

УДК 621.867

**Ю.А. Яхонтов**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ЛЕНТУ ПРИ ЕЕ БОКОВОМ СХОДЕ НА БРЕМСБЕРГОВОМ КОНВЕЙЕРЕ С ПОДВЕСНЫМИ РОЛИКООПОРАМИ**

**П**одвесные роlikоопоры в зависимости от угла установки конвейера, а также от движения ленты могут изменять свое положение по отношению к ленте. При этом может меняться и силовое взаимодействие ленты с подвесными роlikоопорами. Например, на бремсберговом конвейере, при боковом сходе ленты, с определенного угла установки конвейера, суммарная поперечная сила, действующая на ленту может стать децентрирующей, а само движение ленты — неустойчивым. При этом, увод внутренних концов боковых роликков вперед по ходу движения ленты, вызывая нелинейное изменение приведенного коэффициента трения создает предпосылки для автоколебательных процессов, вызывающих повышенное сопротивление движению ленты, ее износ и понижение срока службы роlikоопор.

Для исследования указанных явлений, а также для установления рациональных параметров и областей применения подвесных роlikоопор, широко используемых на ленточных конвейерах, необходимо изучение силового взаимодействия ленты и груза с подвесными роlikоопорами, с определением поперечных сил, действующих на ленту при ее боковом сходе в зависимости от параметров конвейера.

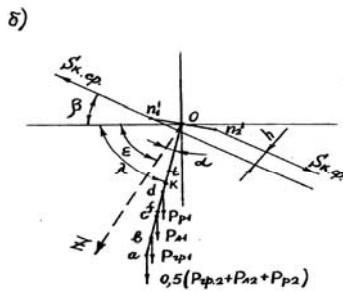
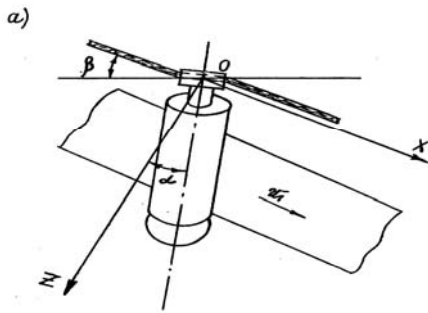
Рассмотрим наиболее общий случай, когда имеется плечо крепления роlikоопоры к канатам става. Такое крепление имеют, например, многие подземные ленточные конвейеры унифицированного ряда. Частным случаем такого крепления являются конструкции с шарнирным соединением роlikоопор со ставом (т.е. длина плеча равна нулю). Таким образом, выражения для определения поперечных сил при плечевом креплении подвесных роlikоопор, позволят определять, в качестве частного решения, эти силы и для других конструктивных вариантов.

Соединение подвесных роlikоопор с канатами става посредством плеча крепления, при установке на конвейере, работающем вниз под уклон, позволяет поворачиваться роlikоопорам относительно места крепления под действием сил тяжести и трения только совместно с канатами става (рис. 1). Для нахождения поперечных сил, действующих на ленту при ее боковом сходе, необходимо определить положение роlikоопоры, угол перекоса боковых роликков в зависимости от наклона конвейера и его конструктивных параметров.

Рассмотрим схему силового взаимодействия ленты с подвесной роlikоопорой (рис. 1,б). Составим уравнение равновесия моментов сил относительно точки *O* для одного каната.

$$\begin{aligned} S_{к.ср.} \cdot h - P_{сп1} \cdot g \cdot Ob \cdot \cos \lambda - P_{л1} \cdot g \cdot Oc \cdot \cos \lambda - \\ - P_{р1} \cdot g \cdot Od \cdot \cos \lambda - 0,5(P_{сп2} + P_{л2} + P_{р2})gOa \cos \lambda - \\ - F_{тр.р1} \cdot Ot \cdot \cos \alpha - F_{тр.л1} \cdot Ok \cdot \cos \alpha - F_{тр.сп1} Of \cos \alpha - \\ - 0,5(F_{тр.сп2} + F_{тр.л2} + F_{тр.р2}) \cdot Oa \cdot \cos \alpha = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

где  $S_{к.ср.}$  — сила натяжения каната в месте крепления роlikоопоры;  $P_{сп1}, P_{л1}, P_{р1}$  — соответственно массы частей груза и ленты, приходящиеся на боковой ролик и масса бокового ролика;  $0,5(P_{сп2} + P_{л2} + P_{р2})$  — соответственно половина масс груза и ленты приходящихся на средний ролик и среднего ролика, приведенные к месту соединения осей бокового и среднего ролика, приведенные к месту соединения осей бокового и среднего ролика;  $F_{тр.сп1}, F_{тр.л1}, F_{тр.р1}, 0,5(F_{тр.сп2} + F_{тр.л2} + F_{тр.р2})$  — силы трения от взаимодействия соответствующих масс с боковым и средним роликками;  $Oa, Ob, Oc, Od, Of, Ok, Ot$  — плечи приложения сил;  $\lambda = 90^\circ - \beta + \alpha, \beta$  — угол наклона конвейера,  $\alpha$  —



угол отклонения оси бокового ролика в проекции на плоскость XOZ;  $h = n'_1 n'_2 \cdot \sin \alpha$ ,  $n'_1 n'_2$  — плечо крепления роликоопоры на канате.

Подставляя значения параметров конвейера в уравнение (1) и решая его относительно угла  $\alpha$  получим выражение

$$\alpha = - \frac{a'_0 \cdot \sin \beta + a''_0 + a'''_0}{a_1 \cdot \operatorname{tg} \beta' - a'_0 \cdot \cos \beta - S_{k.sp} \cdot b} \quad (2)$$

где  $a'_0$ ,  $a''_0$ ,  $a'''_0$ ,  $a_1$  — постоянные коэффициенты, зависящие от параметров конвейера;  $b = n'_1 n'_2$ .

Зависимость между углом перекоса бокового ролика в плане конвейера ( $\gamma$ ) и углом отклонения бокового ролика ( $\alpha$ ) имеет вид  $\sin \gamma = \operatorname{tg} \beta' \cdot \operatorname{tg} \alpha$  (3)

где  $\beta'$  — угол наклона боковых роликов.

Выполнив расчет для конвейера с шириной ленты 1000 мм, углом наклона боковых роликов  $\beta' = 30^\circ$ , при натяжении канатов става  $S_{k.sp} = 18,5$  кН (при этом провес в центре пролета равен  $y = 0,01 \cdot l_{cm}$ , где  $l_{cm}$  — расстояние между стойками секций става), и при угле наклона конвейера  $\beta = -16^\circ$ , определим угол перекоса боковых роликов (в плоскости XOY), который составит  $2^\circ 3'$ . Поперечная сила трения

#### Схема силового взаимодействия ленты с роликоопорой

достигает максимального значения в основном при углах перекоса  $\gamma = 1^\circ 45' - 2^\circ$ . Следовательно, при угле  $2^\circ 3'$  возникает, при боковом сходе ленты максимально возможная, распределенная по всей длине конвейера поперечная децентрирующая сила. Причем, при меньшем натяжении канатов става, например, при провесе в центре пролета равном  $y = 0,02 l_{cm}$ , величина максимальной децентрирующей силы трения, при боковом сходе ленты, достигается при значительно меньших углах наклона конвейера (около  $6^\circ$ ).

Зная положение подвесной роликоопоры при различных углах наклона конвейера, можно определить поперечные силы, действующие на ленту при ее боковом сходе: силу от неуравновешенных частей груза и ленты ( $F_{sp}$ ); силу трения, возникающую от взаимодействия ленты с боковыми роликами, имеющими угол перекоса в плане конвейера ( $F_n$ ) и силу от груза и ленты, возникающую из-за наклона всей роликоопоры при большем провисании каната в сторону которого сходит лента ( $F_n$ ). Определим эти силы в зависимости от величины бокового схода, ленты  $\delta$ .

$$F_{sp} = b'_1 \cdot \delta \quad (4)$$

$$b'_1 = \left\{ \frac{k [l_p + 2(l_p - l_1) \cdot \cos \beta'] \cdot \sin(\beta' + \varphi) \cdot \gamma' + \frac{2q_s}{B}}{2 \cos \varphi} + \frac{2q_s}{B} \right\} \times \sin \beta' \cdot \cos \beta' \cdot l'_p \cdot g \quad (5)$$

где  $k$  — коэффициент пропорциональности;  $l_p$  — длина ролика;  $l_1$  — длина незагруженной части бокового ролика при симметричном положении ленты на роликоопоре;  $\varphi$  — угол естественного откоса груза в движении;  $\gamma'$  — объемная насыпная масса груза;  $B$  — ширина ленты;  $q_s$  — погонная масса ленты;  $g$  — ускорение свободного падения;  $l'_p$  — расстояние между роликоопорами.

$$F_n = -b'_2 \cdot \delta \quad (6)$$

$$b'_2 = b'_1 \cdot c_1 \operatorname{tg} \beta' \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot c_1 \quad (7)$$

где  $c_1$  — коэффициент пропорциональности в выражении силы трения от угла перекоса  $\gamma$ .

$$F_n = -b'_3 \cdot \delta \quad (8)$$

$$b'_3 = \frac{0,5(q_{sp} + q_s)[A_1(n_2n - nn_1) + A_2(n_2n' - n'n_1)]l_p^2 g}{S_{к.сп.}} \quad (9)$$

где  $A_1, A_2$  — постоянные коэффициенты, зависящие от параметров конвейера;  $n_2n, nn_1, n_2n', n'n_1$  — расстояния от точек приложения сил до мест крепления роlikоопоры на канатах става.

Общая поперечная сила, действующая на ленту при ее боковом сходе на бремсберговом конвейере определится

$$F_\Sigma = (b'_1 - b'_2 - b'_3)\delta \quad (10)$$

И вводя обозначение

$$b_\Sigma = \frac{b'_1 - b'_2 - b'_3}{l_p} = b_1 - b_2 - b_3, \quad \text{получим выражение для}$$

распределенной по длине конвейера поперечной силы

$$f_\Sigma = b_\Sigma \cdot \delta \quad (11)$$

Для конвейера с шириной ленты 1000 мм, с канатным ставом и подвесными роlikоопорами были рассчитаны поперечные

силы, действующие на ленту при ее боковом

сходе. Например, при натяжении канатов става, обеспечивающих максимальный провес в центре пролета  $y = 0,01l_{cm}$ , общая поперечная сила составила: для  $\beta = 0^\circ$ ,  $F_\Sigma = 89 H$ , а для  $\beta = -16^\circ$ ,  $F_\Sigma = 29 H$ .

Выводы. Полученные зависимости поперечных сил, возникающих при боковом сходе ленты, позволяют анализировать влияние отдельных параметров конвейера на величину суммарной поперечной силы, действующей на ленту. На бремсберговом конвейере суммарная поперечная центрирующая сила резко уменьшается с увеличением угла наклона конвейера, что значительно снижает устойчивость поперечного движения ленты. В отдельных случаях эта сила может стать даже децентрирующей. Снизить децентрирующий эффект от перекося боковых роlikов, можно увеличением плеча крепления роlikоопор или повышением натяжения канатов става.



© Ю.А. Яхонтов, 2005

УДК 621.867

*Ю.А. Яхонтов*

### **УТОЧНЕННЫЙ ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА С ПОДВЕСНЫМИ РОЛИКООПОРАМИ**

**П**ри работе ленточных конвейеров с подвесными роlikоопорами, при взаимодействии ленты с грузом, внутренние концы боковых роlikов трехроlikовой опоры могут уводиться вперед по ходу движения ленты. Из-за возникающего проскальзывания ленты относительно боковых роlikов, имеющих перекося в плане конвейера, появляется дополнительная сила сопротивления движению ленты, которую необходимо учитывать при тяговом расчете.

В работе [1] показано, что сила сопротивления движению ленты на грузовой ветви складывается из сопротивлений: от деформации груза и ленты; от вращения роlikов лентой и от вдавливания роlikов в нижнюю обкладку ленты. При этом установлено, что сила сопротивления от вращения роlikов и от вдавливания их в нижнюю обкладку ленты, увеличивается пропорционально количеству роlikоопор, то есть растет линейно по длине конвейера, в то время как сила сопротивле-

ния движению ленты от деформации груза и ленты изменяется по длине конвейера нелинейно в соответствии с натяжением ленты. С учетом разного характера изменения сил сопротивления движению ленты, в работе [1] было определено сопротивление движению ленты на грузовой ветви конвейера с жесткоустановленными роlikоопорами в зависимости от натяжения ленты и длины конвейера.

Особенностью тягового расчета ленточных конвейеров с подвесными роlikоопорами является то, что кроме четырех, учтенных ранее сопротивлений движению ленты на грузовой ветви, необходимо также учитывать сопротивление движению от проскальзывания ленты относительно боковых роликков, имеющих перекося в плане конвейера. Данное сопротивление движению ленты было определено из выражения

$$W_{\text{лп}} = (q_{z,\delta} + q_{n,\delta}) \cdot g \cdot \cos \beta' \cdot \cos \beta \cdot f_{\text{лп}} \cdot L \quad (1)$$

где  $q_{z,\delta}$  и  $q_{n,\delta}$  — соответственно погонные массы частей груза и ленты, приходящиеся на боковые роликки трехроlikовой опоры,  $f_{\text{лп}}$  — приведенный коэффициент трения скольжения ленты относительно боковых роликков,  $\beta$  и  $\beta'$  — соответственно углы наклона конвейера и боковых роликков,  $L$  — длина конвейера.

Линеаризуя зависимость

$f_{\text{лп}} = c_1 \cdot \gamma - c_2 \cdot \gamma^2 + c_3 \cdot \gamma^3$  (где  $\gamma$  — угол перекося ролика в плане конвейера) и принимая  $q_{\delta} = (q_{z,\delta} + q_{n,\delta}) \cos \beta'$ , составим дифференциальное уравнение для определения изменения натяжения ленты по длине конвейера с подвесными роlikоопорами. Выделяя элемент ленты длиной  $dx$ , получим следующее выражение для приращения натяжения ленты по длине  $dx$

$$dS = \left[ (q_z + q_n) \cdot C_{\text{деф}} \cdot e^{-\frac{s}{\epsilon}} + (q_z + q_n) \cdot C_{\text{вд}} + (q_z + q_n + q'_p) \cdot C_{\text{вр}} + q_{\delta} \cdot c_1 \left( D_1 \cdot e^{-\frac{s}{\epsilon}} + D^2 \right) \right] g \cdot \cos \beta \cdot dx \quad (2)$$

где  $C_{\text{деф}}$ ,  $C_{\text{вд}}$ ,  $C_{\text{вр}}$  — коэффициенты сопротивления соответственно от деформирования груза и ленты, вдавливания в нижнюю обкладку ленты и вращения роликков;  $q_z, q_n, q'_p$  — погонные массы соответственно груза, ленты и вращающихся частей роlikоопор грузовой ветви;  $D_1, D_2$  — постоянные

величины, зависящие от параметров конвейера и приведенного коэффициента трения;  $\epsilon$  — константа не зависящая от натяжения ленты.

Решение дифференциального уравнения (2) имеет вид

$$S(x) = S_z + A_2 \cdot x + \epsilon \cdot \ln \left[ 1 + \frac{A_1}{A_2} \cdot e^{-\frac{s_z}{\epsilon}} \left( 1 - e^{-\frac{A_2 \cdot x}{\epsilon}} \right) \right] \quad (3)$$

где

$$A_1 = \left[ (q_z + q_n) \cdot C_{\text{деф}} + q_{\delta} \cdot c_1 \cdot D_1 \right] \cdot g \cdot \cos \beta \quad (4)$$

$$A_2 = \left[ (q_z + q_n) C_{\text{вд}} + (q_z + q_n + q'_p) C_{\text{вр}} + q_{\delta} c_1 D_1 \right] g \cos \beta \quad (5)$$

Сопротивление движению ленты на грузовой ветви горизонтального конвейера длиной  $L$  с подвесными роlikоопорами определится из уравнения

$$W_r = A_2 \cdot L + \epsilon \cdot \ln \left[ 1 + \frac{A_1}{A_2} \cdot e^{-\frac{s_z}{\epsilon}} \left( 1 - e^{-\frac{A_2 \cdot L}{\epsilon}} \right) \right] \quad (6)$$

Распределенные сопротивления движению ленты на порожней ветви, как и сосредоточенные сопротивления движению, определяются аналогично конвейеру с жесткоустановленными роlikоопорами. Поэтому полученное выражение (6) позволяет проводить уточненный тяговый расчет ленточного конвейера с подвесными роlikоопорами. С целью сравнения разных конструкций ставов был проведен конкретный расчет для конвейера с шириной ленты 1000 мм, скоростью движения 2,5 м/с и длиной 500 м, который показал, что суммарный коэффициент сопротивления движению

$w' = W_r / (q_z + q_n + q'_p) \cdot g \cdot L$  составил: для става с жесткоустановленными роlikоопорами ~ 0,02265, для става с шарнирной подвеской роlikоопор к ставу ~ 0,083426, для става с плечевым креплением подвесных роlikоопор к канатам ~ 0,02965.

На бремсберговом конвейере, отклонение внутренних концов боковых роликков подвесных роlikоопор увеличивается за счет угла наклона конвейера. При этом изменяется, по сравнению с горизонтальным конвейером, и сопротивление движению ленты от проскальзывания ее относительно боковых роликков ( $W_{\text{лп}}$ ). Рассмотрим конструкцию подвесных роlikоопор с плечевым креплением на канатах става (например, конвейер 1Л100). Аналогично горизонтальному конвейеру, но с учетом скатывающей силы  $(q_z + q_n) \cdot g \cdot \sin \beta$ , за-

пишем уравнение для определения натяжения ленты на грузовой ветви бремсбергового конвейера с подвесными роlikоопорами.

$$S(x) = S_T + A_3 \cdot x + \varepsilon \cdot \ln \left[ 1 + \frac{A'_1}{A_3} \cdot e^{-\frac{x}{\varepsilon}} \left( 1 - e^{-\frac{A_3 \cdot x}{\varepsilon}} \right) \right] \quad (7)$$

где

$$A'_1 = [(q_z + q_n) \cdot C_{оэф} + q_6 \cdot c_1 \cdot D'_1] \cdot g \cdot \cos \beta \quad (8)$$

$$A_3 = \left\{ [(q_z + q_n) C_{од} + (q_z + q_n + q'_p) C_{сп} + q_6 \cdot c_1 \cdot D'_2] \cos \beta - (q_z + q_n) \sin \beta \right\} g \quad (9)$$

Сопротивление движению ленты на грузовой ветви бремсбергового конвейера длиной  $L$  находится из выражения

$$W_T = A_3 \cdot L + \varepsilon \cdot \ln \left[ 1 + \frac{A'_1}{A_3} \cdot e^{-\frac{x}{\varepsilon}} \left( 1 - e^{-\frac{A_3 \cdot L}{\varepsilon}} \right) \right] \quad (10)$$

Для уклонного конвейера в выражениях (7, 9, 10) скатывающая сила  $(q_z + q_n) g \sin \beta$  будет иметь другой знак.

Выводы.

Получены зависимости для определения

натяжения и сопротивления движению ленты, позволяющие проводить уточненный тяговый расчет ленточного конвейера с подвесными роlikоопорами. С применением на конвейере става с подвесными роlikоопорами, сопротивление движению ленты на грузовой ветви увеличивается из-за дополнительного трения ленты о боковые ролики, имеющие перекося в плане конвейера. Коэффициент сопротивления движению ленты на грузовой ветви ( $w'$ ) на стае с шарнирной подвеской роlikоопор  $\sim$  в 3,7 раза больше, чем на стае с жесткоустановленными роlikоопорами. При плечевом креплении подвесных роlikоопор к канатам става коэффициент сопротивления движению ленты значительно снижается по сравнению с шарнирной подвеской, превышая всего в 1,3 раза значение аналогичного коэффициента на стае с жесткоустановленными роlikоопорами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г. Теория и расчет ленточных конвейеров. М. Машиностроение. 1987. 336 с.



© Ю.А. Яхонтов, 2005

УДК 621.867

**Ю.А. Яхонтов**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ КАНАТОВ СТАВА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА С ПОДВЕСНЫМИ РОЛИКООПОРАМИ**

**П**ри движении ленты по подвесным роlikоопорам, навешенным на канатный став, на них возникают силы трения, которые суммируются со статическим натяжением канатов, изменяя его по длине става. Эти силы трения ( $R_d$ ) возникают от взаимодействия ленты с боковыми роliками, имеющих перекося в плане конвейера. Если силы трения кана-

тов о стойки става ( $R_T$ ) больше сил  $R_d$ , то происходит компенсация сил  $R_d$  и натяжение канатов става можно считать для условия статики. В том случае, если  $R_d > R_T$ , то натяжение канатов в начале грузовой ветви ( $S_n$ ) должно быть больше статического, поскольку от начала грузовой ветви к ее концу происходит постепенная вытяжка провеса канатов горизонтальными

силами  $R_d$  и если в начале грузовой ветви горизонтального конвейера принять натяжение канатов равным статическому, то в конце грузовой ветви их провес может оказаться больше допустимого. Рассмотрим изменение натяжения канатов става с подвесными роликоопорами для горизонтальных и наклонных конвейеров.

На рис. 1а показана расчетная схема секции канатного става с подвесными роликоопорами. Нагрузка, приходящаяся на один канат от роликоопоры, ленты и груза обозначена:  $P_T = 0,5(q_z + q_n + q'_p) \cdot l'_p \cdot g$  (где  $q_z$ ,  $q_n$ ,  $q'_p$  — соответственно, погонные массы груза, ленты и вращающихся частей роликоопор,  $l'_p$  — расстояние между роликоопорами. Ввиду малости стрелы провеса ( $y$ ) принимаем  $H_A \approx S_A$ ;  $H_B \approx S_B$ . Если обозначить начало грузовой ветви конвейера точкой  $n$ , а конец — точкой  $A$ , то натяжение одного каната става горизонтального конвейера с подвесными роликоопорами определится из выражения

$$S_n = S_A + R_d(L) - R_T(L) \quad (1)$$

$$R_T = \sum_{i=1}^k R_i \cdot f \quad (2)$$

$$R_d = 0,5 \left\{ A_2 \cdot L + \varepsilon \cdot \ln \left[ 1 + \frac{A_1}{A_2} \cdot e^{-\frac{s_z}{\varepsilon}} \left( 1 - e^{-\frac{A_1 \cdot L}{\varepsilon}} \right) \right] \right\} \quad (3)$$

$$A_1 = [(q_z + q_n) \cdot C_{деф} + q_6 \cdot c_1 \cdot D_1] \cdot g \cdot \cos \beta$$

$$A_2 = [(q_z + q_n) C_{во} + (q_z + q_n + q'_p) C_{сп} + q_6 c_1 D_2] g \cos \beta$$

где  $R_i$  — вертикальная реакция на стойке става;  $k$  — количество секций става;  $C_{деф}$ ,  $C_{во}$ ,  $C_{сп}$  — коэффициенты сопротивления движению ленты от деформирования груза ленты, вдавливания роликов в ленту и вращения роликов;  $q_6$  — погонные части груза и ленты, приходящиеся на боковые ролики трехроликовой опоры;  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $\varepsilon$  — постоянные величины, зависящие от параметров конвейера;  $L$  — длина конвейера;  $S_T$  — натяжение ленты в начале грузовой ветви конвейера;  $c_1$  — коэффициент аппроксимации приведенного коэффициента трения скольжения ленты относительно боковых роликов,  $\beta$  — угол наклона конвейера.

На рис. 1б показаны графики изменения рассмотренных сил от начала грузовой ветви горизонтального конвейера длиной 500 м, с

шириной ленты 1000 мм, до конечной секции става (т. А). Статическое натяжение канатов, обеспечивающее стрелу провеса в центре пролета  $y = 0,01 \cdot l_{ст}$  обозначено —  $S$ . Для того, чтобы обеспечить натяжение канатов в конце грузовой ветви  $S_A = S = 18424 H$  ( $y = 0,01 \cdot l_{ст}$ ), с учетом указанных ранее сил  $R_d$  и  $R_T$ , натяжение канатов в т.  $n$  необходимо принимать значительно большим:  $S_n = 28360 H$  (т.е. уточнение по сравнению со статическим расчетом на ~ 54%).

Если предположить расчет натяжения канатов става только из условия статики (принять равным  $S_n = 18424 H$ ), то в последнем пролете (В-А) натяжение канатов за счет действия сил  $R_d$  окажется равным  $S_A = 8586 H$ , при соответствующем провесе канатов в центре пролета между стойками става равным  $y = 0,0214 \cdot l_{ст}$ .

При возможных колебаниях канатов и снижении коэффициента трения канатов о стойки става до  $f = 0,05$ , натяжение канатов в последнем пролете (В-А) при исходном статическом натяжении  $S_n = S = 18424 H$ , составит всего  $S_A = 1235 H$  (показано пунктиром) и провес канатов станет недопустимым для нормальной работы конвейера, а именно  $y = 0,146 \cdot l_{ст}$ .

Аналогично были определены натяжения канатов става для бремсбергового и уклонного конвейеров, где отличие от горизонтального конвейера составляет дополнительная скатывающая сила, определяемая для одной роликоопоры как  $P_T \cdot \sin \beta$ . Выполняя расчет бремсбергового конвейера с подвесными роликоопорами, длиной 500 м, с шириной ленты 1000 мм и углом наклона конвейера  $\beta = -16^\circ$ , получим следующие зависимости рассматриваемых сил (рис. 2а). При натяжении каждого каната става в конце грузовой ветви конвейера  $S = 17493 H$  (провес в центре пролета между стойками става при этом  $y = 0,01 \cdot l_{ст}$ ) в начале грузовой ветви натяжение каната, составит  $S_n = 114605 H$ . Без учета силы  $R_d$ ,  $S_n$  будет равно 85272 Н. Таким образом предлагаемый метод расчета дает существенное уточнение (а именно на 34,4%), учитывающее реально возникающее натяжение кана-

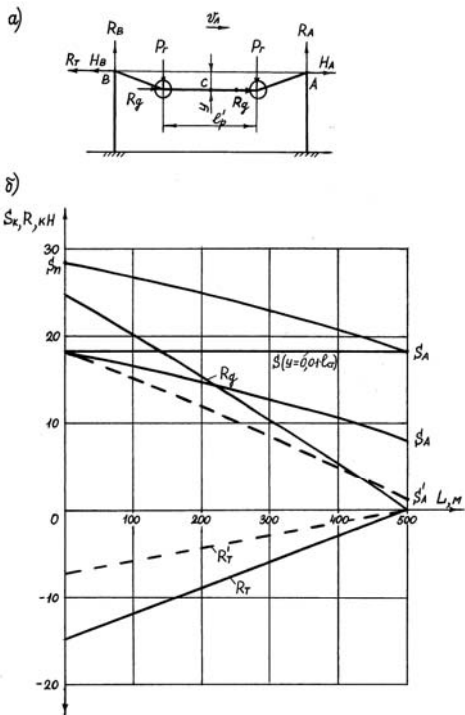


Рис. 1. Схема сил, действующих на канаты става (а) и их изменение по длине горизонтального конвейера (б)

тов става.

На рис. 2б показано изменение сил по длине уклонного конвейера длиной 500 м, при ширине ленты — 1000 мм и угле установки  $\beta = +18^\circ$ . При натяжении каждого каната става в начале грузовой ветви (пролет В-А)  $S_A = S = 17408 \text{ Н}$  (провес  $y = 0,01 \cdot l_{\text{ст}}$ ), натяжение канатов в конце грузовой ветви составит  $S_n = 72250 \text{ Н}$ . Без учета сил  $R_d$  натяжение канатов  $S_n = 94734 \text{ Н}$ . Уточнение расчета по предлагаемому методу с учетом реально действующих натяжений канатов составит 31%.

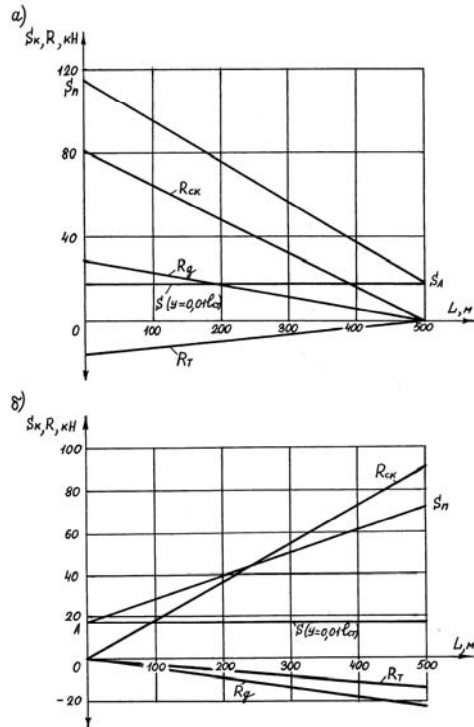


Рис. 2. Изменение натяжения канатов става и сил, действующих на них на бремсберговом (а) и уклонном (б) конвейерах

Предлагаемый метод расчета канатов става конвейера с подвесными роликоопорами, учитывающий силы трения, возникающие от взаимодействия ленты с боковыми роликами, имеющими перекося в плане конвейера, существенно уточняет статический расчет, например, для выполненных практических расчетов: для горизонтального конвейера ~ на 54%, для бремсбергового конвейера ~ на 34%, для уклонного конвейера ~ на 31%.\*

### Коротко об авторах

Яхонтов Юрий Александрович – профессор, кандидат технических наук, Московский государственный геологоразведочный университет.

