Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им.Г.В.Плеханова, т.LXIX, вып. 1, 1975 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ВЫСОКОПРОЧНЫХ КАНАТОВ С Z- И 8-ОБРАЗНЫМИ ПРОВОЛОКАМИ

В.А.КАБАНОВ, Н.Н.ПЛОДОВИТОВ

Анализ прочностных характеристик и конструктивных особенностей существующих типов канатов, пригодных для современных мощных подъемных установок (например, многоканатных вертикальных и наклонных рудничных, подвесных канатных дорог, а также уникальных по грузоподъемности судоподъемников гидроэлектростанций) показал, что наиболее целесообразной конструкцией является канат закрытого типа.

Наряду с широко известным типом подъемного закрытого каната с Z-образными проволоками наружного слоя (ГОСТ 10506-63÷10508-63), в последние годы была разработана конструкция с 8-образными проволоками в этом слое [3]. Оба типа канатов изготовляет Харцызский канатный завод (Донбасс).

Опубликованные данные [4] свидетельствуют, что канаты с 8-образными проволоками при опытной эксплуатации их на проходческих вертикальных подъемных установках шахт Донбасса в 1,7 раза долговечнее канатов с Z-образными проволоками. Кроме того, как указывается в проспекте ВДНХ, восьмеркообразные проволоки имеют более простой профиль поперечного сечения с плавными переходами больших радиусов сопряжения, что упрощает технологию их изготовления, гарантирует простой и точный контроль размеров, повышает пластические свойства, обеспечивает равномерное распределение напряжений по сечению проволоки. Канаты с восьмеркообразными проволоками имеют большой коэффициент сцепления с материалом футеровки канатоведущих шкивов, не образуют радиального зазора между слоями 8-образных и Z-образных проволок, потому что первые из них при работе каната могут смещать центры тяжести профиля при изменении наклона проволоки [4].

Для уточнения приведенных положений, а также принимая во внима-

ние отсутствие опубликованных данных по экспериментальным исследованиям новых модификаций закрытых конструкций канатов применительно к условиям наклонного подъема, были проведены стендовые испытания двух типов канатов: с z- и 8-образными проволоками. Испытания проводились на горизонтальной пробежной машине Ленинградского политехнического института им. М.И.Калинина [1] . Испытывались шесть образцов (по три каждой конструкции), полученных с Харцызского канатного завода. Образцы, каждый длиной около 7 м, были нарублены от одного конца каната, изготовленного по производственному плану в цехе завода. В Ленинграде образцы были предварительно подвергнуты стандартным испытаниям на прочность проволок в лаборатории Ленинградского сталепрокатного завода. Образцы канатов с z-образными (ГОСТ 10506-63) и 8-образными (ЧМТУ 4-317-70) проволоками наружного слоя имели следующие характеристики:

	С z-образными проволоками	С 8-образными проволоками
Число проволок фигурного сечения в наружном слое	25	38
Диаметр каната, мм	25	25
Суммарное разрывное усилие всех проволок, кН	682,4	621,6
Предел прочности при растяжении (средний), МПа	1710	1660
Предел прочности при растяжении проволок фигурного сечения, МПа		
средний	1510	1560
среднеквадратичное отклонение	43	78
Площадь поперечного сечения проволок, мм^2	409,1	392,2
Масса 1 м каната, кг/м	3,55	3,47

Для обеих конструктивных разновидностей приведенные параметры канатов можно считать равноценными.

На стенде ЛПИ (рис. 1) образцы канатов испытывались при одинаковом натяжении T = = 250 кН, создаваемом гидроцилиндром с автоматическим регулированием усилия. Поперечная нагрузка R на одно колесо двухколесной тележки имела три градации: 2,3 , 2,7 и 3,4 кН, что соответствовало удельной поперечной нагрузке q = 5,6÷8,7 МПа, определяемой выражением

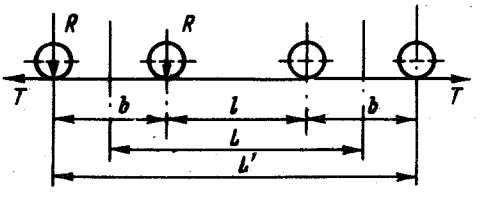


Рис. 1. Принципиальная схема стенда

$$q = \frac{R}{f},$$

где f – площадь поперечного сечения проволок каната.

Нагрузочные параметры образцов каната при проведении испытаний были следующими:

	С $\mathcal{Z}$-образными проволоками			С 8-образными проволоками		
Натяжение каната, T, кН	250			250		
Напряжение растяжения, МПа	612			638		
Запас прочности каната на растяжение	2,7			2,5		
Давление на одно колесо тележки R, кН	2,3	2,7	3,4	2,3	2,7	3,4
Удельная поперечная нагрузка q, МПа	5,6	6,6	8,3	5,9	6,9	8,7
Расчетные напряжения изгиба $\sigma_{изг}$, $10^2 \cdot$МПа	100	119	149	105	123	155

Расчетные напряжения изгиба определялись по приведенной А.И.Дукельским [2] формуле

$$\sigma_{изг} = \frac{R}{f}\sqrt{\frac{E}{\sigma_p}}\left(1 + e^{-b/\lambda}\right),$$

где $E = 1{,}6 \cdot 10^5$ – расчетный модуль упругости каната, МПа; $b = 0{,}435$ – база двухколесной тележки, м; $\lambda = \sqrt{\frac{EI}{T}}$; $I \cong \frac{f d^2}{16}$ – момент инерции поперечного сечения каната, $см^4$; σ_p – напряжение растяжения, Па; d – диаметр каната, м.

Вся зона прохода ходовых колес тележки $L' = 1{,}335$ м разбивалась на участки, равные шагу свивки каната, и состояла из средней части $l = 0{,}465$ м – зоны прохода двух колес, и двух крайних зон прохода одного колеса, равных базе тележки $b = 0{,}435$ м. Общий ход тележки составлял $L = 0{,}9$ м.

Диаметр ходовых колес 205 мм с радиусом выточки желоба 25 мм. Материал колес – сталь 50. Двухколесная тележка совершает возвратно-поступательные перемещения по неподвижному образцу каната со средней скоростью 1 м/с (максимальная скорость 1,35 м/с), при 2300 проходах в час. Образцы канатов не освобождались от обильной наружной заводской смазки.

Результаты испытаний оценивались числом проходов двухколесной тележки до появления очередного обрыва проволоки. Предельное число обрывов наступало к моменту выхода "из замка" двух–трех проволок, расположенных рядом и препятствующих нормальному перемещению ходовых колес. Повторные обрывы одной и той же проволоки не учитывались.

Характер нарастания числа обрывов n для обоих образцов канатов в зависимости от числа проходов N и поперечной нагрузки отражен на рис. 2. Следует отметить, что первый обрыв на образце с 8-образными проволоками при поперечной нагрузке 2,3 кН (кривая 1) произошел на участке, где проходит одно колесо тележки, а последующие обрывы сконцентрировались в зоне воздействия двух колес. Это свидетельствует о случайном характере первого обрыва, наступившего после сравнительно небольшого числа проходов тележки (около 248 тыс.), в то время как остальные, начиная со второго обрыва (свыше 453 тыс.), носят закономерный и регулярный характер. Однако не делая скидки на случайный характер первого обрыва проволоки у этого образца и принимая за браковочную норму, в соответствии §337 Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах (М., "Недра", 1973), три обрыва на пяти шагах свивки, получим следующее соотношение, характеризующее относительную долговечность канатов (при R = 2,3 кН):

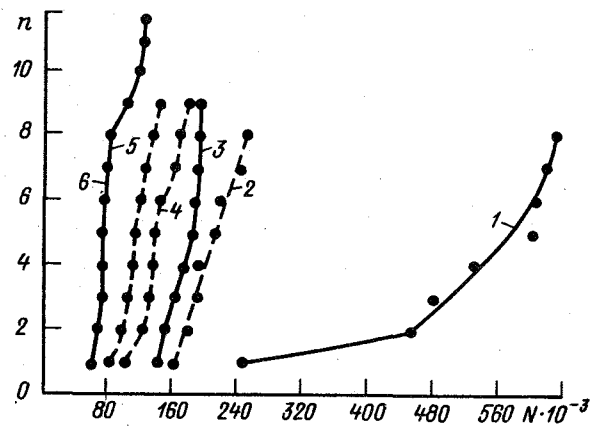


Рис. 2. Зависимость числа обрывов проволок канатов 8-образных (сплошные кривые) и z-образных (пунктирные кривые) от числа проходов
Нагрузка на колесо: 1 и 2 – 2,3 кН; 3 и 4 – 2,7 кН; 5 и 6 – 3,4 кН

$$\frac{N_8}{N_z} = \frac{482}{185} = 2{,}5 \quad ,$$

где N_8 и N_z – число проходов тележки соответственно для канатов с 8-образными и z-образными проволоками.

Таким образом, долговечность при принятых условиях эксперимента, в 2,5 раза больше у канатов с 8-образными проволоками.

Однако при увеличении поперечной нагрузки положение изменяется.

Введя понятие удельной работоспособности канатов [2] (применяется для характеристики несущих канатов подвесных канатных дорог)

$$j = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot RN}{f} \quad , \quad \text{МПа},$$

можно определить коэффициент относительной долговечности

$$\Phi = \frac{j_8}{j_z},$$

где j_8 и j_z – удельная работоспособность соответственно канатов с 8– и z–образными проволоками.

Значения удельной работоспособности j образцов канатов при различных нагрузках R и числе обрывов n, 10^4. МПа :

С z–образными проволоками	$n = 3$	$n = 7$	С 8–образными проволоками	$n = 3$	$n = 7$
R = 2,3 кН	207	277	R = 2,3 кН	563	730
R = 2,7 кН	176	220	R = 2,7 кН	222	265
R = 3,4 кН	176	212	R = 3,4 кН	135	141

Удельная работоспособность j в зависимости от удельной поперечной нагрузки на колесо q для трех и семи обрывов характеризуются графиком на рис. 3: при удельных поперечных нагрузках свыше 7 МПа долговечность канатов с 8–образными проволоками становится ниже, чем у канатов с z–образными проволоками. Таким образом, канаты с 8–образными проволоками очень чувствительны к контактным напряжениям, возникающим в результате воздействия колес на проволоки, выступающие на поверхность каната.

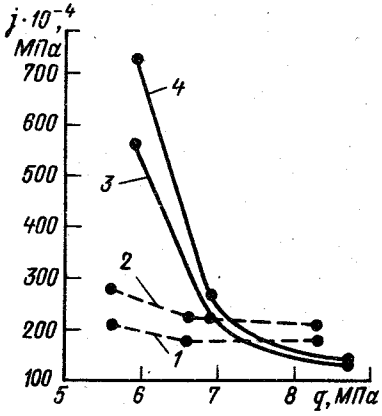


Рис. 3. Зависимость удельной работоспособности от удельной поперечной нагрузки для канатов 8–образных (сплошные кривые) и z–образных (пунктирные кривые) 1 и 3 – при трех обрывах; 2 и 4 – при семи обрывах

Для повышения долговечности новой модификации канатов с 8–образными проволоками следует снизить контактные напряжения в поверхностном слое проволок, в частности: а) применять футеровки для поддерживающих роликов (в наклонных подъемных установках) и ходовых колес (вагонеток канатных подвесных дорог); б) усовершенствовать 8–образный профиль поперечного сечения проволок (сглаживание выступающих на поверхность каната закругленных вершин проволок).

Новая модификация канатов закрытой конструкции с 8–образными проволоками наружного слоя обладает рядом существенных преимуществ как технологического, так и эксплуатационного характера. При удельной поперечной нагрузке, не превышающей 7 МПа для условий, аналогичных описанным в статье, канаты с 8–образными проволоками имеют более высокую работоспособность и долговечность нежели канаты с z–образными проволоками. Дальнейшее усовершенство-

вание профиля 8-образного сечения проволок, направленное на снижение контактных напряжений в наружном слое, позволит увеличить работоспособность новых типов канатов и при более высоких поперечных нагрузках.

Литература

1. Дукельский А.И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. М.-Л., "Машиностроение", 1966.

2. Дукельский А.И. Исследование выносливости несущих канатов. – В сб.: Стальные канаты. Вып. 2. Киев, "Техника", 1965.

3. Иосеф Г.И., Семкин А.Т., Кононенко Л.Ф. Геометрия построения канатов с восьмеркообразным профилем наружных проволок. – "Горные машины и автоматика", 1968, № 5.

4. Канат спиральный закрытый с восьмеркообразными проволоками в наружном слое. – Проспект ВДНХ. Харьков, 1972.