

УДК 622.6:622.674:622.673.1

КАНАТНО-ПРОФИЛЬНЫЕ ПРОВОДНИКИ АРМИРОВКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ

¹Волошин А.И., ²Рубель А.А., ³Рубель А.В., ⁴Кураева А.В.

¹Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины,

²ГП «ОК«Укрвуглереструктуризація», ³Міненергоуголь України, ⁴ООО «Файзер»

КАНАТНО-ПРОФІЛЬНІ ПРОВІДНИКИ АРМУВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ СТВОЛОВ ШАХТ

¹Волошин О.І., ²Рубель А.О., ³Рубель О.В., ⁴Кураева О.В.

¹Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України,

²ДП «ОК«Укрвуглереструктуризація», ³Міненерговугілля України, ⁴ТОВ «Файзер»

ROPE-PROFILE GUIDES FOR REINFORCING MINE VERTICAL SHAFT

¹Voloshin A.I., ²Rubel A.A., ³Rubel A.V., ⁴Kuraieva A.V.

¹ Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine, ²SE "UC" Ukrvuglerstrukturizatsiya", ³Ministry of Power Engineering and Coal Industry of Ukraine, ⁴LLC «Faizer»

Аннотация. Вертикальные стволы горных предприятий относятся к основным выработкам шахты, которые рассчитаны на весь срок работы шахты и на период ее вывода из эксплуатации. Для направления движения сосудов они оборудуются армировкой различных типов. В работе исследованы и проанализированы достоинства и недостатки существующих армировок стволов и определены пути их совершенствования, разработан новый вид конструкций, на основе канатно-профильных проводников, консольно-демпфирующих расстрелов и дискретного их расположения. Внедрение данных конструкций канатно-профильной армировки позволит значительно снизить недостатки существующих жестких, гибких, консольных армировок и позволит обеспечить: более высокую скорость движения и грузоподъемность подъемных сосудов; увеличение межремонтного срока эксплуатации армировки; снижение капитальных затрат при строительстве вследствие уменьшения диаметра ствола (в сравнении с гибкой армировкой ствола); снижение трудоемкости обслуживания и ремонта; значительное снижение металлоемкости в сравнении с жесткой армировкой стволов; снижение уровня динамических колебаний в системе «сосуд-армировка»; увеличение демпфирующих свойств армировки за счет увеличения количества демпферов на консольных расстрелах и свойств канатов; снижение аэродинамического сопротивления ствола до уровня, сравнимого с гибкой армировкой ствола; повышение уровня надежности и безопасности эксплуатации армировки ствола; исключение необходимости применения отбойных канатов; применение более рациональных компоновок схем ярусов армировки, позволяющих использовать более грузоподъемные сосуды в стволе; увеличение срока эксплуатации проводников до уровня жесткой армировки ствола. Как видно из результатов расчетов, канатно-профильные армировки имеют меньшую металлоемкость по сравнению с жесткой почти в 2 раза, и только на 16.5% превышают по металлоемкости гибкую армировку.

Разработка и внедрение канатно-профильных армировок позволит обеспечить рост пропускной способности ствола и подъемного комплекса в целом.

Ключевые слова: шахтные вертикальные стволы, канатно-профильные проводники, скипы, расстрелы, натяжные устройства, стальные (композитные) канаты.

Постановка проблемы.

Вертикальные стволы горных предприятий относятся к основным выработкам шахты, которые рассчитаны на весь срок работы шахты и на период ее вывода из эксплуатации. Для направления движения сосудов они оборудуются армировкой различных типов.

Жесткая армировка состоит из проводников и расстрелов с шагом ярусов 4-5 м по глубине ствола, является надежной и долговечной, но имеет ряд существенных недостатков:

- значительные динамические нагрузки в системе «сосуд-армировка» при искривлении проводников»

- значительные объемы работ по заделки расстрелов в крепь ствола и нарушение целостности боковых пород;

- высокое аэродинамическое сопротивление сечения ствола;

- из-за загруженности сечения ствола возникают сложности при спуске негабаритных грузов в шахту;

- высокая трудоемкость изготовления и монтажа и обслуживания элементов армировки.

Гибкая армировка также широко применяется в стволах и состоит из гибких проводников, выполненных стальными канатами, натяжение которых осуществляется с помощью грузов, которые закреплены внизу или вверху с помощью коушей и имеет также отбойные канаты.

Гибкая армировка обладает следующими недостатками:

- требуется большее поперечное сечение ствола при тех же параметрах подъема по сравнению с жесткой армировкой, как минимум на 600 мм по диаметру;

- низкий срок службы канатных проводников (4 года);

- высокая стоимость канатов закрытой конструкции;

- высокий уровень горизонтального движения сосудов под действием сил кручения, возникающих при работе головных канатов, и действия аэродинамических сил при движении сосудов;

- невозможность ремонта отдельного отрезка 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 частой замены канатных проводников ствола.

Существуют безрасстрельные армировки, в которых вместо расстрелов через все сечение ствола применяются консольные балки. Основным их недостатком является значительное увеличение металлоёмкости консоли и узлов крепления в стволе из-за передачи веса проводника консольно.

Исследование и разработка конструкций канатно-профильной армировки (КПА) [5], позволит значительно снизить влияние многих из выше перечисленных недостатков.

Цель исследований – в основу исследования положена задача – разработка наиболее оптимальных конструкций канатно-профильной армировки ствола, внедрение которых позволит обеспечить:

- более высокую скорость движения и грузоподъемность подъемных сосудов;

- увеличение межремонтного срока эксплуатации армировки;

- снижение капитальных затрат вследствие уменьшения диаметра ствола (в

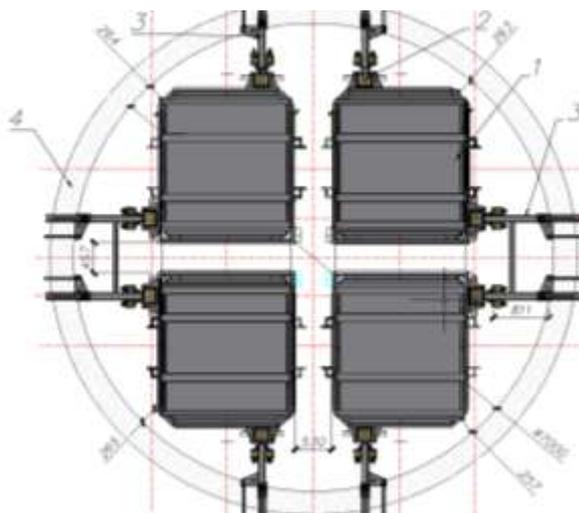
сравнении с гибкой армировкой ствола);

- снижения трудоемкости обслуживания и ремонта;
- значительное снижение металлоемкости в сравнение с жесткой армировкой стволов;
- снижение уровня динамических колебаний в системе «сосуд-армирование»;
- увеличение демпфирующих свойств армировки, за счет увеличения количества демпферов на консольных расстрелах, натяжных устройствах, и свойств канатов;
- снижение аэродинамического сопротивления ствола до уровня сравнимого с гибкой армировкой ствола;
- повышение уровня надежности и безопасности эксплуатации армировки ствола;
- исключение необходимости применения отбойных канатов;
- снижение количества натяжных грузов в зумпфе;
- уменьшение высоты зумпфа необходимого для разрешения натяжных грузов, площадок обслуживания, коушей крепления и прочее;
- применять более рациональные компоновки схем ярусов армировки позволяющие использовать более грузоподъемные сосуды в стволе;
- увеличение срока эксплуатации проводников до уровня жесткой армировки ствола.

Разработка и внедрение канатно-профильных армировок позволит обеспечить рост пропускной способности ствола и всего подъемного комплекса в целом.

Материалы и результаты исследования.

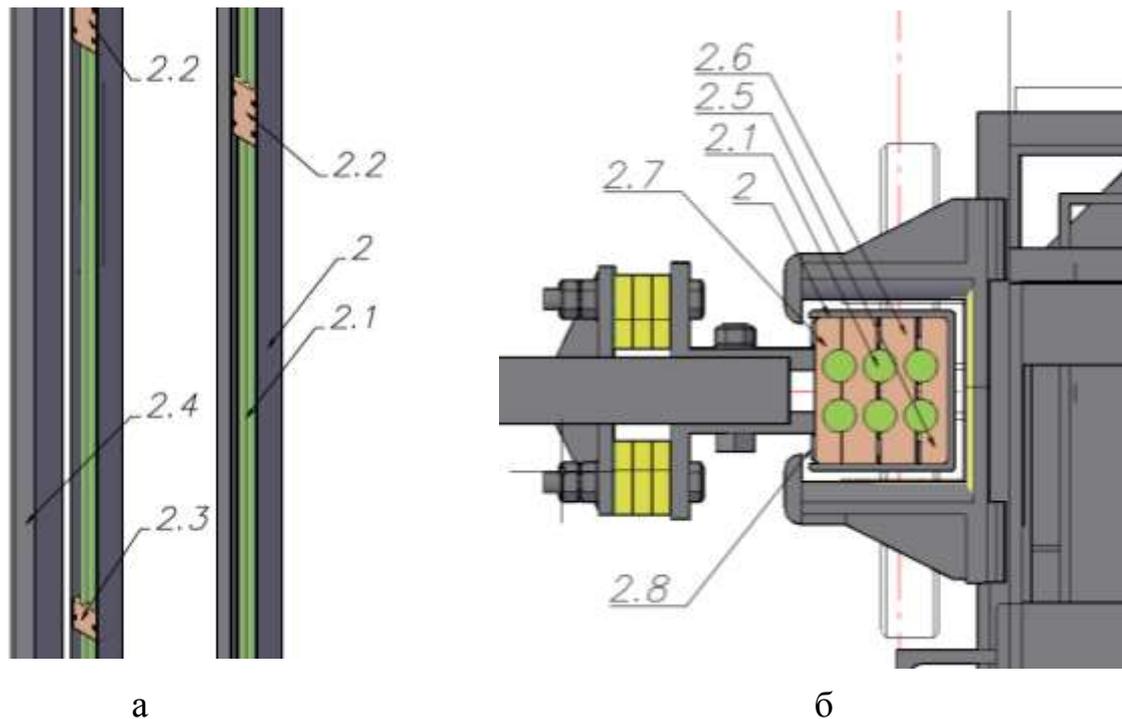
Канатно-профильная армировка (далее КПА) ствола состоит из канатно-профильного проводника (КПП) [3], консольно-демпфирующего расстрела (КДР) [2], рис. 1., схема армирования – четыре угольных скипа СНТ 35-2 на ствол, шаг армировки 60м (по вертикали).



1 – скип СНТ 35-2; 2 – канатно-профильный проводник; 3 – консольно-демпфирующий расстрел; 4 – крепь ствола

Рисунок 1 - Сечение вертикального шахтного ствола с 2-мя проводниками на сосуд

Сосуд движется в по глубине ствола в КПП и удерживается лапами с захватами и резиновыми роликами качения типа НКП (см. рис. 1, 2) конструкция КПП, состоящих из 6-ти стальных канатов типа 42-Г-1-Н-1372 со стальным сердечником ГОСТ 7669-80 ф42мм представлена на рис.2, где – 2.1- канаты, 2.2 - стыковочная скоба крепления ограждающего профиля и канатов, 2.3 - промежуточная скоба 2.2, 2.4- задняя пластина (снята для наглядности), 2.5 – задняя часть скобы, приваренная сваркой к ограждающему профилю; 2.6 – промежуточные стяжные части скобы; 2.7 – крайняя часть скобы; 2.8 – стягивающие шпильки частей скобы канатов и профиля в единую конструкцию.



а – вид сбоку, б – вид сверху КПП, КДР; 2 – канатно-профильный проводник; 2.1 – канаты; 2.2 – стыковая скоба; 2.3 – промежуточная скоба; 2.4 – задняя крышка проводника, 2.5 – задняя часть скобы; 2.6 – промежуточные стяжные части скобы; 2.7 – крайняя часть скобы; 2.8 – стягивающие шпильки

Рисунок 2 - Конструкция канатно-профильного проводника и консольно-демпфирующего расстрела

Горизонтальные динамические нагрузки от сосуда демпфируется за счет растяжения канатов КПП и металлорезиновых вкладышей, расположенных на консольном расстреле (желтый цвет см. рис. 2). Подвижная скоба закреплена на КДР и позволяет двигаться КПП вверх-вниз и влево-вправо

КДР, образующие ярус, расположены с шагом 60 м в месте встречи сосудов одного подъема шаг сначала уменьшается до 8м потом увеличивается до 60 м [4]. Такое расположение ярусов позволяет значительно снизить динамические колебания в месте встречи сосудов, возникающие в системе «сосуд-армировка» из-за эксцентриситета загрузки сосудов, неравномерности натяжения канатов, кручения канатов, аварийного торможения, искривления профилей и прочих негативных факторов.

Конструкция разработанного натяжного устройства [5] представлена на рис.3 и имеет значительно меньшую массу и габариты, по сравнению с натяжными грузами для гибкой канатной армировки, так как часть натяжения осуществляется за счет веса ограждающего профиля КПП.

Определим значения лобовых прогибов проводников для гибкой армировки и КПП, имеющие размеры гнутого швеллера 200x180x6 по ГОСТ 8278-83 с толщиной задней крышки 6 мм при приложении статической нагрузки 10кН, результаты жесткости бы-ли получены с помощью метода конечных элементов в программе ANSYS 19.1 и сведены в табл. 1. Также определим моменты сопротивления вращению сосудов в системе «сосуд-гибкая армировка» по [1] и угловое перемещение сосудов по горизонтали согласно [1] результаты расчетов сведем в табл.1.

Таблица 1 - Сравнительная таблица определения прогибов при приложении статической горизонтальной нагрузки 10кН

№ п\п	Наименование	Ед. изм.	4 канатных пров-ка Ø52	1 КПП (6x Ø42)	2 КПП на сосуду (6x Ø42)
1	Прогиб канатного проводника в середине ствола	мм	917,25		
2	Гарантированный зазор между сосудами ΔL	мм	50	50	50
3	Угол поворота груженого сосуда	град	2,7	0,0260	0,013
4	Угол поворота порожнего сосуда	град	1,7	0,0260	0,013
5	Коэффициент динамичности K_d		1,5	1,5	1,5
6	Коэффициент безопасности K_b		5	5	5
7	Итого угол поворота груженого сосуда	град	20,25	0,195	0,0975
8	Итого угол поворота порожнего сосуда	град	2,55	0,039	0,0195
9	Прогиб проводника при шаге 8м	мм	917	4,8	2,4
10	Прогиб проводника при шаге 12м	мм		7,6	3,8
11	Прогиб проводника при шаге 60м	мм		49	24,5

Как видно из табл. 1, углы поворота сосудов в проводниках КПП во много раз меньше, чем для гибких проводников (канатов), что очевидно ведь жесткость ограждающего короба на кручение намного больше, чем каната, причем в данном случае не учитывалось влияние консольных расстрелов на снижение кручения ввиду достижения и так малых значений.

Прогиб проводников в лобовом направлении под статической нагрузкой 10кН для гибких проводников составляет 917 мм, так как согласно рис. 1, 2 движение сосуда осуществляется в двух КПП и кинематическая связь его осуществляется лапами с захватами, то при горизонтальной нагрузке 10 кН она

раскладывается на два КПП. То есть прогиб КПП делим на два и берем значения из табл. 1 из колонки 6. Значит, имеется суммарный статический прогиб от усилия 10 кН двух КПП в месте встречи сосудов – 2,4 мм при шаге 8м, при шаге 12 м – 3,8 мм, и при шаге 60м – 24,5 мм, что при отсутствии переменной жёсткости проводника и жестких расстрелов вполне допустимо, кроме того в расчете не учитывались демпфирование КДР.

Исследованиями [3] на основании многочисленных данных для жесткой армировки с искривленными проводниками установлено, что при небольших значениях эксцентриситета груза в сосуде дополнительные нагрузки в лобовой плоскости составляют до 25кН, а при очень значительных смещениях груза возрастают и достигают 60-70кН, результаты расчетов прогибов КПП в лобовой плоскости при приложении статической нагрузки 60кН, полученных методом конечных элементов в программе ANSYS 19.1, сведены в табл. 2.

Таблица 2 - Определения прогибов при приложении статической горизонтальной нагрузки 60 кН

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	4 канатных пров-ка Ø52	1 КПП (6х Ø42)	2 КПП (6х Ø42) на сосуд
1	Прогиб канатного проводника в середине ствола	мм	4588		
2	Угол поворота груженого сосуда от кручения подъемных канатов	град	2,7	0,0260	0,0260
3	Угол поворота порожнего сосуда от кручения подъемных канатов	град	1,7	0,0260	0,0260
4	Коэффициент динамичности Кд		1,5	1,5	1,5
5	Коэффициент безопасности Кб		5	5	5
6	Итого угол поворота груженого сосуда		20,25	0,195	0,195
7	Итого угол поворота порожнего сосуда		2,55	0,039	0,039
8	Прогиб проводника при шаге 8м	мм		24	12
9	Прогиб проводника при шаге 12м	мм		45,6	22,8
10	Прогиб проводника при шаге 60м	мм		282	141

Как видно из приведенных результатов расчета (табл. 2), прогиб двух КПП в месте встречи сосудов при шаге 8 м составляет 12мм, при 12м – 22,8 мм, так как КПП не имеют жесткого закрепления на расстреле и проводники изгибаются, это позволяет сосудам безопасно разъезжаться в стволе, так как прогиб КПП не критичен и имеется большее количество КДР в середине ствола, которые активно демпфируют горизонтальную нагрузку за счет демпферов, имеющих 3 степени жесткости (рис. 2 б).

При шаге между ярусами 60 м статический прогиб в середине ствола на 2 КПП составляет 141 мм, из них 10 кН демпфирует проводники, 20 кН демпфирует 4 роликовых направляющих сосуда типа НКП, остальную нагрузку 30кН демпфируют четыре расстрела, позволяя проводнику изгибаться.

В сравнении с гибкой армировкой ствола, статический прогиб 4 канатных проводников 52,0-Г-1-Н-1372 со стальным сердечником по ГОСТ 7669-80 при горизонтальной нагрузке 10 кН составляет 917,25 мм, а при 60 кН прогиб составляет 4588 мм. Раскачивание сосудов при их движении в стволе по проводникам с прогибом 917,25 мм, возникающим при приложении статического горизонтального усилия 10 кН, демпфируется отбойными канатами, что приводит к раскачиванию всей гибкой армировки, поэтому при проектировании закладывается увеличение диаметра ствола в виде предохранительных зазоров по 350 мм на сторону при глубине ствола свыше 800м согласно п. 2.2.1. [1]. И такие нагрузки практически не возникают, так как нет переменной жесткости проводника, искривленных проводников и соударений с ярусами, как в случае с жесткой армировкой ствола.

Армировка с КПП и демпфирующими расстрелами обладает похожими свойствами с гибкой армировкой, поэтому возникновение усилий 60-70кН маловероятно.

Как видно из приведенных расчетов, армировка с КПП обладает многократно высоким запасом устойчивости, надежности эксплуатации и может нормально эксплуатироваться при возникновении аварийных горизонтальных нагрузок в стволе 60-75 кН и не требует применения отбойных канатов и увеличения диаметра ствола в виде предохранительных зазоров по 350мм на сторону.

Исследуем металлоёмкость различных типов армировки стволов и результаты расчетов металлоёмкости различных типов армировок для одной и той же подъемной установки, и сосудов, сведем в табл. 3.

Как видно из результатов расчета табл. 3, КПА имеют меньшую металлоемкость по сравнению с жесткой почти в 2 раза, и только на 16.5 % превышают по металлоемкости гибкую армировку.

Выводы.

Разработка конструкций КПА для вертикальных стволов, позволит преодолеть недостатки существующих армировок и обеспечить:

- достижение более высоких значений скоростей движения до 15 м\с;
- увеличение срока эксплуатации канатов в КПП до 15 лет;
- 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;

Таблица 3 - Сравнительная таблица металлоемкости армировок

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Жесткая армировка	Гибкая армировка 16 канатов ф52	КПП и КДР
Расстрелы					
1	Глубина ствола	м	1 200,00	1 200,00	1 200,00
2	Тип расстрела		коробчатая балка		КДР
3	ГОСТ		8509-06	7669-80	7669-80; 26020-83
4	Сечение расстрела	мм	200x200x14		160x80x5x7,4
5	Вес расстрела	кг/м.п.	85,60		15,8
6	Длина расстрелов в ярусе	м.п.	24		3,2
7	Шаг армировки	м	4,1		60
8	Количество ярусов	шт.	292,68		27
	Вес расстрелов ствола	т	601,29		1,37
Проводники					
1	Сечение проводника	мм	200x200x14		200x180x6
2	Вес проводника	кг/м.п.	85,60	23,70	77,12
3	Длина проводника	м.п.	1 200,00	1 200,00	1 200,00
4	Вес отбойных канатов	т		11,85	
5	Количество проводников и отбойных канатов	шт.	8,00	22,00	8,00
	Вес проводников ствола	т	821,76	625,68	740,35
Крепления					
1	Вес крепления	кг/шт.	9,00		48,00
2	Количество креплений в ярусе	шт.	16,00		8,00
3	Количество креплений в стволе	шт.	4 682,93		160,00
	Вес креплений ствола	т	42,15	11,1	7,68
	Итого вес армировки ствола:	т	1 465,19	636,78	749,40

- значительное увеличение демпфирующих свойств армировки ствола за счет демпфирования канатами КПП, применения демпферов гасителей колебаний на расстрелах;

- 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 колеблющийся в стволе отбойных канатов;

- значительно снижение горизонтальных раскачиваний сосудов при их движении по глубине ствола;

- значительное снижение моментов кручения проводников за счет применения КДР и как следствие снижение минимальных зазоров между крепью ствола и сосудом и между сосудами;

- исключение влияния горного давления и неровностей ствола на КПП армировки ствола;

- увеличение пропускной способности ствола, за счет использования более рациональных схем армирования ствола.

Внедрение канатно-профильных армировок позволит значительно повысить уровень безопасной эксплуатации армировки вертикального ствола и рентабельности подъемного комплекса в целом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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 – 75стр.

2. Пат. 110492 Україна, (51) МПК (2016.01), E21D 7/00. Консольно-демпфіруючий розстріл: / Рубель А.О. // Бюл. – 2016. – №19.

3. Пат. 115478 Україна, (51) МПК E21D 7/00. Канатно-профільний провідник армування шахтного стовбура / А.О. Рубель (Україна) // Бюл. – 2017 – 21.

4. Пат. 110518 Україна, (51) МПК (2016.01) E21D 7/00. Дискретне армування стовбура. / А.О. Рубель (Укр-раїна) // Бюл. – 2016. – №19.

5. Волошин, А.И. Армування вертикальних шахтних стовбів і методи його вдосконалення / Волошин А.И., Рубель А.А., Рубель А.В. // Геотехнічна механіка: Міжвідомчий збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2016,. - вип. 126 – С. 137-145.

REFERENCES

1. Ministry of Coal Industry of USSR, State Technical Inspectorate of the USSR (1989), *Normy bezopasnosti na proektirovaniye I ekspluatatsiyu kanatnykh provodnikov mnogokanatnykh podyemnykh ustanovok* [Safety standards for the design and operation of cable conductors of multi-rope hoisting instalations], MakNII, Makeevka – Donbass, SU.

2. Rubel A.O. (2016), *Konsolno-dempfiruyuchy rozstril* [Console damping rozstril], Kyiv, UA, Pat. 110492 Ukraine.

3. Rubel A.O. (2016), *Kanatno-profilny providnyk armuvannya shakhtnogo stovburu* [Rope and professional conductors of reinforce of mine shaft], Kyiv, UA, Pat. 115478 Ukraine.

4. Rubel A.O. (2016), *Diskretne armuvannya stovbura* [Discrete reinforcement of trunk], Kyiv, UA, Pat. 110518 Ukraine.

5. Voloshin, A.I., Rubel A.A. and Rubel A.V. (2016), «Reinforcement of vertical mine shafts and methods of its perfection», *Geo-Technical Mechanics*, no. 126, pp. 137-145.

Об авторах

1. **Волошин Алексей Иванович**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Украины, заместитель директора Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ, НАНУ), Днепр, Украина

2. **Рубель Андрей Александрович**, кандидат технических наук, главный энергетик Государственного предприятия «Объединенная компания «Укруглеструктуризация», Киев, Украина, AORubel@gmail.com.

3. **Рубель Александр Васильевич**, магистр, Министерство энергетики и угольной промышленности Украины, Киев, Украина.

4. **Куряева Альона Викторовна**, магистр, ООО «Файзер».

About the authors

1. **Voloshin Aleksey Ivanovich**, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Deputy Director of Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine.

2. **Rubel Andrei Aleksandrovich**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Chief Power Engineer in the State Enterprise United Company Ukruglerestructuring, Kiev, Ukraine, AORubel@gmail.com.

3. **Rubel Alexander Vasilevich**, Master of Science, Ministry of Power Engineering and Coal Industry of Ukraine, Kiev, Ukraine.

4. **Kuraeva Alyona Viktorovna**, Master of Science, LLC "Faizer".

Анотація. Вертикальні стовбури гірничих підприємств відносяться до основних виробок, які розраховані на весь термін роботи шахти і на період її виведення з експлуатації. Для направлення руху посудин вони обладнуються армуванням різних типів. У роботі досліджено і проаналізовано переваги і недоліки існуючих армувань стовбурів і визначено шляхи їх вдосконалення, розроблено новий вид конструкцій, на основі канатно-профільних провідників, консольно-демпфуючих розстрілів і дискретного їх розташування. Впровадження даних

конструкцій канатно-профільного армування дозволить значно знизити недоліки існуючих жорстких, гнучких, консольних арміровок і дозволить забезпечити: - вищу швидкість руху і вантажопідйомність підйомних посудин; збільшення міжремонтного терміну експлуатації армування; зниження капітальних витрат при будівництві, внаслідок зменшення діаметру стовбура (у порівнянні з гнучким армуванням стовбура); зниження трудомісткості обслуговування і ремонту; значне зниження металоємності у порівнянні з жорстким армуванням стовбурів; зниження рівня динамічних коливань у системі «посудину-армування»; збільшення демпфуючих властивостей армування за рахунок збільшення кількості демпферів на консольних розстрілах і властивостей канатів; зниження аеродинамічного опору стовбура до рівня, порівнянного з гнучким армуванням стовбура; підвищення рівня надійності та безпеки експлуатації армування стовбура; виключення необхідності застосування відбійних канатів; застосування більш раціональної компоновки схем ярусів армування, що дозволить використовувати більш вантажопідйомні посудини в стовбурі; збільшення терміну експлуатації провідників до рівня жорсткого армування стовбура. Як видно з результатів розрахунків, канатно-профільні армування мають меншу металоємність у порівнянні з жорсткою майже у 2 рази, і лише на 16.5% перевищують за металоємністю гнучке армування. Розробка і впровадження канатно-профільних армувань дозволить забезпечити зростання пропускної спроможності стовбура і підйомного комплексу в цілому.

Ключові слова: шахтні вертикальні стовбури, канатно-профільні провідники, скіпи, розстріли, натяжні пристрої, сталеві (композитні) канати.

Annotation. The vertical shafts of mine enterprises behave to the basic workings, which are counted on all work term of mine and on the period of its deriving from exploitation. For direction of motion of cages they equip by equipment of different types. In the work, advantages and disadvantages of existing shaft equipment were investigated and analyzed, ways of their improvement were defined, and a new design was developed on the basis of rope-profile guides and console-damping shaft buntons and their discrete layout. Introduction of these designs of cable-profile equipment will significantly reduce drawbacks of the existing rigid, flexible, console equipment and will: ensure higher speed and greater hoisting capacity of the cages; prolong the equipment overhaul life; cut capital costs of the construction due to the smaller diameter of the shaft (in comparison with flexible shaft equipment); reduce labour content in the maintenance and repair works; significantly decrease metal consumption in comparison with rigid shaft equipment; decrease level of dynamic oscillations of the «cage-shaft equipment» system; improve damping properties of the shaft equipment due to the increased number of dampers in console shaft buntons and improved properties of the ropes; reduce aerodynamic resistance of the shaft to the level comparable with flexible shaft equipment; improve reliability and safety of the shaft equipment operation; exclude use of balance ropes; apply more rational schemes of the floors layout, which allow using more powerful cages in the shaft; prolong service life of the guides to the level comparable with service life of the rigid shaft equipment. As is obvious from results of calculations, the rope-profile equipment have less specific quantity of metal as compared to hard one almost in 2 times, and only on 16.5% exceed on specific quantity of metal of flexible equipment.

Development and implementation of the cable-profile shaft equipment will ensure increase of the shaft hoisting capacity and of the hoisting complex as a whole.

Key words: mine vertical shafts, cable-profile guides, skips, shaft buntons, tensioning devices, steel (composite) ropes

Стаття надійшла до редакції 15.04.2018

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук О.П. Круковським