

УДК 621.867.2

O.С. Педченко**МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОДОЛЬНОГО
ИЗГИБА ПОДВЕСНОЙ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ
В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ****Семинар № 20**

Пенточные конвейеры с подвеской ленты к ходовым кареткам являются одним из перспективных вариантов развития конструкции машин непрерывного транспорта на горных предприятиях. Однако особенности изгиба ленты, как оболочки, имеющей скользящее шарнирное закрепление бортов на криволинейных участках конвейера вызывают необходимость исследования устойчивости формы её желоба на таких участках.

Цель вычислительного эксперимента заключалась в проверке полученных предварительно аналитических зависимостей допустимого радиуса продольной кривизны подвесной конвейерной ленты от параметров конвейера и ленты, а также в качественном анализе форм потери устойчивости желобчатого поперечного сечения ленты.

При теоретическом исследовании устойчивости формы поперечного сечения подвесной ленты было выделено три качественных фактора, влияющих на устойчивость: наличие или отсутствие груза на ленте, знак продольной кривизны трассы конвейера (изгиб выпуклостью вниз или вверх), наличие или отсутствие повышенного продольного натяжения бортов ленты.

Моделирование на ЭВМ продольного изгиба подвесной конвейерной ленты в вертикальной плоскости производилось методом конечных эле-

ментов с использованием пакета программ ИСПА. Процесс моделирования с использованием указанного пакета состоит в том, что на ЭВМ создается виртуальная физическая модель исследуемого объекта. При этом необходимо задавать абсолютные значения физико-механических констант конвейерной ленты, а также геометрических размеров ленты и конвейера.

При моделировании лента рассматривалась как тонкая оболочка, поэтому необходимо было задавать продольные и поперечные модули упругости и напряжения, уже умноженные на толщину ленты. Толщина ленты принята равной $d_{\lambda} = 12$ мм, при толщине каркаса $d_K \approx 6$ мм, что соответствует четырехпрокладочной ленте.

Моделировался участок ленты длиной $100 B_{\lambda}$, при этом шаг кареток принимался равным $\ell_K = B_{\lambda}$. Один конец ленты-оболочки считали закрепленным в заделке по контуру желоба, к другому концу, который считался свободным от закрепления, прикладывалось натяжение ленты, равномерно распределенное по её ширине:

$$\frac{S_{\Pi}}{B_{\lambda}} = s_{\Pi} = \frac{k_1 \cdot d_K}{2000} \approx \frac{k_2 \cdot d_K}{350}, \quad (1)$$

где S_{Π} – натяжение ленты, постоянное по её ширине; B_{λ} – ширина ленты; k_1, k_2 – жесткость ленты в про-

дольном и поперечном направлениях; d_K – толщина каркаса ленты.

Здесь величина k_1 выражена через переменную эксперимента k_2 , исходя из того, что прочность лент по утку составляет в среднем 35 % от прочности по основе, а нормируемое относительное удлинение по утку примерно в 2 раза больше, чем по основе.

Первоначальная форма поперечного сечения ленты задавалась шарнирным закреплением её бортов (скользящим в продольном направлении) на ширине подвеса $B_H = \xi \cdot B_\wedge$ (для углов подвески 30°, 60°, 90°; $\xi = 0,954; 0,827; 0,647$) и приложением удельной нагрузки от собственного веса ленты:

$$P_\wedge = \rho_\wedge \cdot d_\wedge \cdot g = 140 \frac{H}{M^2}, \quad (2)$$

т.к. масса 1 м² лент принятого типа составляет примерно 14 кг.

В соответствии с принятым выше соотношением между S_n и максимальным натяжением ленты, равным $\frac{1}{3}$, при имитации участка конвейера с

повышенным натяжением бортов на свободном конце ленты-оболочки, наряду с распределенной нагрузкой S_n , прикладывались к кромкам

ленты при $y = \pm \frac{B_\wedge}{2}$ две сосредоточенные силы, равные:

$$S_\delta = s_n \cdot B_\wedge = \frac{R_2 \cdot d_\wedge \cdot B_\wedge}{350}. \quad (3)$$

Для имитации давления груза на ленту, определялось максимально допустимое его давление, исходя из прочности ленты по утку. Согласно данным теоретического исследования, распределенная поперечная нагрузка на борта ленты

$$N_0 = \frac{B_\wedge^2 \cdot f}{2 \cdot F_2^2(\theta_0)}, \quad f = \rho_\Gamma \cdot g \cdot n, \quad (4)$$

где ρ_Γ – плотность груза; n – коэффициент бокового давления груза; $F_2(\theta_0) = 2,6 - 0,4 \cdot \cos \theta_0$; θ_0 – угол подвески.

Эта нагрузка не должна превышать прочности ленты по утку, с учетом коэффициента концентрации напряжений на кромках отверстий в ленте для крепления подвесок. Коэффициенты концентрации напряжений в таких случаях, согласно литературным данным, не превышают величины 2,6. Учитывая, что наибольшее допустимое продольное натяжение равно $3S_n$, а прочность ленты по утку равна примерно 35 % прочности по основе, получаем

$$N_0 \leq \frac{0,35 \cdot 3s_n}{2,6}, \text{ или}$$

$$f \leq \frac{0,35 \cdot 3}{2,6} \cdot \frac{k_2 \cdot d_K}{350} \cdot \frac{2 \cdot F_2^2(\theta_0)}{B_\wedge^2}. \quad (5)$$

Давление груза на ленту по данным теоретического исследования распределено по её ширине (по координате y) согласно закону:

$$P_\Gamma \approx \sqrt{2 \cdot f \cdot N_0} \cdot \sqrt{1 - \cos \theta_0} \cdot \cos \frac{\pi \cdot y}{B_\wedge} = \\ = \frac{B_\wedge \cdot f}{F_2 \cdot \theta_0} \cdot \sqrt{1 - \cos \theta_0} \cdot \cos \frac{\pi \cdot y}{B_\wedge}.$$

Учитывая (5) получаем распределение давления от веса груза:

$$P_\Gamma = \frac{k_2 \cdot d_K}{95 \cdot B_\wedge} \sqrt{\frac{1 - \xi}{(1 + 0,4 \cdot \xi)^3}} \cdot \cos \frac{\pi y}{B_\wedge}. \quad (6)$$

Цилиндрическая жесткость ленты в поперечном направлении, согласно рекомендациям по её определению, принималась равной

$$D_y = \frac{k_2 \cdot d_K^3}{12}.$$

Определение параметров бесконечно тонкой оболочки при моделировании продольного изгиба подвесной конвейерной ленты

Наименование параметра	Формула для определения
1. Продольная жесткость оболочки	$k_1 \cdot d_K = \frac{40}{7} \cdot k_2 \cdot d_K, \quad d_K = 6 \text{ мм.}$
2. Поперечная жесткость оболочки	$k_2 \cdot d_K, \quad d_K = 6 \text{ мм.}$
3. Цилиндрическая жесткость оболочки в поперечном направлении	$D_y = \frac{k_2 \cdot d_K^3}{12}, \quad d_K = 6 \text{ мм.}$
4. Постоянное продольное натяжение на единицу ширины оболочки	$S_{\Pi} = \frac{S_{\Pi}}{B_{\wedge}} = \frac{k_2 \cdot d_K}{350}, \quad d_K = 6 \text{ мм.}$
5. Удельная нагрузка от веса ленты	$P_{\wedge} = \rho_{\wedge} \cdot d_{\wedge} \cdot g = 140 \frac{H}{M^2}, \quad d_{\wedge} = 12 \text{ мм.}$
6. Дополнительная сосредоточенная сила натяжения одного борта оболочки	$S_6 = \frac{k_2 \cdot d_{\wedge} \cdot B_{\wedge}}{350}, \quad d_{\wedge} = 12 \text{ мм.}$
7. Давление груза на оболочку	$P_{\Gamma} = \frac{k_2 \cdot d_K}{95 \cdot B_{\wedge}} \cdot \sqrt{\frac{1-\xi}{(1+0,4 \cdot \xi)^3}} \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot y}{B_{\wedge}}\right), \quad \xi = \frac{B_H}{B_{\wedge}}.$
8. Относительный радиус продольной кривизны оболочки	$\frac{r}{B_{\wedge}} = \frac{r_{\max}}{B_{\wedge}} \cdot \left[1 - 4 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{x}{B_{\wedge}} - 50\right)^2\right]^{-2}.$
9. Длина криволинейного участка оболочки	$\ell = 100 \cdot B_{\wedge}.$
10. Шаг кареток	$\ell_K = B_{\wedge}.$

При имитации продольного изгиба ленты в вертикальной плоскости кривизна задавалась согласно уравнению:

$$K(x) = \frac{\pm 1}{r_{\max}} \cdot \left[1 - \frac{4 \cdot (x - \frac{\ell}{2})^2}{\ell^2} \right]^2 = \\ = \pm \left(\frac{1}{r_{\max}} \right) \cdot \left[1 - 4 \cdot \left(\frac{x - 50 \cdot B_{\wedge}}{100 \cdot B_{\wedge}} \right)^2 \right]^2 = \\ = \pm \left(\frac{1}{r_{\max}} \right) \left[1 - 4 \cdot 10^{-4} \left(\frac{x}{B_{\wedge}} - 50 \right)^2 \right]^2, \quad (7)$$

где $\ell = 100 \cdot B_{\wedge}; \left(\frac{1}{r_{\max}} \right)$ – максимальная кривизна продольного изгиба.

Таким образом, за единицу измерения расстояния вдоль оси X принята ширина ленты.

В ходе испытаний измерялось поперечное натяжение бортов ленты $N_{yt} = \sigma_{yt} \cdot d_{\wedge}$,

которое является функцией величины $k_2 \cdot d_K$, т.е. физико-механической константы исследуемой тонкой оболочки. Принятые параметры бесконечно тонкой оболочки при моделировании продольного изгиба подвесной конвейерной ленты сведены в таблице. ГИАБ

Коротко об авторе

Педченко О.С. – старший преподаватель военной кафедры, Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 20 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. В.И. Галкин.

