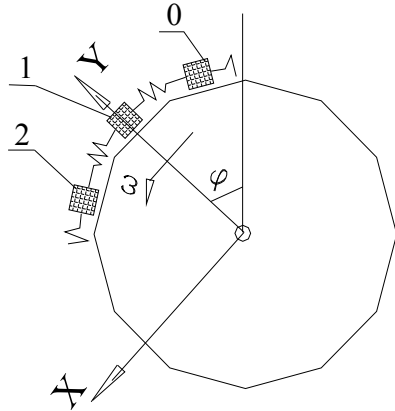
Силу трения представим зависимостью Кулона  $F_{TP} = \sum_{i=0}^n f_i \left( \frac{dx}{dt} \right)^i N_1$ ,

где  $f_i$  — коэффициенты аппроксимации зависимости силы трения от скорости скольжения.

Изменение силы растяжения ленты на дуге скольжения представим формулой Эйлера  $S = S_{nb} \exp(-f_0 \varphi)$ , где  $S_{nb}$  — сила растяжения набегающей ветви ленты,  $\varphi$  — центральный угол, определяющий положение тела 1 на дуге скольжения (рис. 1).

Угловую скорость вращения барабана считаем постоянной

$$\varphi = \omega \cdot t + \mathbf{x}/R.$$



**Рис. 1. Дискретная модель ленты на приводном барабане**

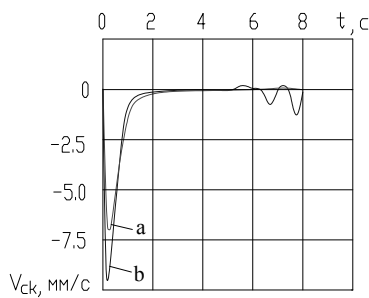
Выберем начало координат оси  $X$  в положении, соответствующем растяжению упругой связи силой  $f_0 \cdot S_{nb} / R$ , тогда уравнение (1) принимает вид

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + C_c x = \sum_{i=0}^n f_i \left( \frac{dx}{dt} \right)^i \left[ \frac{S_{nb}}{R} \exp(-\omega t - x/R) - m(\omega^2 R + 2\omega \frac{dx}{dt}) \right] - f_0 \frac{S_{nb}}{R}. \quad (2)$$

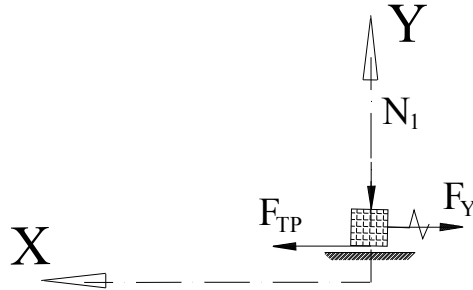
Решим уравнение (2) численно с начальными условиями, соответствующими положению тела 1 на границе между дугами относительного покоя и скольжения.

$$\text{При } t = 0 \quad x = 0, \quad \frac{dx}{dt} = 0. \quad (3)$$

На рис. 3 приведены зависимости скорости скольжения тела 1 от времени при  $E_0 = 0.56$  МН,  $\rho = 16$  кг/м,  $l = 0.1$  м,  $R = 0.315$  м,  $S_{nb} = 50$  кН,  $f_0 = 0.3$ ,



**Рис. 3. Зависимость скорости скольжения  $V_{ck}$  тела 1 от времени  $t$ : а —  $\omega = 6.35$  рад/с, б —  $\omega = 9.52$  рад/с**



**Рис. 2. Силы, действующие на тело 1**

Уравнение относительного движения тела 1 на дуге скольжения имеет вид

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_T - F_Y. \quad (1)$$

$f_1 = -1.53$ , где  $f_2 = 7.19$ . Для рассмотренного примера два первых амплитудных значения скорости скольжения  $V_{ck}$  равны  $-7.1$  мм/с и  $1.5$  мкм/с при  $\omega = 6.35$  рад/с,  $-9.7$  мм/с и  $5.4$  мкм/с при  $\omega = 9.52$  рад/с. Увеличение амплитудных значений скорости  $V_{ck}$  с ростом угловой скорости барабана обусловлено более быстрым уменьшением силы трения  $F_{тр}$ . Относительное смещение  $x$  тела 1 при  $t = 2$  с достигает  $-4.16$  мм и  $-4.24$  мм при  $\omega = 6.35$  рад/с и  $9.52$  рад/с.

Если учесть, что тело 1 находится на дуге скольжения барабана в течение времени  $T_{ск} = \varphi_{ск} / \omega$  ( $\varphi_{ск}$  — центральный угол дуги сколь-

жения), то для рассмотренного примера при  $\varphi_{\text{СК}} = \pi$  автоколебания фактически не успевают начаться, т.к. их полупериод больше  $T_{\text{СК}}$  ( $T_{\text{СК}} = 0.495$  с и  $0.33$  с)

Данная дискретная модель позволяет качественно представить движение отдельного элемента конвейерной ленты на приводном барабане с учетом нелинейной зависимости силы трения от скорости скольжения. Расчеты показали, что скорость скольжения ленты  $V_{\text{СК}}$  существенно зависит от жесткости ленты  $E_0$ , угловой скорости барабана. **ГИАС**

#### **КОРОТКО ОБ АВТОРЕ**

Реутов Александр Алексеевич — доктор технических наук, профессор, начальник учебно-методического управления, aareutov@yandex.ru, Брянский государственный технический университет.



---

### **ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)**

#### **РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ С ПОДВЕСНЫМИ РОЛИКООПОРАМИ ДЛЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Васянович Ю.А. и др. Дальневосточный федеральный университет, Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН; ОАО Приморскуголь, ЧС Сахалин Энерджи Инвестмент Компани, Лтд, vasyanovich\_2011@mail.ru

Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2012. — № 12. — 140 с.— М.: Издательство «Горная книга».

Рассмотрены факторы, характеризующие геомеханическое и геодинамическое состояние горного массива и характер влияния этих факторов на устойчивость откосов угольных разрезов Дальнего Востока, разрабатываемых в сложных горногеологических условиях, процессы и перспективные направления применения технологии подземной газификации углей; научно-методические, организационные и социально-экономические положения проекта строительства первой очереди горно-химического комплекса в Приморском крае. Разработана экономико-технологическая модель организации производства, технологий и технических средств глубокой химической переработки углекислотного минерального сырья, предложен вариант разработки наклонного угольного пласта по простиранию и отсыпки вскрышных пород во внутренние отвалы; рассмотрены вопросы и опыт оцифровки архивной горно-графической документации в среде ГИС с целью использования комплексного анализа в процессе мониторинга открытых горных работ, практика трехмерного моделирования карьеров на территории Приморского края.

Ключевые слова: шельф, нефть, газ, разлив нефти, загрязнение окружающей среды.

#### **PROBLEMS OF GEORESOURCE DEVELOPMENT OF THE FAR EAST. ISSUE 2**

Vasjanovich Yu.A. etc.

Presents information on hydrocarbon resources of Russian continental shelf, convergence of oil and gas reserve across the shelf and marine environment, the most promising areas for oil and natural gas recovery, hydrocarbon production impact on the ecology of the coastal zone and offshore. The analysis of the oil and natural gas recovery dynamics on the Sakhalin Island shelf, emergency situations and accidents due to oil spillage in the Sakhalin area and the causes of oil spillage is performed.

Key words: resources, hydrocarbons, shelf, problems, recovery, environment, emergency situations, oil spillages.