

УДК 622.6:622.674:622.673.1

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ КАНАТОВ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ КАНАТНО-ПРОФИЛЬНОГО ПРОВОДНИКА¹Рубель А.А., ²Рубель А.О.¹ГП «ОК«Укрвуглереструктуризація», ²Міненергоуголь України**ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНИХ ТИПІВ КАНАТІВ І ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ ДЛЯ КОНСТРУКЦІЙ КАНАТНО-ПРОФІЛЬНОГО ПРОВІДНИКА**¹Рубель А.О., ²Рубель О.В.¹ДП «ОК«Укрвуглереструктуризація», ²Міненерговугілля України**RESEARCH OF DIFFERENT TYPES OF ROPES AND CHOOSING OPTIMAL FOR DESIGNS OF ROPE-PROFILE CONDUCTOR**¹Rubel A.A., ²Rubel O.V.¹SE «Ukruglerekstrukturizatsiya» OK, ²Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine

Аннотация. В работе исследованы различные типы канатов для армировок вертикальных стволов с канатно-профильными проводниками (КПП), исследованы конструкции проводника с полимерными, комбинированными канатами из волокна и стальной проволоки, стальными канатами определены их свойства и способность КПП воспринимать изгибные динамические нагрузки на основе различных типов канатов, разработаны конструкции их крепления к ограждающему коробу, определены весовые характеристики КПП.

Исследование и анализ применения различных типов канатов в конструкция КПП показал, что наиболее перспективным и надежными в эксплуатации по техническим характеристикам являются комбинированные канаты. Канаты СВМПЭ превосходят все варианты, но необходимы отдельные исследования касающиеся снижения текучести канатов, методов их контроля и разработки мероприятий борьбы с ними. Выбор наиболее подходящих типов канатов и конструкций их крепления и ограждающего короба проводника позволит обеспечить:

- более высокую скорость движения и грузоподъемность сосудов;
- длительный безаварийный срок эксплуатации всех элементов армировки;
- снижение капитальных затрат вследствие уменьшения диаметра ствола (по фактору армировки для гибких армировок);
- значительное снижение металлоемкости армировки по сравнению с гибкой армировкой ствола со стальными канатами;
- снижение уровня динамических колебаний в системе «сосуд-армировка»;
- повышение уровня надежности и безопасности эксплуатации армировки ствола;
- снижение уровня коррозии проводников, работающих в обводненных шахтных стволах;
- отсутствие применения отбойных канатов;
- увеличение срока эксплуатации проводников армировки ствола.

Исследование и конструктивных выбор наиболее оптимальных канатов для КПП позволит внедрить в эксплуатацию армировки, обеспечивающие наиболее эффективную работу подъемного комплекса с более глубоких горизонтов.

Ключевые слова: шахтные вертикальные стволы, канаты КПП, полимерные канаты, комбинированные канаты, стальные канаты.

Постановка проблемы. Канаты вертикальных шахтных стволов горных предприятий обеспечивают откачку полезных ископаемых с добычных горизонтов шахты. От безопасной работы канатов по выдаче полезных ископаемых зависит работа всего подъемного комплекса и шахты. Стальные канаты в горной промышленности применяются очень широко, в вертикальных шахтных стволах канаты применяют для работы подъемных установок и, в качестве

направляющих, для обеспечения движения сосудов по глубине вертикального ствола, такие канаты называют проводниковыми, а армировки на основе их – гибкими. В качестве подвесных уравнивающих канатов применяют плоские стальные канаты, и в последнее время появились резинокросовые канаты.

Полимерные канаты и канаты из композитных материалов в качестве подъемных канатов, проводников гибких армировок ствола или отбойных в настоящее время на горных предприятиях Украины не применяют.

Гибкая армировка применяется в шахтных вертикальных стволах более века и состоит из проводниковых и отбойных стальных канатов, натяжение которых осуществляется с помощью грузов, закрепленных внизу или вверху с помощью коушей, однако несмотря на значительный срок ее применения в горной промышленности все же обладает существенными недостатками:

- требуется большее поперечное сечение ствола при тех же параметрах подъема по сравнению с жесткой армировкой, как минимум на 600мм по диаметру;
- низкий срок службы стальных канатных проводников (4года);
- высокая стоимость канатов закрытой конструкции;
- высокий уровень горизонтального раскачивания сосудов под действием сил кручения, возникающих при работе головных канатов, и действия аэродинамических сил при движении сосудов;
- невозможность ремонта отдельных частей канатного проводника;
- большое количество проводниковых и отбойных канатов в стволе;
- большие размеры зумпфовой части ствола для крепления натяжных грузов и обслуживания прицепных устройств;
- наличие жесткой армировки на промежуточных горизонтах и вверху ствола;
- потери рабочего времени, связанные с необходимостью замены канатных проводников ствола.

Канатно-профильный проводник [4, 6], представляет собой альтернативное конструктивное решение, позволяющее применить в качестве несущих канатов различные типы полимерных и композитных канатов, что позволит добиться значительного снижения массы армировки, получить преимущества жесткой армировки и гибкой армировки (канаты) исключив при этом ряд свойственных им недостатков.

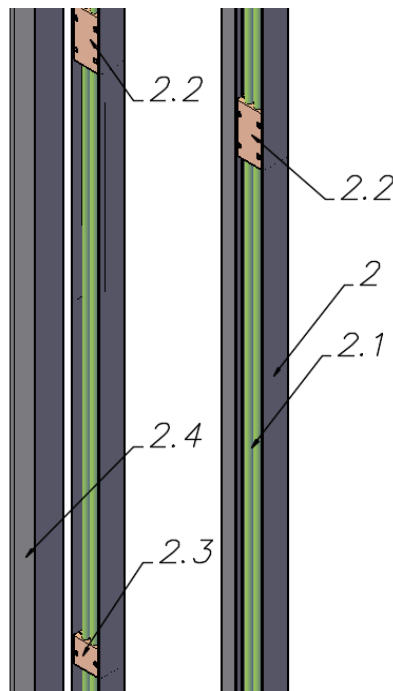
Цель исследований – в основу исследования положена задача – исследование различных типов канатов и определение наиболее подходящих из них для применения в канатно-профильных проводниках армировок вертикальных стволов, которые позволят преодолеть выше приведенные недостатки и обеспечить:

- более высокую скорость движения и грузоподъемность сосудов;
- более длительный безаварийный срок эксплуатации;
- снижение капитальных затрат при строительстве, вследствие снижения диаметра ствола по сравнению с канатной армировкой;
- снижение трудоемкости обслуживания и эксплуатации;

- значительное снижение металлоемкости армировки по сравнению с жесткой и гибкой армировкой ствола;
- снижение уровня динамических колебаний в системе «сосуд-армирование»;
- увеличение демпфирующих свойств армировки ствола;
- снижение аэродинамического сопротивления ствола до уровня гибкой армировки;
- повышение уровня надежности и безопасности эксплуатации армировки ствола;
- избавление от отбойных канатов;
- увеличение срока эксплуатации проводников до уровня жесткой армировки ствола.

Внедрение и использование наиболее оптимальных типов канатов для КПП позволит разработать современные армировки, обладающих выше перечисленными преимуществами.

Материалы и результаты исследования. Сосуды подъемных установок движутся в армировке ствола по канатно-профильным проводникам (далее КПП или проводник), конструкция которого представлена на рис. 1, состоящих из 6-ти стальных канатов типа 42-Г-1-Н-1372 со стальным сердечником ГОСТ 7669-80 ф42мм – поз. 2.1 (для меньших типоразмеров сосудов применяются другие параметры КПП), ограждающего профиля выполненного из гнутого швеллера ГОСТ 8278-83 – поз. 2, стыковочной скобы крепления секций, ограждающего профиля между собой 2.2 и промежуточной скобы 2.2 канатов и ограждающего профиля, задняя пластина снята для наглядности.



2 – канатно-профильный проводник; 2.1 – канаты; 2.2 – стыковая скоба; 2.3 – промежуточная скоба; 2.4 – задняя крышка проводника

Рисунок 1 - Конструкция канатно-профильного проводника

Проводник изготавливается из гнутых швеллеров $L=12\text{м}$, стыковка их между собой осуществляется при помощи специального стыковочного узла, крепление их на проводниковых канатах с помощью канатной скобы крепления 2 (рис. 3). Расстояние между скобами составляет 4 м, причем стыковые скобы длиннее и имеют 4 крепления канатов к ограждающему профилю, промежуточные – короче и имеют 2 крепления. Крепление прицепных устройств верхних концов канатов КПП осуществляется на перекрытии или специально усиленном поясе копра, исключая возможность крепления всех канатов в одном сечении копра.

Передача горизонтальных динамических нагрузок от движущихся сосудов в лобовых и боковых направлениях на канатно-профильные проводники осуществляется при помощи роликов качения типа НКП (и их модификаций) и предохранительных лап с захватами, обеспечивая при этом надежную кинематическую связь сосуда и проводников в соответствии с регламентируемыми ПБ зазорами.

Канатно-профильный проводник воспринимает горизонтальные динамические нагрузки от сосуда и демпфирует их за счет растяжения канатов двух КПП, и далее передает остальную часть нагрузки на консольно-демпфирующие расстрелы (КДР) [3].

Консольно-демпфирующие расстрелы, образующие ярус, расположены с шагом 60 м и более по глубине ствола, в месте встречи сосудов одного подъема шаг становится дискретным [5] (рис 2), сначала шаг армировки снижается до 8 м потом снова увеличивается до 60 м и более.

Конструкции стальных канатов являются сложным и ответственным видом проволочных изделий. Они имеют большое число типов и конструкций и различаются по форме поперечного сечения как самого каната, так и его элементов, а также по физико-механическим характеристикам проволок и сердечников, примерная конструкция каната приведена на рис. 3.

Канаты квалифицируются [2]:

1. По конструкции:

- одинарной свивки (спиральные) – состоящие из одного, двух, трех и более концентрических слоев проволоки, свитых по спирали;

- двойной свивки – состоящие из прядей, свитых в один или несколько концентрических слоев;

- тройной свивки – состоящие из канатов двойной свивки (стренг), свитых в концентрический слой.

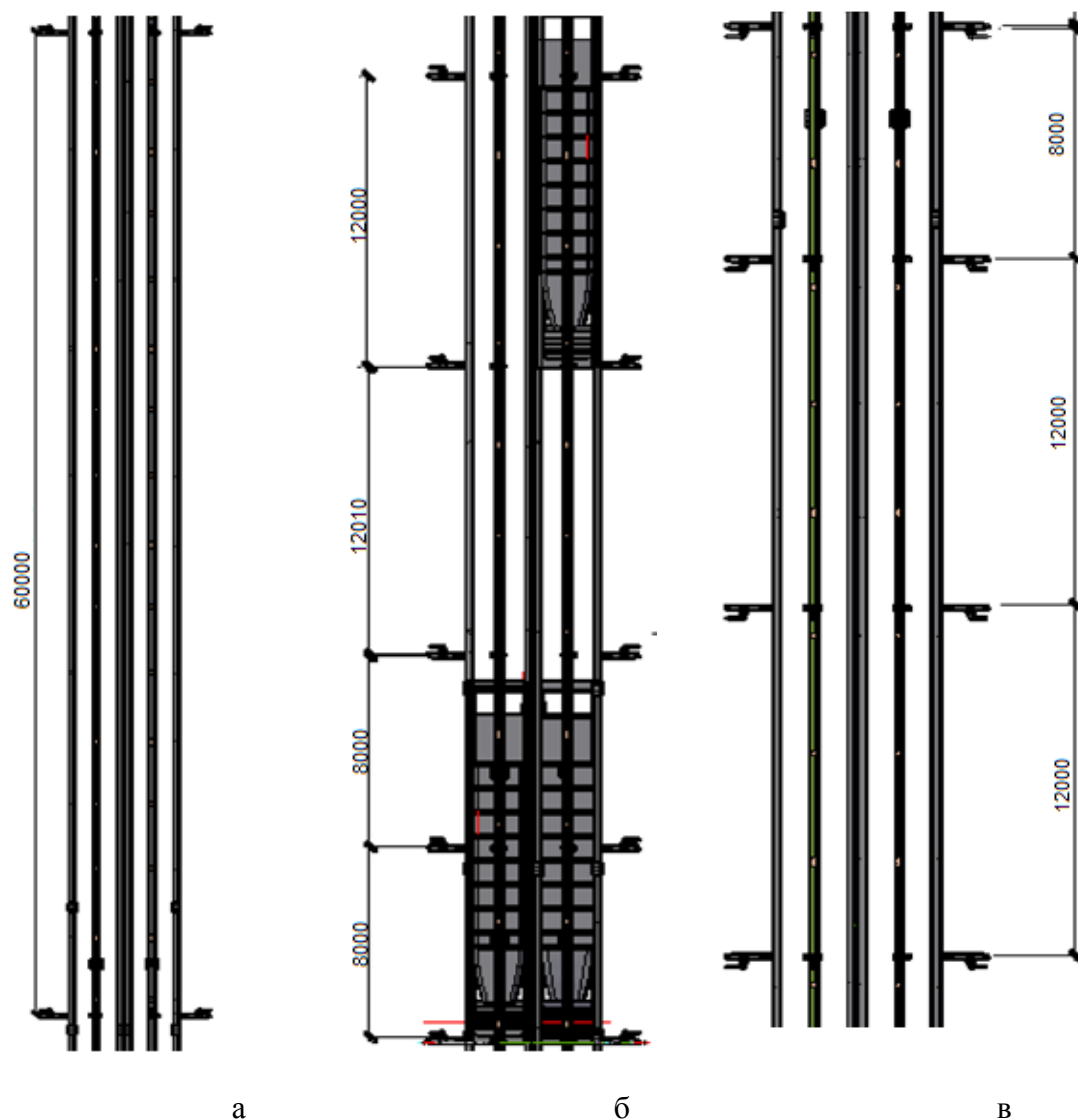
2. По типу свивки прядей:

- с точечным касанием проволок между слоями – ТК ;

- с линейным касанием проволок между слоями – ЛК ;

- с линейным касанием проволок между слоями при одинаковом диаметре проволок по слоям пряди – ЛК-О ;

- с линейным касанием проволок между слоями при разных диаметрах проволок в наружном слое пряди – ЛК-Р ;



а

б

в

а – по длине ствола; б – в месте встречи сосудов в середине ствола (в начале); в - в месте встречи сосудов в середине ствола (в конце)

Рисунок 2 - Дискретное расположение консольных ярусов по глубине ствола

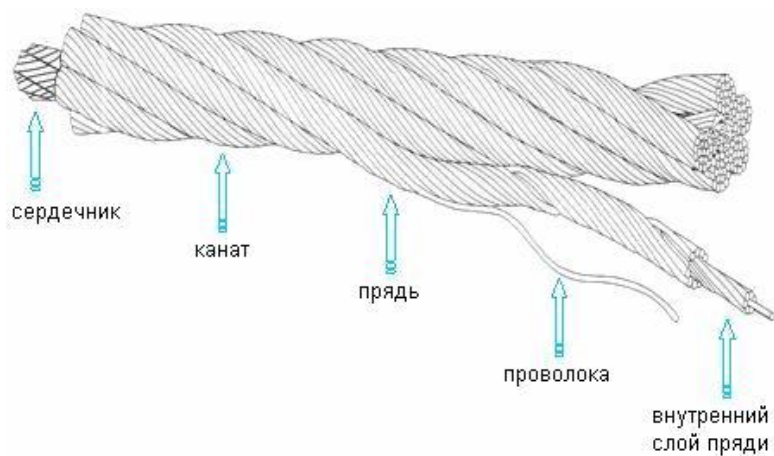


Рисунок 3 – Конструкция каната

- с линейным касанием проволок между слоями и проволоками заполнения – ЛК-З ;
 - с линейным касанием проволок между слоями и имеющих в пряди слои с проволоками разных диаметров и слои с проволоками одинакового диаметра – ЛК-РО ;
 - с комбинированным точечно-линейным касанием проволок – ТЛК .
3. По форме поперечного сечения прядей:
 - круглопрядные;
 - фасоннопрядные
 4. По степени крутимости:
 - крутящиеся (с одинаковым направлением свивки проволок в канатах одинарной свивки, прядей или стренг);
 - малокрутящиеся (многослойные, многопрядные и одинарной свивки с противоположным направлением свивки элементов по слоям) – МК.
 5. По материалу сердечника:
 - с органическим сердечником из натуральных или синтетических материалов – ОС ;
 - с металлическим сердечником – МС .
 6. По способу свивки:
 - нераскручивающиеся – Н ;
 - раскручивающиеся.
 7. По степени уравниваемости:
 - рихтованные – Р ;
 - нерихтованные.
 8. По направлению свивки каната:
 - правой –П;
 - левой – Л .
 9. По сочетанию направлений свивки канатов и его элементов в канатах двойной и тройной свивки:
 - крестовой свивки (направление свивки каната и направление свивки стренг и прядей противоположны);
 - односторонней свивки (направление свивки каната и направление свивки проволоки в пряди одинаковы) – О .
 10. По механическим свойствам: марок – ВК, В, I .
 11. По виду покрытия поверхности проволок в канате:
 - из проволоки без покрытия;
 - из оцинкованной проволоки: в зависимости от поверхностной плотности цинка - С, Ж, ОЖ .
 12. По назначению:
 - грузолюдские – ГЛ (марок ВК, В);
 - грузовые – Г.
 13. По точности изготовления:
 - нормальной;
 - повышенной – Т .

Пример условных обозначений канатов приведен на рис. 4.



Рисунок 4 – Условные обозначения каната

На рис.5 изображены направление и сочетание направлений свивки канатов.

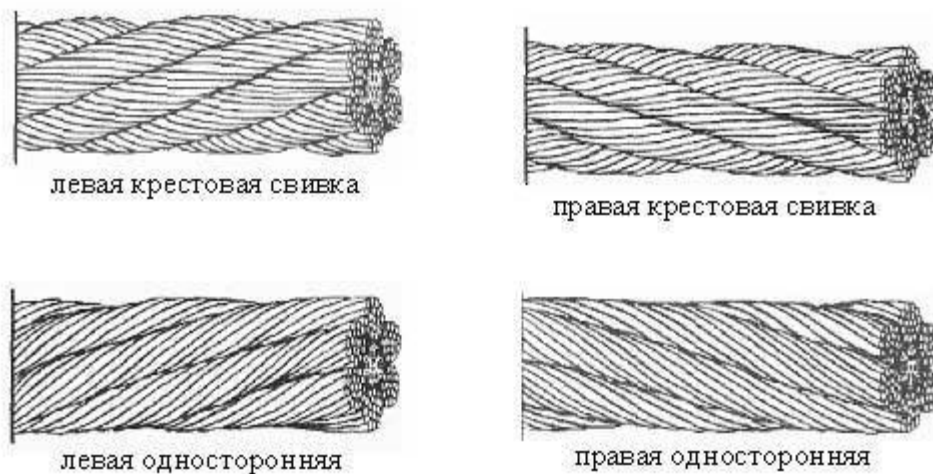


Рисунок 5 – Направление свивки канатов

Согласно [1] рекомендуется применять в качестве канатных и отбойных проводников канаты:

- закрытой конструкции по ГОСТ 3090-73, ГОСТ 7675-73, ГОСТ 16201-73 и другие;
- прядевые канаты по ГОСТ 7667-80, ГОСТ 7669-80 и другие;
- некрутящиеся канаты.

Наиболее оптимальными из стальных канатов для КПП являются шести-прядные канаты со стальным сердечником по ГОСТ 7669-80, которые предварительно обтянутые (для значительного снижения вытяжки в ограждающем корпусе КПП), и предварительно обжаты, что позволит уменьшить диаметр каната и улучшить компоновку канатов внутри профиля проводника КПП.

В данной методике расчета гибких армировок ствола [1] и ее редакциях не

упоминается возможность применять в качестве проводниковых и отбойных канатов других типов, например, полипропиленовые или композитные.

В настоящее время у различных производителей канатной продукции достаточно широко представлены канаты полипропиленовые и композитные.

Одним из наиболее интересных канатов является канат из сверхвысокомолекулярного полиэтилена высокой плотности (СВМПЭ) производства фирмы «Dyneema» обладающих: – высокой коррозионной стойкостью, отношение предела прочности на разрыв к массе у СВМПЭ на 40 % больше, чем у соединений типа «кевлар», имеет очень высокую износостойкость, низкий коэффициент трения и высокую вязкость разрушения при сильных динамических нагрузках от сосудов в стволе и падающих в ствол предметов (низкотемпературная надёжность). По износостойкости СВМПЭ при допустимых температурах эксплуатации (температура в стволе не поднимается выше максимум 20 °С) превосходит тефлоны и даже углеродистые стали. Коэффициент трения СВМПЭ (по стали) — около 0,1. Коэффициент ударной вязкости — 170 кДж/м² (с надрезом — до 80 кДж/м²), рабочие температуры – от минус 80 °С до плюс 80—90 °С [7].

К недостаткам канатов из СВМПЭ можно отнести, что при долговременной статической нагрузкой с помощью натяжных грузов и ограждающего профиля КПП, действующей на растягивание, СВМПЭ деформируется и будет деформироваться пока существует механическое напряжение, т.е. обладает ползучесть. Поэтому при эксплуатации КПП на основе канатов СВМПЭ необходимо будет выполнять перетяжку каната в ограждающем коробе во время выполнения работ по ревизии и наладке в соответствие с необходимой степенью натяжения канатов в проводнике.

На рис. 6 представлен характеристики каната СВМПЭ типа Dyna One HS производства фирмы «Dyneema» [7].

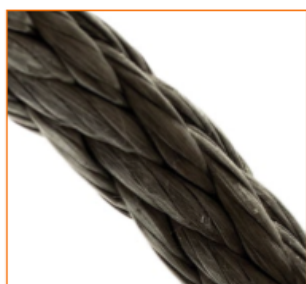
Применение СВМПЭ каната типа Dyna One HS позволяет значительно снизить вес КПП по сравнению с проводником набранным стальными канатами.

Для конструирования СВМПЭ каната типа Dyna One HS разработаны его крепления в скобах сжатия с помощью пластиковых вставок исключая механическое воздействие при сжатии на канат СВМПЭ.

Одним из интересных производителей композитных канатов для горной промышленности является фирмы TEUFELBERGER Holding AG (Австрия) которая имеет 225- летнюю историю. Из продукции для шахтных вертикальных стволов можно выделить недорогой канат 6xK19S и 6x19Sc пластиковым сердечником по DIN21254 и DIN12385 с минимальным разрывным усилием на пределе прочности на разрыв для ф42 – 1.160кН и массой 6,78 кг/м.

Еще одним вариантов исследования есть канат фирмы TEUFELBERGER Holding AG (Австрия) типа QS 816 V обладающий чрезвычайно высокой стойкостью к коррозии и воздействию внешних факторов, которые, благодаря уплотнению, обладают высоким разрывным усилием, и уплотненный сердечник с вкладышем придает канату высокую степень стабильности при поперечном сжатии в скобах КПП (рис. 8) с минимальным разрывным усилием на пределе

прочности на разрыв для ф42 – 1.482кН и массой 8,6 кг/м. [8]



DynaOne® HS				
Dehnung bei 10% der Bruchlast Elongation at 10% of break load				0,3%
Technische Daten Technical data				
Ø [mm]	Gewicht Weight [kg/100 m]	Bl. real [kN]*	Bl. linear [kN]**	Reißkilometer Break length [km]***
6	2,1	38,0	42,2	185
8	4,1	75,4	83,8	188
10	5,5	100,6	111,8	187
12	9,6	176,0	195,6	187
14	10,9	201,2	223,6	188
16	14,6	255,5	283,9	178
18	22,3	378,1	420,1	173
20	27,0	459,2	510,2	173
22	29,5	500,0	555,6	173
24	36,3	606,7	674,1	170
26	41,3	665,9	739,9	164
28	44,3	740,0	822,2	170
30	50,2	815,0	905,6	166
32	57,2	920,0	1.022,2	164
34	63,5	1.025,0	1.138,9	165
36	68,1	1.100,0	1.222,2	165
38	86,2	1.320,0	1.466,7	156
40	99,8	1.500,0	1.666,7	153
44	117,9	1.729,7	1.921,9	150
46	119,0	1.800,0	2.000,0	154
48	137,9	2.022,5	2.247,2	150
52	159,4	2.338,5	2.598,3	150
56	181,0	2.654,5	2.949,4	150
60	199,6	2.927,2	3.252,4	150
64	224,5	3.293,1	3.659,0	150

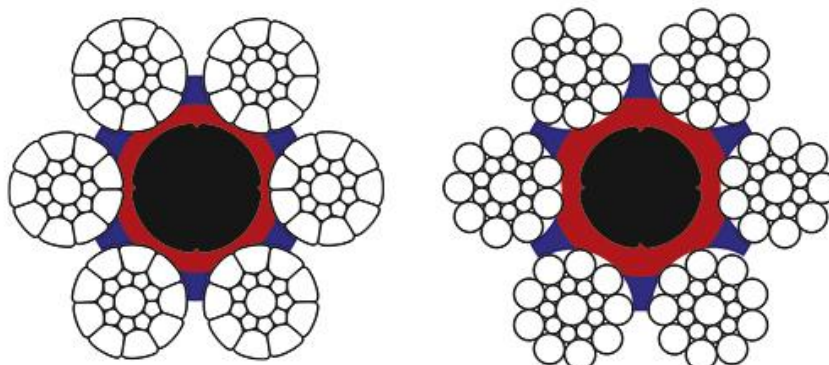
Hart, aber gereckt ... ultimative Materialausnutzung für ultimative Leistungsdaten: Thermisches Recken holt aus Dyneema® alle Reserven heraus!

- In Anlehnung an ISO 10325
- 12er-Geflecht aus Dyneema® SK78 Fasern
- Thermisch gereckt für höhere Festigkeit und minimierte Konstruktionsdehnung und Durchmesser
- Geothane Coating für verbesserten Witterungs- und Abriebschutz
- Sehr gute Abriebfestigkeit
- Schwimmfähig
- Exzellente UV-Beständigkeit
- Auf Wunsch auch mit alternativen Beschichtungen lieferbar
 - AntiRub für verbesserte Abriebfestigkeit
 - GeoFlex für verbesserte Biege-Wechselastbeständigkeit

Tough and set in its ways. Ultimate exploitation of materials for ultimate performance: Heat-set to extract all the reserves out of Dyneema®!

- Referring to ISO 10325
- Braided 12-plait made from Dyneema® SK78 fibres
- Heat-set for greater strength and minimised construction stretch and diameter
- Geothane coating for improved protection against weathering and abrasion
- Very good abrasion resistance
- Buoyant
- Excellent UV resistance
- Alternative coatings available on request

Рисунок 6 – Канат СВМПЭ тип Дупа One HS.



а

б

а - 6xK19S, б - 6x19S

Рисунок 7 – Канат

Для исследования и выбора оптимальных типов канатов возьмем конструкцию КПП состоящую из шести канатов, скрепленных скобами сжатия с ограждающим профилем выполненного в виде гнутого швеллера по ГОСТ 8278-83 размерами 200x180x6 с толщиной задней стенки 4 мм (рис. 1).

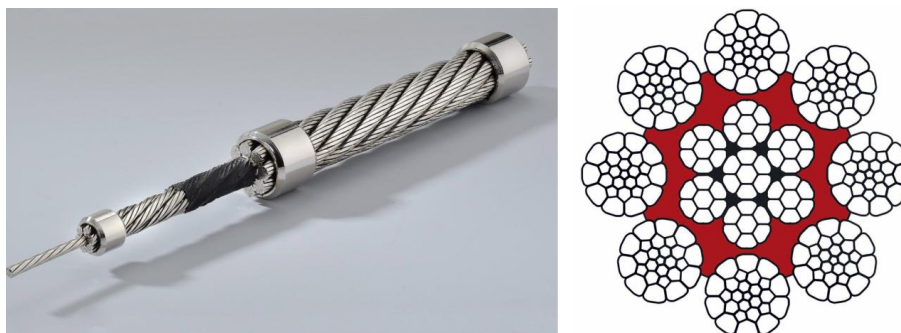


Рисунок 8 – Канат QS 816 V

Определим сравнительную металлоемкость КПП с различными типами канатов и стандартной гибкой армировкой ствола для скипового ствола с четырьмя скипами СНТ-35 и сведем результаты расчетов в табл. 1.

Таблица 1 - Сравнительная таблица металлоемкости армировок

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Гибкая армировка	КПП	КПП	КПП	КПП
	Проводники						
1	Тип каната		Сталь	СВМПЭ	Сталь	6xK19S	QS 816V
2	ГОСТ		7669-80		7669-80		
3	Сечение каната, ф	мм	52	40	42	42	42
4	Масса 1 каната	кг/м.п	23,70	0,998	7,965	6,78	8,6
	Количество канатов в КПП	шт		6	6	6	6
5	Сечение профиля КПП	кг/м.п		200x180 x6	200x180 x6	200x180 x6	200x180 x6
	Масса профиля КПП			27,33	27,33	27,33	27,33
6	Длина проводника	м.п.	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00
7	Масса отбойных канатов	м.п.	11,85				
8	Количество проводников и отбойных канатов	шт.	22,00	8,00	8,00	8,00	8,00
	Масса жесткой арм. в копре и горизонтах	т	22				
	Масса проводников ствола	т	647,68	90,28	491,58	423,32	528,15
	Масса креплений	т		7,68	7,68	7,68	7,68
	Масса расстрелов КДР	т		1,37	1,37	1,37	1,37
	Итого масса КПП армировки ствола	т	647,68	99,33	500,63	432,37	537,206

Из табл. 1 видно, что наименее металлоёмкой является армировка с КПП на основе СВМПЭ каната типа Дуна One HS остальные сравнимы с гибкой армировкой ствола.

Определим значения лобовых прогибов проводников для гибкой армировки и КПП при приложении статической нагрузки 10кН, результаты жесткости были получены с помощью метода конечных элементов в программе ANSYS 19.1 и сведены в табл. 2.

Таблица 2 – Сравнительная таблица определения прогибов при приложении статической горизонтальной нагрузки 10кН

№	Наименование	Ед. изм.	КПП	КПП	КПП	КПП
1	Сечение ограждающего профиля КПП	мм	200x180x6	200x180x6	200x180x6	200x180x6
2	Толщина задней крышки КПП	мм	4	4	4	4
3	Сечение 1го каната КПП	мм	40	42	42	42
4	Тип канатов		СВМПЭ	Сталь	6xK19S	QS 816V
	Мин. разрывное усилие, на пределе прочности 1770Н/мм ²	кН	1500	1140	1160	1596
5	Кол-во канатов в КПП	шт	6	6	6	6
6	Прогиб 1го КПП при шаге 60м	мм	38	49	48	36
7	Прогиб 2х КПП на 1 сосуд (шаг 60м)	мм	19	24,5	24	18

Как видно из табл. 2, прогиб КПП наименьший при использовании комбинированных канатов QS 816V, но и металлоёмкость в этом случае самая высокая. При использовании в КПП каната типа Dyna One HS достигается очень значительное снижение металлоемкости, но возникает вопрос по постоянному контролю за натяжения канатов в КПП. Комбинированные канаты обеспечивают высокую степень надежности при эксплуатации и низкий прогиб КПП в сравнении со стальными канатами.

Выводы. Исследование и анализ применения различных типов канатов в конструкция КПП показал, что наиболее перспективным и надежными в эксплуатации по техническим характеристикам являются комбинированные канаты. Канаты СВМПЭ превосходят все варианты, но необходимы отдельные исследования касающиеся снижения текучести канатов, методов их контроля и разработки мероприятий борьбы с ними. Применение новых типов канатов в КПП, позволит преодолеть выше недостатки присущие гибким и жестким армировкам и обеспечить:

- достижение более высоких значений скоростей движения и грузоподъемности сосудов;
- увеличение срока эксплуатации проводниковых канатов с 4 до 15лет;
- снижение капитальных затрат вследствие уменьшения диаметра ствола на 500-600мм (как для гибких армировок), при тех же параметрах подъемных установок;
- снижения трудоемкости технического обслуживания при эксплуатации;
- значительное снижение металлоемкости армировки почти в 2 раза по сравнению с жесткой армировкой ствола;

- незначительное снижение уровня динамических колебаний в системе «сосуд-армировка» до 10кН по сравнению с жесткой армировкой, где динамические нагрузки достигают 50-80кН;
- высокий уровень надежности;
- значительное увеличение демпфирующих свойств армировки ствола за счет демпфирования канатами КПП;
- снижение аэродинамического сопротивления ствола до уровня гибкой армировки;
- повышение уровня надежности и безопасности эксплуатации армировки ствола за счет крепления канатов в ограждающем коробе, отсутствия истирания канатов лапами, отсутствия повреждений падающими предметами, коррозии;
- повышение безопасности движения сосудов ввиду отсутствия колеблющихся в стволе отбойных канатов.

Внедрение различных типов канатов в конструкции КПП позволит значительно повысить уровень безопасной эксплуатации армировки вертикального ствола и всего подъемного комплекса в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы безопасности на проектирование и эксплуатацию канатных проводников многоканатных подъемных установок, утвержденные Минуглепромом СССР 14.01.82 и Госгортехнадзором СССР 22.02.82. Макеевка-Донбасс: МакНИИ, 1989. 75 с.
2. Дворников В.И. Инструкция по эксплуатации стальных канатов в шахтных стволах. - М.: Недра, 1989. 215 с.
3. Консольно-демпфирующий розстріл: пат. 110492 UA / Рубель А.О. (51) МПК (2016.01), E21D 7/00. Бюл. 2016. № 19.
4. Канатно-профільний провідник армування шахтного стовбура: пат. 115478 UA / Рубель А.О. (51) МПК E21D 7/00. Бюл. 2017. 21.
5. Дискретне армування стовбура: пат. 110518 UA / Рубель А.О. (51) МПК (2016.01) E21D 7/00. Бюл. 2016. № 19.
6. Волошин, А.И., Рубель, А.А., Рубель, А.В. Армування вертикальних шахтних стовбів і методи його вдосконалення / Геотехнічна механіка. Дніпропетровськ: ІГТМ НАН України, 2016. № 126. С. 137-145.
7. Официальный сайт «Dyneema» [Электронный ресурс]; режим доступа: <http://www.dyneema.com>.
8. Официальный сайт «TEUFELBERGER» [Электронный ресурс]; режим доступа: <https://www.teufelberger.com>.

REFERENCES

1. Ministry of Coal Industry on 01/14/28 and the USSR State Technical Inspectorate on 02/22/82, (1989), Normy bezopasnosti na proektirovanie i ekspluatatsiyu kanatnykh provodnikov mnogokanatnykh podemnykh ustanovok [Safety standards for the design and operation of cable conductors of multi-rope hoisting installations], MakNII, Makeevka – Donbass, Ukraine.
2. Dvornikov, V.I. (1989), Instruktziya po ekspluatatsii stalnykh kanatov v shakhtnykh stvolakh [Instructions for use of steel ropes in mine trunks], Nedra, Moscow, Russia.
3. Rubel, A.O. (2016), Konsolno-dempfiruiuchy rozstril [Console damping rozstril], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat.№ 110492.
4. Rubel, A.O. (2017), Kanatno-profilnyi providnyk armuvanyi shakhtnogo stovbura [Rope and professional conductors of Armouvnyya mine stovbura], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat.№ 115478.
5. Rubel, A.O. (2016), Dyskretne armuvannya stovbura [Diskretne armouvannya stovbura], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat.№ 110518.
6. Voloshin, A.I., Rubel, A.A. and Rubel, A.V., (2016), "Reinforcement vertical mine shafts and methods", Geo-Technical Mechanics, no 126, pp. 137-145.
7. Official site "Dyneema", available at: <http://www.dyneema.com> (Accessed 18/09/2018).
8. Official site "TEUFELBERGER", available at: <https://www.teufelberger.com> (Accessed 18/09/2018).

Об авторах

Рубель Андрей Александрович, кандидат технических наук, главный энергетик Государственное предприятие «Объединенная компания «Укруглеструктуризация», Киев, Украина, AORubel@gmail.com.

Рубель Александр Васильевич, магистр, Министерство энергетики и угольной промышленности Украины, Киев, Украина, AORubel@gmail.com.

About the authors

Rubel Andrey Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Chief Power Engineering Specialist of DP «OK

«Ukruglerestrukturizatsiya», Kiev, Ukraine, AORubel @gmail.com.

Rubel Alexander Vasilievich, Master of Science (M.S.), Ministry of Power Engineering and Coal Industry of Ukraine, Kiev, Ukraine, AORubel @gmail.com.

Анотація. В роботі досліджені різні типи канатів для армувань вертикальних стволів з канатно-профільними провідниками (КПП), досліджені конструкції провідника з полімерними, комбінованими канатами з волокна і сталевому дроту, сталевими канатами визначені їх властивості та здатність КПП сприймати вигибне динамічне навантаження на основі різних типів канатів, розроблені конструкції їх кріплення до огорожувальних короба, визначені вагові характеристики КПП.

Дослідження і аналіз застосування різних типів канатів в конструкції КПП показав, що найбільш перспективним і надійним в експлуатації за технічними характеристиками є комбіновані канати. Канати СВМПЕ перевершують всі варіанти, але необхідні окремі дослідження, які стосуються зниження плинності канатів, методів їх контролю та розробки заходів боротьби з ними. Вибір найбільш підходящих типів канатів і конструкцій їх кріплення і захищає короба провідника дозволить забезпечити:

- вищу швидкість руху і вантажопідйомність судин;
- тривалий безаварійний термін експлуатації всіх елементів армування;
- зниження капітальних витрат внаслідок зменшення діаметра стовбура (за фактором армування для гнучких армувань);
- значне зниження металоемності армування в порівнянні з гнучкою армировкою стовбура зі сталевими канатами;
- зниження рівня динамічних коливань в системі «посудину-армування»;
- підвищення рівня надійності та безпеки експлуатації армування ствола;
- зниження рівня корозії провідників, які працюють в обводнених шахтних стовбурах;
- відсутність застосування відбійних канатів;
- збільшення терміну експлуатації провідників армування ствола.

Дослідження і конструктивних вибір найбільш оптимальних канатів для КПП дозволить впровадити в експлуатацію армування, що забезпечують найбільш ефективну роботу підйомного комплексу з більш глибоких горизонтів.

Ключові слова: шахтні вертикальні стволи, канати КПП, полімерні та комбіновані канати, сталеві канати.

Annotation. In the work, various types of ropes for vertical shaft equipment with rope-profile guides (RPG) were studied; designs of the guides with polymer ropes, ropes combined with fiber and steel wire, steel ropes were studied, their properties and ability of the RPG to stand bending dynamic loads depending on various types of ropes were determined; designs of their fastening to the enclosing box were developed; and weight characteristics were determined for the gearbox.

Research and analysis of the use of various types of ropes in the design of the checkpoint showed that the most promising and reliable in operation according to the technical characteristics are combined ropes. Ropes of UHMWPE outperform all options, but separate studies are needed concerning the reduction in rope turnover, methods of their control and the development of measures to combat them. Properly chosen types of ropes, structures of their fastening and enclosing box for the guide should ensure:

- higher speed of cage movement and their greater carrying capacity;
- long trouble-free life for all elements of shaft equipment;
- reduction of capital costs due to smaller diameter of the shaft (by shaft equipment for flexible shaft equipment);
- significant reduction of steel intensity in the shaft equipment compared with flexible shaft equipment with steel ropes;
- reduced level of dynamic oscillations in the "cage-shaft equipment" system;
- improved reliability and safety of the shaft equipment operation;
- reduced level of corrosion of the guides in the flooded shaft;
- no balance ropes;
- longer service life of the shaft equipment guides.

The study and the constructive choice of the most optimal ropes for the RPG will make it possible to implement the shaft equipment, which ensure the most efficient operation of the winder complex in the deeper horizons.

Keywords: vertical shaft, ropes for RPG, polymer ropes, combined ropes, steel ropes.

Стаття надійшла до редакції 20.10.2018

Рекомендовано до друку чл.-кор. НАН України Круковським О.П.