

УДК 622.6:622.674:622.673.1

Волошин А.И., чл.-кор. НАН України,
д-р техн. наук, професор
(ИГТМ НАН України)

Рубель А.А., канд. техн наук
(ГП «ОК«Укруглереструктуризация»)

Рубель А.В., инженер
(Минэнергоуголь Украины)

АРМИРОВКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ И МЕТОДЫ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Волошин О.І., чл.-кор. НАН України,
д-р техн. наук, професор
(ИГТМ НАН України)

Рубель А.А., канд. техн. наук
(ДП «ОК«Укрвуглереструктуризація»)

Рубель А.В., инженер
(Миненерговугілля України)

АРМУВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ ШАХТНИХ СТВОЛІВ І МЕТОДИ ЙОГО ВДОСКОНАЛЕННЯ

Voloshin A.I., Cor.Member NASU,
D.Sc (Tech), Professor
(IGTM NASU)

Rubel A.A., Ph.D (Tech.
SP «ОК«Ukruglerustrukturizatsiya»)

Rubel A.V., M.C (Tech.)
(Minenergovugillya Ukrainy)

EQUIPMENT FOR VERTICAL MINE SHAFTS AND METHODS FOR ITS IMPROVEMENT

Аннотация. В работе выполнен анализ различных видов армировок вертикальных стволов для обеспечения движения подъемных сосудов, определены их преимущества и недостатки. Рассмотрены пути совершенствования армировок вертикальных стволов шахт. Внедрение канатно-профильной армировки имеющих постоянную жесткость проводника по глубине ствола и высокие диссипативные свойства, позволит: снизить металлоемкость армировки в 10-15 раз по сравнению с жесткой армировкой; снизить параметрические резонансные колебания в системе «сосуд-армировка»; значительно продлить срок службы проводников по сравнению с гибкой армировкой ствола; снизить затраты на обслуживание армировки ствола; снизить аэродинамическое сопротивление ствола; снизить затраты электроэнергии на вентиляцию; увеличить интенсивность подъемной установки по фактору армировки; значительно снизить капитальные затраты на строительство, за счет снижения диаметра ствола, по сравнению с гибкими армировками; снизить затраты реконструкцию, эксплуатацию как существующих, так и вновь строящихся вертикальных стволов шахт; и позволит повысить эффективность добычи полезных ископаемых в условиях работы на глубоких горизонтах шахт и рудников.

Ключевые слова: шахтные вертикальные стволы, жесткая армировка ствола, гибкая армировка; канатно-профильный проводник, расстрел, ярус ствола.

Постановка проблемы. Развитие предприятий горнодобывающей промышленности с подземным способом добычи полезных ископаемых предусматривает переход на более глубокие горизонты, что влечет за собой необходимость строительства новых вертикальных стволов большой глубины или углубления действующих. Вертикальные стволы шахт относятся к особо сложным горным выработкам и имеют многофункциональное назначение. Они предназначены не только для работы подъемных комплексов, но и для прокладки различных коммуникаций, необходимых для ведения горных работ - кабельные линии, трубопроводы (водоотливные, противопожарные, сжатого воздуха, и прочие), а также являются основными выработками в системе проветривания шахты.

В вертикальных стволах угольных и сланцевых шахт в качестве армировки для направления движения сосудов применяются деревянные (лиственница, дуб, бук, граб), металлические (рельсовые, коробчатые) и канатные проводники. Армировки стволов шахт подразделяются на: жесткие (деревянные, металлические проводники) и гибкие (канатные проводники).

Жесткая армировка имеет переменную жесткость проводника на расстреле (ярусе) и в промежутках между расстрелами в лобовом и боковом направлениях, такая конструкция приводит к возможности возникновения колебаний, которые впоследствии могут привести к возникновению параметрического резонанса в системе «сосуд-армировка», что является причиной повышенного износа элементов, искривления расстрелов и проводников, и при дальнейшем развитии – заклинивании сосудов, обрыва канатов, аварийного раскрепления ствола.

Конструкция жесткой армировки ствола влечет за собой: высокую металлоемкость и стоимость, необходимость периодической замены элементов в результате износа и коррозии металла, и значительную трудоемкость при эксплуатации и обслуживании. Кроме того, конструкция жесткой армировки, занимая значительную часть сечения ствола создает высокое аэродинамическое сопротивление движению воздушной струи, что отрицательно сказывается на системе вентиляции шахты.

Часто в процессе эксплуатации со временем возникает необходимость ограничения скорости движения и грузоподъемности сосудов по причине состояния армировки, что, следовательно, приводит к снижению производительности всего подъемного комплекса в целом.

Гибкая армировка, состоящая из 2-х, 3-х, 4-х направляющих вертикальных проводниковых канатов, закрепленных на сосуде, натяжных устройств и отбойных канатов имеет преимущества по сравнению с жесткой армировкой, но, в тоже время, имеет и ряд существенных недостатков, а именно:

- более низкий срок службы канатных проводников (в 4-6 раза), чем рельсовых или коробчатых;

- высокая динамика движения сосуда в стволе и, как следствие, необходимость наличия больших зазоров между сосудами и крепью ствола;
- необходимость применения отбойных канатов;
- необходимость строительства стволов большего диаметра, чем для жестких армировок, при других равных параметрах.

Цель исследований. Разработка конструкций армировок нового технического уровня для вертикальных стволов, которые позволят преодолеть ряд технических недостатков, присущих приведенным выше конструкциям и позволят обеспечить: более высокую интенсивность подъемной установки; более длительный срок эксплуатации; снижение капитальных затрат на строительство благодаря снижению металлоемкости и вследствие строительства стволов меньшего диаметра; снижения трудоемкости обслуживания; и, как прямое следствие, повышение экономической эффективности добычи полезных ископаемых с более глубоких горизонтов.

Материалы и результаты исследования. На шахтах угольной промышленности Украины всех форм собственности находится в эксплуатации 468 вертикальных стволов, из которых более 140 отнесены к особо дефектным, исходя из неудовлетворительного состояния армировки и крепи. Комплексной программой технического переоснащения стационарного оборудования угледобывающих предприятий государственной формы собственности в период с 2010 по 2015 годы предусматривалась замена 269,8 км рельсовых проводников на сумму 188,9 млн. грн и 78,3 км коробчатых проводников на сумму 76,3 млн. грн согласно уровню цен 2009 года [1].

Хронический недостаток собственных средств у угольных предприятий и прекращение в последние годы финансирования государственных программ технического перевооружения, а также ведение боевых действий в зоне АТО в Луганской и Донецкой областях, еще более усугубили неудовлетворительное состояние шахтных стволов и подъемных комплексов. Поэтому вопрос совершенствования конструкций и поиск новых более эффективных технических решений армирования шахтных вертикальных стволов приобретает особую актуальность для их сохранения в работе как основных транспортных магистралей шахты.

Известна жесткая армировка ствола, содержащая рельсовые проводники, соединенные между собой с помощью скоб «схвата» и прикрепленные на горизонтальных расстрелах с помощью скоб «Бриара» по длине ствола. Расстрелы выполняются из двутавровых или коробчатых балок, расположенных горизонтально по длине ствола с забетонированными концами в крепи ствола, образуя при этом ярус армировки [2].

Недостатком этой конструкции армировки является: наличие стыков между рельсами, высокая разница в жесткости проводника на расстреле и между расстрелами в лобовом и боковом направлениях, что приводит к возникновению параметрических колебаний сосудов, при их движении по длине ствола и возможности возникновения параметрического резонанса с последующим разрушением армировки или значительным искривлением

проводников и расстрелов.

Также значительная металлоемкость конструкции, наличие большого количества болтовых соединений (которые необходимо периодически обтягивать) приводит, соответственно, к высокой трудоемкости технического обслуживания и ремонта.

Существует также жесткая армировка ствола, которая содержит коробчатые проводники, закрепленные на горизонтальных расстрелах по глубине ствола. Расстрелы выполнены из двутавровых или коробчатых балок, расположенных горизонтально по длине ствола с забетонированными концами в крепи ствола, образуя при этом ярус армирования. Коробчатые проводники обладают большей жесткостью как на расстрелах, так и в промежутках между ними по сравнению с рельсовыми проводниками. В целом, несмотря на недостатки коробчатые проводники надежны и позволяют развивать большую интенсивность (скорость и грузоподъемность) движения подъемных сосудов по глубине ствола [2].

В основу исследования положена задача создания канатно-профильного проводника шахтного ствола, позволяющего: снизить динамические нагрузки в системе «сосуд - армировка» за счет постоянной жесткости проводника в лобовом и боковом направлениях по глубине ствола; снизить металлоемкость по сравнению с жесткой армировкой ствола; увеличить срок службы армировки и значительно снизить количество расстрелов по глубине ствола.

Поставленная задача решается путем разработки конструкции канатно-профильного проводника [3], который содержит несущие канаты, закрепленные в верхней части ствола, и имеющие одинаковое натяжение (за счет грузов), расположенных в нижней части ствола (зумпфе). На канаты, посредством специально разработанных стяжных устройств, закреплен ограждающий профиль по всей длине ствола с образованием единого жесткого канатно-профильного проводника для направления движения сосудов в стволе (Рис.1).

Движение сосудов в проводниках осуществляется с помощью стандартных существующих упругих направляющих, роликов типа НКП и жестких предохранительных направляющих лап сосуда.

Отсутствие горизонтальных балочных расстрелов через все сечение ствола в канатно-профильной армировке позволяет значительно увеличить перекрытие предохранительными жесткими направляющими лапами канатно-профильного проводника и исключить выход из зацепления при движении сосудов по глубине ствола.

Ограждающий короб канатно-профильного проводника закрепляется на канатах стяжными жимками с помощью болтового соединения, соединение между собой секций (6-12м) ограждающего профиля происходит на стяжном жимке при помощи сварки, или с помощью фиксирующих соединений типа «папа-мама».

Для снижения весовой нагрузки, демпфирования, и поворотных перемещений канатно-профильный проводник дополнительно закреплен на специальных расстрелах по длине ствола.

Конструкция канатно-профильного проводника позволяет использовать его в существующих на сегодняшний день схемах гибкой армировки с минимальными затратами и изменениями.

Канатно-профильный проводник имеет полностью закрытую разборную конструкцию для защиты, обслуживания натяжных канатов и удержания консистентной смазки внутри проводника.

Вверху, в копре ствола, устанавливается система контроля натяжения и состояния несущих канатов проводника.

Система контроля натяжения и состояния канатов предусматривает возможность передачи на пульт диспетчера или дежурного механика в режиме онлайн данных мониторинга с возможностью их сохранения и накопления.

Короб жесткого канатно-профильного проводника представляет собой цельнокатаный профиль специальной конструкции или стандартные гнутые швеллеры.

Конструкция поясняется чертежами.

На рис.1 изображено изометрическое расположение конструкции канатно-профильного проводника с устройствами крепления (жимками);

Задний сегмент стяжного жимка крепится к ограждающему профилю проводника с помощью сварного соединения и далее к нему, с помощью болтового соединения, крепятся остальные части жимка и канаты. Элементы всей конструкции скрепляются болтами в единый канатно-профильный проводник и закрываются задней крышкой, что обеспечивает возможность разборки и поэлементной замены узлов и деталей.

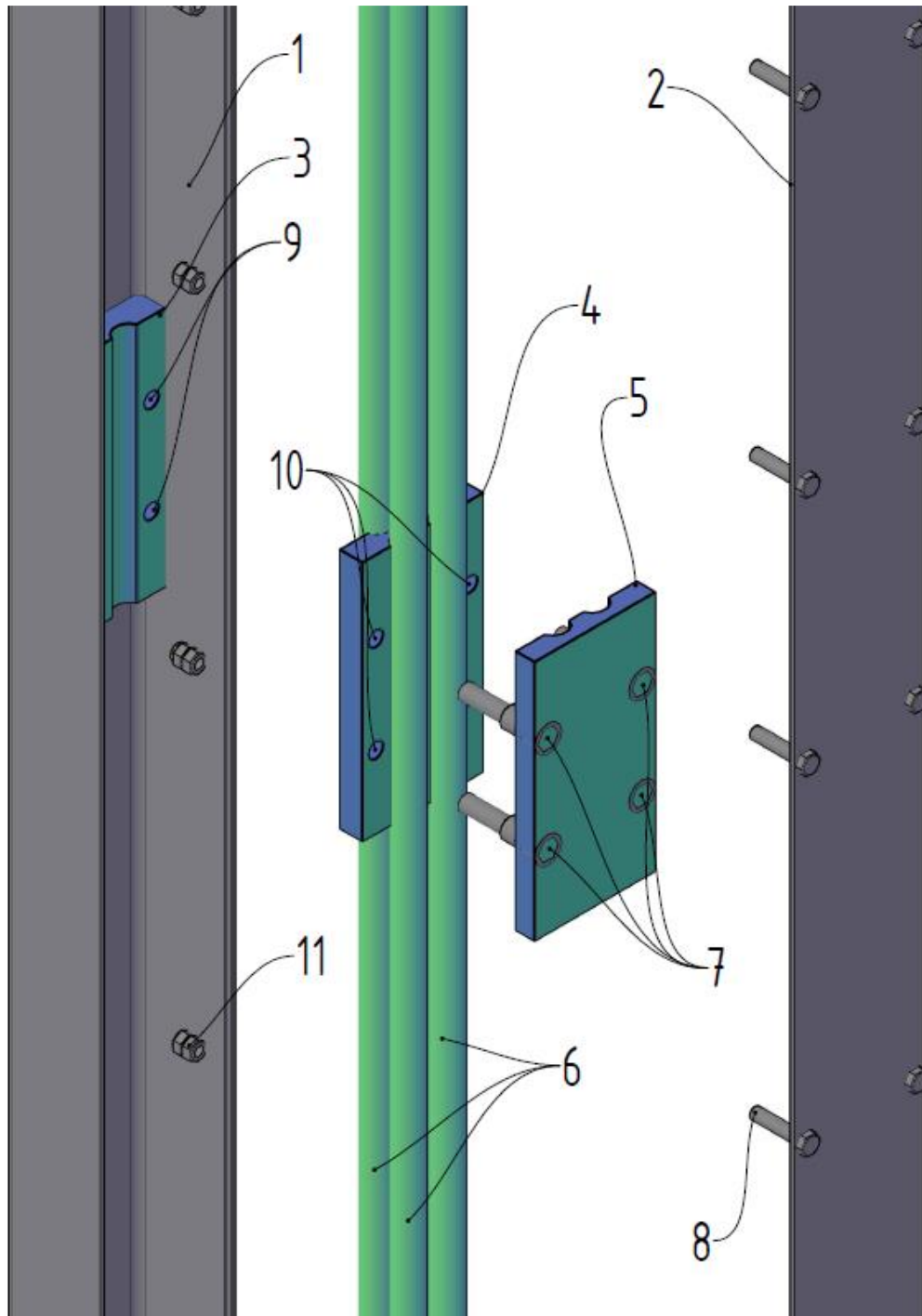
На рис.2 изображены конструкции канатно-профильного проводника в сборе.

При движении сосуда в проводниках по глубине ствола возникают колебания как в лобовом так в боковом направлениях, при которых динамическая нагрузка передается от сосуда к профилю проводника и далее канатам (рис.1), демпфирование колебаний в системе «сосуд-армировка» осуществляется за счет диссипативных свойств проводника: небольшого трения канатов в жимках, гашения вибрации канатов между жимками за счет применения резиновых или пресмасовых шайб, расположенных по длине проводника внутри.

Надежность кинематической связи сосуда и проводника, при большом изгибе канатно-профильного проводника, чем для коробчатого проводника жесткой армировки обеспечивается за счет увеличения длины зева жестких предохранительных лап сосуда, при существующих нормативных зазорах между направляющей лапой сосуда и проводником. При этом удар на поперечном расстреле яруса не происходит ввиду его отсутствия.

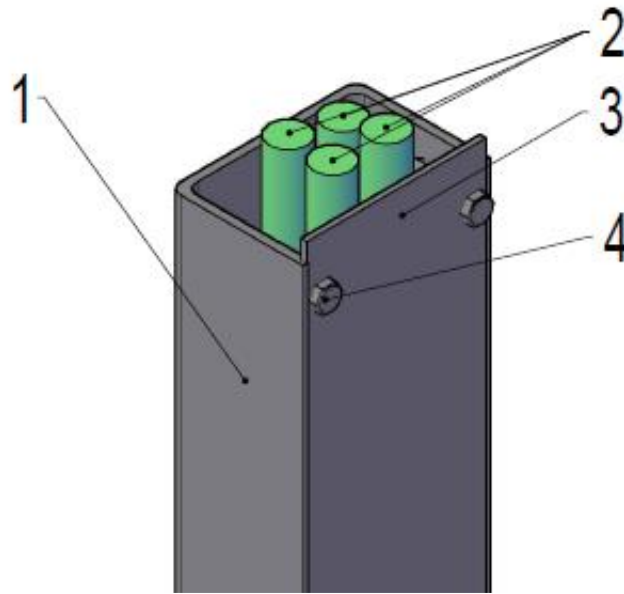
Выводы.

Канатно-профильный проводник позволяет значительно снизить уровень параметрических колебаний в системе «сосуд - армирование» за счет отсутствия жестких балочных расстрелов и переменной жесткости проводника в лобовом и боковом направлениях по длине ствола.



1 - профиль (короб, гнутый швеллер) проводника; 2 – задняя крышка проводника, которая удерживает смазку и препятствует попаданию пыли и грязи внутрь проводника; 3 - задняя часть сборного жимка, которая жестко закреплена к профилю проводника 1; 4 - средняя часть сборного жимка для сжатия канатов; 5 - передняя часть сборного жимка для стягивания канатов, профиля и частей жимка; 6 - натяжные канаты проводника; 7 - скрепляющие болты с головкой под шестигранник; 8 - болтовое крепление крышки профиля к проводнику; 9 - резьбовые отверстия в жестко закрепленной с профилем 1 задней части жимка 2 под скрепляющие болты 7; 10 - сквозное отверстие под скрепляющий болт 7 в средней части жимка 4; 11 – резьбовые втулки под крепление крышки 2, внутри профиля 1

Рисунок 1 – Канатно-профильный проводник



1 – профиль (короб, швеллер) проводника, 2 – натяжные канаты, 3 – крышка задней стенки проводника, 4 – болтовое крепление крышки по длине

Рисунок 2 - Конструкции канатно-профильного проводника в сборе (изометрия)

Внедрение профильной армировки вертикальных стволов позволит преодолеть ряд недостатков, присущих выше приведенным конструкциям армировок и позволит обеспечить более высокие качественные показатели в эксплуатации, надежности, сроке службы и экономической эффективности, а именно:

- исключить использование расстрелов и, соответственно, уменьшить металлоемкость армировки в 10 – 15 раз по сравнению с жестким (балочным) армированием ствола;
- снизить аэродинамическое сопротивление проветривания ствола на 30-40%, что позволит оптимизировать работу главных вентиляторных установок в части снижения потребления электроэнергии;
- увеличить срок службы армирования за счет снижения уровня динамической нагруженности в системе «сосуд-армировка»;
- увеличить срок службы за счет защиты несущих канатов от воздействия вредных факторов (коррозии, высыхания, износ, прочее);
- снизить затраты на обслуживание армировки ствола;
- избежать затрат на навеску отбойных канатов для гибкой армировки;
- снизить капитальные затраты при строительстве и реконструкции вертикальных стволов шахт.

Внедрение канатно-профильной армировки позволит значительно снизить капитальные затраты на строительство, реконструкцию, эксплуатацию как существующих, так и строящихся вертикальных стволов шахт, что позволит повысить эффективность добычи полезных ископаемых в условиях работы на глубоких горизонтах шахт и рудников.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Программа технического переоснащения стационарного оборудования угледобывающих предприятий Минэнергопрома Украины на 2010-2015 годы // Министерство угольной промышленности Украины. – Киев: 2009 – 85с.
2. Пособие по проектированию и монтажу жесткой армировки вертикальных стволов шахт и рудников (к СНиП II-94-80) / Под. ред. Баклашова И.В. – Москва:ГК СССР по народному образованию, Московский ордена Трудового Красного Знамени горный Институт, 1989г. – 125 с.
3. МПК (2016.01), E21D 7/00. Канатно-профільний провідник армування шахтного ствола / А.О. Рубель А.О.; заявник і власник А.О. Рубель – № u201512038; заявл. 04.12.2015.

REFERENCES

1. *Programma tekhnicheskogo pereosnashcheniya statsionarnogo oborudovaniya ugledobyvayushchikh predpriyatiy Mintnrgoproma Ukrainy na 2010-2015 gg* [Program of the technical retooling of stationary equipment of coal-mine enterprises of Ministry of coal industry of Ukraine on 2010-2015 years], Ministry of coal industry of Ukraine, Kiev, UA.
2. *Posobiye po proyektirovaniyu i montazhu zhestkoy armirovki vertikalnikh stvolov shakht i rudnikov (k SNiP II-94-80, pod red. Baklashova I.V.* [Manual on planning and editing of hard equsp of vertical trunks of pits and mines (to SNiP II-94-80), under. red. of Baklashov I.V.] (1989), SK of USSR on folk education, Moscow Order of Labour Red Colour Mine Institute, Moscow, SU.
3. Rubel, A.V., Rubel, A.V. (2015), МПК (2016.01), E21D 7/00 *Kanatno-profilniy providnik armuvanniy syakhtnogo stvola*[Rope-type explorer of reinforcement of mine trunk], Kiev, UA, № u201512038.

Об авторах

Волошин Алексей Иванович, член-корреспондент Национальной Академии Наук Украины, доктор технических наук, профессор, заместитель директора института, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной Академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина.

Рубель Андрей Александрович, кандидат технических наук, главный энергетик ДП «ОК «Укруглереструктуризация», Киев, Украина, AORubel @gmail.com.

Рубель Александр Васильевич, инженер, главный механик Министерства энергетики и угольной промышленности Украины, Киев, Украина, AMRubel @gmail.com.

About the authors

Voloshin Alexey Ivanovich, Corresponding Member of the National Academy of Science of Ukraine, Doctor of Technical Sciences (D.Sc), Professor, Deputy Director of Institute, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine

Rubel Andrey Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Chief Power Engineering Specialist of DP «OK «Ukruglerestrukturizatsiya», Kiev, Ukraine, AORubel @gmail.com.

Rubel Aleksandr Vasilevich, Master of Science, Chief Mechanician of Ministry of Power Engineering and Coal Industry of Ukraine, Kiev, Ukraine, AMRubel @gmail.com.

Анотація. У роботі виконаний аналіз різних видів армувань вертикальних стволів для забезпечення руху підйомних судин і визначені їх переваги і недоліки. Розглянуті шляхи вдосконалення армування вертикальних стволів шахт. Упровадження канатно-профільного армування, що має постійну жорсткість провідника по глибині ствола і високі дисипативні властивості, дозволить: знизити металоємність армування в 10-15 разів у порівнянні з жорстким армуванням; знизити параметричні резонансні коливання в системі «сосуд-армування»; значно продовжити термін служби провідників в порівнянні з гнучким армуванням ствола; знизити витрати на обслуговування армування ствола; знизити аеродинамічний опір ствола і витрати електроенергії на вентиляцію; збільшити інтенсивність підйомної установки за чинником армування, значно знизити капітальні витрати на будівництво за рахунок зниження діаметру ствола, в порівнянні з гнучким армуванням; знизити витрати на реконструкцію, експлуатацію як існуючих вертикальних стволів шахт,

так і тих, які будуються; і дозволить підвищити ефективність видобутку корисних копалин в умовах роботи на глибоких горизонтах шахт і рудників.

Ключові слова: шахтні вертикальні стовбури, жорстке армування стовбура, гнучке армування; канатно-профільний провідник, розстріл, ярус стовбура.

Abstract. In this work, different types of equipment for vertical shafts are analyzed in terms of providing proper cage trip, and their advantages and failings are described. Possible methods for improving equipments in the mine vertical shafts are considered. Introduction of rope-type equipment, having permanent inflexibility of guide on the depth of shaft and high dissipative properties, will allow: to reduce of steel intensity of equipment in 10-15 times as compared to hard equipment; to reduce parametric resonance vibrations in the system of «vessel-equipment»; it is considerably to prolong the term of service of explorers as compared to flexible equipment trunk; to reduce expenses on maintenance of equipment of shaft and his aerodynamic resistance; to reduce the expenses of electric power on ventilation; to multiply intensity of the lifting setting on the factor of equipment; it is considerably to reduce capital costs on building, due to the decline of diameter of shaft, as compared to flexible equipments; to reduce expenses on a reconstruction, exploitation of both existent and again built vertical shafts of mines; to promote efficiency of mining in the conditions of work on deep horizons of mines and pits.

Keywords: mine vertical shafts, stiff shaft equipment, flexible shaft equipment; rope-shaped guider; cantilever-damping buntion, shaft floor.

Статья поступила в редакцию 02.02.2016

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук А.П. Круковским