

Д.Л. Колосов, канд. техн. наук

(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

ОЦЕНКА УВЕЛИЧЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РЕЗИНОТРОСОВЫХ ЛЕНТ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА ЛЕНТЫ ДВУХСЛОЙНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Как показывает опыт эксплуатации конвейерных лент, основная причина их разрушения – неравномерность распределения тягового усилия между тяговыми элементами сердечника. При этом наиболее слабым элементом конвейерной ленты является стыковое соединение, относительная агрегатная прочность которого достигает всего 50...70 %, и разрушение ленты происходит именно вследствие недостаточной прочности стыка.

Ленты двухслойной конструкции [1] имеют увеличенное значение соотношения периметра тросов и величины тягового усилия по сравнению с однослойными. Увеличение этого соотношения ведет к повышению прочности стыковых соединений и позволяет использовать тросы на основе проволок, изготовленных по современным технологиям с пределом прочности проволок до $\sigma_b = 3000 \text{ Н/мм}^2$ и более.

Проведенные исследования [2] показали, что в целом усилия в тросах двухслойной ленты при изгибе на барабане несущественно превышают усилия (напряжения) в однослойных резинотросовых лентах. Поэтому оценка изменения долговечности двухслойных лент осуществлялась по изменению долговечности наиболее слабого участка ленты – стыкового соединения.

При анализе напряженно-деформированного состояния стыковых соединений была использована одноосная сдвиговая модель, когда тросы воспринимают только растяжение в направлении оси ленты, а резиновая матрица – только сдвиговые деформации [1].

Срок службы конвейерной ленты можно определить по известной зависимости [3]

$$N_i = N_{\sigma}^* n_o^m \left(\frac{k_{\Pi} k_{\Delta} k_{\Gamma}}{n_{\text{СТ}}} + \frac{y_{\text{И}}}{y_{\text{В}}} \right)^{-m}, \quad (1)$$

где N_{σ}^* – база испытаний, $N_{\sigma}^* = \frac{N_{\sigma}}{n_1 n_2 n_p}$; N_{σ} – значение базы испытаний в соответствии с линией регрессии, полученной в результате обработки данных испытаний на усталость образцов одиночного обрезаемого троса; n_1, n_2, n_p – коэффициенты, учитывающие понижение долговечности соответственно из-за медленного изменения нагрузки, наличия перегибов ленты в разные стороны, разброса опытных данных; n_o – ограниченный относительный предел выносли-

ности при отнулевом цикле, $n_o = \frac{y_{\varepsilon 0}}{y_b}$; $\sigma_{\varepsilon 0}$ – предел выносливости при отнулевом цикле; σ_b – предел прочности проволок троса; m – коэффициент регрессии, установленный ранее для резинотросовой ленты экспериментально; $\sigma_{и}$ – напряжения от изгиба на барабане $\left(\frac{y_{и}}{y_b} \approx 0,03\right)$; k_d – коэффициент динамичности, характеризующий дополнительную динамическую перегрузку тросов при пуске конвейера ($k_d = 1,4 \dots 1,5$) [3]; $k_{п}$ – коэффициент перегрузки наиболее нагруженного троса в стыковом соединении; $n_{ст}$ – статический коэффициент запаса прочности ленты; k_t – коэффициент перегрузки тросов, обусловленный наличием поврежденной тросовой основы.

Примем длину конвейера $L = 460$ м, тип резинотросовой ленты РТЛ-4000, число циклов нагружения в сутки соответственно 186 и 280 при двухсменном и трехсменном режиме работы, значения коэффициентов $n_o = 0,37$ (для $N_6 = 1,1 \cdot 10^6$); $m = 4,817$, значения коэффициентов $n_1 = 2$; $n_2 = 1,15$; $n_p = 2$ [3].

При условии, что статический коэффициент запаса прочности ленты $n_{ст} = 10$, допустимые значения $[k_{п}]$ для условий двух- и трехсменного режима работы соответственно составляют 1,5 и 1,36, т.е. относительно невелики, в то время, как реальные значения $k_{п}$ на участке изгиба конвейерного става превышают указанные значения [3].

То же относится и к участку повреждения тросовой основы. Например, при запасе прочности $n_{ст} = 10$ и коэффициенте перегрузки $k_{п} = 1,5$ допустимый коэффициент перегрузки $k_t = 1,62$, что соответствует одному разрушенному крайнему тросу однослойной ленты.

При большей длине конвейера срок службы ленты увеличится, т.к. в опасном сечении ленты будет меньше циклов изменения нагрузки.

Учитывая, что $\frac{y_{и}}{y_b} \approx 0,03$ значительно меньше слагаемого $\frac{k_{п}k_dk_t}{n_{ст}} \geq 0,3$,

выражение (1) примет вид:

$$N_i = N_6^* \left(\frac{n_{ст}n_o}{k_{п}k_dk_t} \right)^m. \quad (2)$$

Формула (2) позволяет наглядно анализировать влияние на долговечность коэффициентов $k_{п}$, k_d и k_t при заданном значении $n_{ст}$. Проанализируем это на примере.

1. При повреждении одного крайнего троса однослойной ленты $k_{т1} = 1,62$, а одного крайнего троса в одном слое двухслойной ленты $k_{т2} = 1,35$. Тогда отношение

$$\left(\frac{k_{T1}}{k_{T2}}\right)^m = \left(\frac{1,62}{1,35}\right)^{4,817} \approx 2,4 \text{ раза.}$$

2. Возможная прочность стыковых соединений однослойной конвейерной ленты РТЛ-4000 составляет менее 70% от прочности целой ленты ($k_{п1} = 1 / 0,70 = 1,43$). Для двухслойной ленты с шахматной укладкой тросов в стыке получена агрегатная прочность стыкового соединения 96% ($k_{п2} = 1 / 0,96 = 1,04$) [4].

Увеличение долговечности стыкового соединения составит

$$\left(\frac{k_{п1}}{k_{п2}}\right)^m = \left(\frac{1,43}{1,04}\right)^{4,817} \approx 4,65 \text{ раза.}$$

Таким образом, применение обоснованных конструкций лент [1] и их стыковых соединений [4] приведет к существенному увеличению долговечности РТЛ. Даже уменьшение какого-либо из коэффициентов k_T или $k_{п}$ всего на 10%, например, повышение прочности стыка на 10%, приведет к увеличению его долговечности в $(1,1)^{4,817} \approx 1,5$ раза.

Проведенное сравнение долговечности двух- и однослойной конвейерных лент показало, что применение двухслойных конструкций лент на основе тех же металлотросов, что и однослойных, позволит увеличить прочность единицы ширины сердечника и тем самым приведет к повышению статического коэффициента запаса прочности ленты $n_{ст}$. Кроме того, снижение коэффициента перегрузки тросов, обусловленное наличием поврежденной тросовой основы k_T , и коэффициента перегрузки тросов в стыковом соединении $k_{п}$, вызванное применением одноступенчатого стыка с шахматной укладкой тросов, позволит увеличить долговечность ленты в 2...3 раза. Это особенно актуально, учитывая высокую стоимость конвейерной ленты ($\approx 100...150$ \$ США за 1 м^2) и большой объем конвейерных лент, эксплуатируемых на горных предприятиях Украины.

Список литературы

1. Ропай В.А., Колосов Д.Л. Математическая модель напряженно-деформированного состояния двухслойной резинотросовой ленты с порывами отдельных тросов //Науковий вісник НГА України. – 2001. – №1. – С. 50-53.
2. Колосов Д.Л. Исследование напряженно-деформированного состояния двухслойных резинотросовых лент при изгибе на барабане //Науковий вісник НГА України. – 2001. – №6. – С. 49-52.
3. Колосов Л.В., Бельмас И.В., Джур В.В. Анализ напряженно-деформированного состояния и долговечности резинотросовой ленты на участках лоткообразования и изгиба конвейерного става /Днепропетр. горн. ин-т. – Днепропетровск, – 1989. – 50 с. – Деп. В УкрНИИТИ 27.04.1989, № 1176. – Ук. 89.
4. Ропай В.А., Колосов Д.Л. Анализ напряженно-деформированного состояния стыковых со-

единений двухслойных резинокросовых лент //Проблемы транспорта в горном производстве:
Материалы науч.-практ. конф. – Днепропетровск, 2002. – С. 44-46.