

БОКОВОЙ СХОД НИЖНЕЙ ВЕТВИ ЛЕНТЫ НА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ КОНВЕЙЕРА С ЖЕСТКИМ СТАВОМ ПРИ ПЕРЕКОСАХ РОЛИКООПОР

И.А. Конопляник

*ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения
с Опытным производством», Солигорск*

Введение. При движении по роlikоопорам става конвейерная лента под действием различных сил отклоняется в сторону от своего центрального положения и возникает явление, которое в практике называют боковым сходом.

Нецентральное движение ленты является в настоящее время одной из причин простоя конвейеров, появления просыпей в подконвейерном пространстве и запытки става, уменьшения сроков службы ленты из-за износа бортов и др. Все эти недостатки, связанные с боковым сходом ленты, снижают технико-экономические показатели конвейерного транспорта.

Изнашивание бортов ленты происходит в основном на линейной части конвейера. Рассмотрим основные причины, приводящие к боковому сходу ленты на линейной части конвейера, и оценим их влияние [1 – 3].

Первоначально количественно оценим способность линейных секций става «противостоять» постоянным во времени боковым сосредоточенным возмущениям. Полученные результаты могут быть полезны при выборе конструкции линейной секции, когда известны условия эксплуатации конвейера и качество его монтажа.

Исследование бокового схода ленты нижней ветви конвейера. Рассмотрим боковой сход ленты на этой ветви. Уравнение для определения поперечного изгиба ленты при статических нагрузках имеет вид (в дальнейших расчетах принимаем $\eta' = 0$)

$$\frac{EJ_n}{\rho F} \frac{d^4 \delta}{dx^4} - \frac{J_n}{F} v^2 \frac{d^4 \delta}{dx^4} - \left(\frac{N}{\rho F} - v^2 \right) \frac{d^2 \delta}{dx^2} + c_1 \frac{d \delta}{dx} + b_1 \delta = 0, \quad (1)$$

где J_n – момент инерции поперечного сечения ленты нижней ветви.

Проанализируем действие постоянной во времени боковой силы на ленту, движущуюся по двум возможным конструкциям роlikоопор для нижней ветви [3].

Однорольковая опора нижней ветви ленты конвейера.

Для данной конструкции жесткость системы $b_1 = 0$, следовательно, уравнение (1) имеет вид

$$n \frac{d^4 \delta}{dx^4} - d \frac{d^2 \delta}{dx^2} + c_1 \frac{d \delta}{dx} = 0, \quad (2)$$

где $n = \frac{EJ_n}{\rho F} - \frac{J_n v^2}{F}$;

$$d = \frac{N}{\rho F} - v^2.$$

Этому уравнению соответствует характеристическое уравнение относительно переменной λ

$$\lambda^3 - \frac{d}{n} \lambda - \frac{c_1}{n} = 0. \quad (3)$$

Для левой и правой полуволн боковых смещений вследствие влияния коэффициента c_1 , решение несимметрично

$$\delta_{(-)}(\eta) = \frac{P}{EJ_n (\alpha_3 - \alpha_2)(\alpha_1 - \alpha_2)(\alpha_3 - \alpha_1)} \exp(-\alpha_3 \eta);$$

$$\delta_{(+)}(\eta) = \frac{P}{EJ_n (\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \left[\frac{\exp(-\alpha_1 \eta)}{\alpha_3 - \alpha_1} - \frac{\exp(-\alpha_2 \eta)}{\alpha_3 - \alpha_2} \right],$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ — корни характеристического уравнения (3); P — боковая сила.

Так, у ленточного конвейера производительностью $Q = 1200$ т/ч ($v = 2,5$ м/с) для бокового схода ленты на нижней ветви на 100 мм достаточно бокового усилия 55 Н. Такое усилие возникает, например, при превышении одной стороны промежуточной стойки конвейера с $B = 1200$ мм по отношению к другой на 8,5 см или при перекосе в плане нижней роликоопоры всего на 1° .

Двухрольковая опора нижней ветви ленты конвейера.

Боковой сход δ мал по сравнению с длиной полуволны прогиба, поэтому величина $c_1 \delta / dx$ мала по сравнению с $b_1 \delta$ и ею в данном случае пренебрегаем. Уравнение боковых деформаций ленты запишем в виде

$$n \frac{d^4 \delta}{dx^4} - d \frac{d^2 \delta}{dx^2} + b_1 \delta = 0. \quad (4)$$

Поскольку мы пренебрегли величиной ϵ_1 , то для правой полуволны решение симметрично. Максимальный прогиб в точке приложения возмущающей силы ($\eta = 0$)

$$\delta_{\max}(0) = \frac{P}{2EJ_1 \alpha_1 (\alpha_2^2 - \alpha_1^2)} \left(1 - \frac{\alpha_1}{\alpha_3} \right).$$

Выполненный расчет для конвейера с теми же данными показал, что для бокового схода ленты на 100 мм при угле наклона роликов $\beta' = 10^\circ$ необходима статическая возмущающая сила 400 Н, что примерно в 7 раз больше, чем при однороликовых опорах. Следовательно, в боковом направлении жесткость системы «лента – двухроликовая опора» значительно повышается.

Рациональный угол β' наклона боковых роликов, обеспечивающий максимальную восстанавливающую силу, равен 45° . Однако исходя из допустимых углов θ перегиба ленты, обеспечивающих ее заданную долговечность, необходимо принимать углы наклона боковых роликов равными $\theta/2$ (при $\theta = 36, 45^\circ$; $\beta' = 18, 23^\circ$). Если возмущающая сила такова, что жесткости системы с двухроликовыми опорами недостаточно для удержания ленты в допустимых пределах, то возможен наклон внешних боковых концов роликов вперед по ходу движения на $2 - 3^\circ$. При этом возмущающая сила, необходимая для бокового схода ленты на 100 мм, увеличивается до 750 Н.

На нижней ветви конвейера коэффициент b'_1 при первом члене в разложении восстанавливающей силы зависит от углов наклона боковых роликов β'_1 и β'_2 в вертикальной и горизонтальной плоскостях (см. рис.)

$$b'_1 = \frac{2}{B} [\sin \beta'_1 + f_1(\beta'_2) \cos \beta'_1]. \quad (8)$$

Угол наклона боковых роликов ограничен допусаемым углом перегиба ленты (ГОСТ 20-85) и условием вписывания ленты в роликоопору (условием полного прилегания ленты к роликам). Допускаемое смещение ленты на нижней ветви определяется из условия некасания лентой металлоконструкций става

$$[\delta] = \frac{\Delta_c}{\cos \beta'_1} + l \frac{1 - \cos \beta'_1}{\cos \beta'_1}, \quad (9)$$

где Δ_c – зазор между бортом плоской ленты и металлоконструкцией става.

Наибольшие боковые смещения ленты (m) на нижней ветви с двухроликовыми опорами ($\beta'_1 = 0,21$ рад, $\beta'_2 = 0$).

Подвесные двухроликовые опоры на нижней ветви на горизонтальных и уклонных конвейерах без специальных устройств применять не рекомендуется, так как расчеты показали, что при движении ленты они уведутся вперед

восстанавливающая сила уменьшается и даже становится отрицательной. Применение таких роликоопор на бремсберговых конвейерах улучшает центрирование ленты.

Кроме сосредоточенных сил на ленту часто действуют возмущающие силы, различные по своей физической природе и характеру. Например, боковой ветер на карьерах или вспучивание почвы в шахтах эквивалентны воздействию сил, распределенных на значительной длине конвейера, причем как постоянных, так и изменяющихся во времени.

Для определения прогиба ленты под действием распределенной силы $q(x, t)$, действующей на участке d_1 , используем гармонический анализ, причем положим, что сила постоянна по времени. Уравнение (2) примет вид

$$n \frac{d^4 \delta}{dx^4} - d \frac{d^2 \delta}{dx^2} + c_1 \frac{d \delta}{dx} + b_1 \delta = q(x).$$

Максимальный прогиб при постоянной распределенной нагрузке $q = q_0$, действующей на участке d_1 ,

$$\delta_{\max}(0) = \frac{2q_0}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sin(\alpha d_1)}{\alpha(n\alpha^4 + d\alpha^2 + b)} d\alpha.$$

Выводы. Для нижней ветви и тех же параметров конвейера, что и выше, выполнены расчеты, из которых следует, что на нижней ветви с жестко установленными двухроликовыми опорами ($\beta' = 10^\circ$) достаточно возмущающей равномерно распределенной нагрузки $q_0 = 33 \text{ Н/м}$ на длине 20 м, чтобы лента сместилась на 100 мм от центрального положения.

Необходимое возмущающее усилие значительно увеличивается при увеличении степени загрузки конвейера, т.е. его производительности Q . Влияние натяжения не очень значительно: так, при увеличении натяжения в 8 раз сила P увеличивается всего в 1,3 раза. При увеличении угла наклона боковых роликов β' с 20 до 40° сила P увеличивается в 1,4 раза.

Литература

1. Шахмейстер, Л.Г. Теория и расчет ленточных конвейеров / Л.Г. Шахмейстер, В.Г. Дмитриев. — М.: Машиностроение, 1978. — С. 391.
2. Боголюбов, И.И. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний / И.И. Боголюбов, Ю.А. Митропольский. — М.: Физматгиз, 1958. — С. 408.

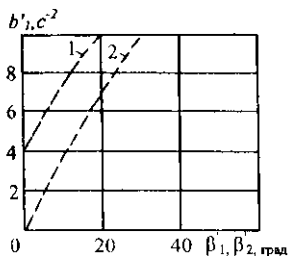


Рис. Зависимость жесткости b'_1 от углов наклона боковых роликов β'_1 и β'_2 :

$$1 - \beta'_1 = 0,035 \text{ рад};$$

$$2 - \beta'_2 = 0$$

3. Дмитриев, В.Г. Исследование боковых смещений ленты порожняковой ветви конвейера, оборудованной центрирующими опорами / В.Г. Дмитриев, А.А. Реутов // Изв. вузов. Горный журнал. - 1980. - № 11. - С. 43 - 47.

4. Коноплиник, И.А. Исследование влияния эксцентриситетов роликов и барабанов на движение конвейерной ленты / И.А. Коноплиник // Горная механика. - № 1 - 2. - 2004. - С. 75 - 83.

УДК 622.6.2

БОКОВОЙ СХОД ВЕРХНЕЙ ВЕТВИ ЛЕНТЫ НА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ КОНВЕЙЕРА С ЖЕСТКИМ СТАВОМ ПРИ ПЕРЕКОСАХ РОЛИКООПОР

И.А. Коноплиник

ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», Солигорск

Введение. Оценим боковой сход ленты на грузовой ветви на ставах с жесткими и подвесными роликоопорами [1 - 3]. Расчетами установлено, что при одной и той же возмущающей силе 3000 Н лента сходит в боковом направлении на ставе с жесткими роликоопорами на 150 мм, а на ставе с шарнирными роликоопорами, ролики которых могут перемещаться в вертикальной и горизонтальной плоскостях, всего на 90 мм. Причем, если принять допустимый боковой сход равным 100 мм, то на ставе с жесткими роликоопорами лента на длине 6 м будет находиться за границей допустимого схода, тогда как на ставе с шарнирными роликоопорами допустимый сход ленты вообще не достигается.

Исследование бокового схода ленты верхней ветви конвейера. Рассмотрим влияние параметров конвейера на сосредоточенную возмущающую силу P , вызывающую определенный боковой сход. Необходимое возмущающее усилие значительно увеличивается при увеличении степени загрузки конвейера, т.е. его производительности Q (рис. 1). Влияние натяжения не очень значительно: так, при увеличении натяжения в 8 раз сила P увеличивается всего в 1,3 раза. При увеличении угла наклона боковых роликов β' с 20 до 40° сила P увеличивается в 1,4 раза (рис. 1).

Следовательно, уменьшать сход ленты при действии боковых возмущающих нагрузок наиболее целесообразно путем увеличения угла наклона боковых роликов. Например, на участковых и забойных конвейерах необходимо применять повышенные углы наклона боковых роликов, так как невысокое качество установки става и внецентренная загрузка ленты приводят к возникновению значительных боковых сил, частому боковому сходу ленты и интенсивным просыпям.