

Blind vertical shaft construction in Internatsionalny mine, ALROSA**Information about authors****A. A. Vetlov**¹, Chief Specialist of Underground Mining Sector, mail@ugruda.ru**O. S. Golotvina**¹, Cat II Engineer of Underground Mining Sector¹ Uralgiproruda, Ekaterinburg, Russia**Abstract**

Internatsionalny mine operates within Mirny Mining and Processing Intergated Works of ALROSA, produces diamond-bearing kimberlite ore and is hazardous regarding gas release and oil ingress.

By now, mining stage I has been completed (Level –200 ... –560 m). Start of mining stage II (Level –560 ... –790 m) needs construction of a blind skip shaft (BSS). Uralgiproruda Institute has elaborated the project and working documentation to support BSS construction.

This article presents key engineering solutions on BSS construction and details of shafting technology and sequence, lining, reinforcement and permanent equipment.

BSS is intended to hoist ore to surface at a skip hoist capacity of 250 thou t per year. BSS length is 307 m, cross section is circular with an inside diameter of 3.65 m. Amount of stone drivage during construction of BSS and a set of underground openings will make round 28.5 thou m³. BSS is equipped with mono-cable hoisting machine Siemens Tegberg and skip hoist CH-4-170-1.8 with mobile body and bottom unloading.

Mechanized shaft drivage uses drill rig Robbins 73RH by Atlas Copco (Sweden) with a reamer of 3.65 m. For support and reinforcement of the shaft, Uralgiproruda Institute has designed a special three-deck hanging scaffold. It is decided on flexible cable reinforcement with rigid guides at the point of the skip loading/unloading. Tension of the cable reinforcement is implemented using cargo elements placed in the shaft sump.

The accepted mechanized drivage method will enable reducing capital costs of BSS construction, while the elimination of the aggravating effect of drilling-and-blasting on enclosing rocks will ensure the shaft stability and will allow using lighter support types, as well the construction time will be shortened as against the conventional shafting technology.

Keywords: Internatsionalny mine, blind skip shaft, shafting, support, shaft reinforcement and equipment, hanging scaffold, hoisting machine, skip.

References

- Langefeld O., Maslennikov S.A. Stand und ausblick des schachtbaus in der Russischen Federation. Bergbau. 2011. No. 10. pp. 437–439.
- Neye E., Burger W., Rennkamp P. Rapid shaft sinking. Glückauf. 2014. No. 2. pp. 26–34.
- Kratz T., Martens P. N. Optimization of mucking and hoisting operation in conventional shaft sinking. Glückauf. 2015. No. 2. pp. 16–22.
- Schmäh P., Künstele B., Handke N., Berger E. Weiterentwicklung und perspektiven mechanisierter schachtteuftechnik. Glückauf. 2007. No. 1(2). pp. 20–32.
- Palankov I. M. Obzor otechestvennogo i zarubezhnogo opyta prokhodki vertikalnykh stvolov metodom bureniya i sposobov vozvedeniya krepki (Review of Russian and foreign experience of vertical shaft deepening by drilling and support construction methods). *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten = Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2010. No. 12. pp. 20–27.
- Kaledin O. S. Innovatsionnye tekhnologii stroitelstva sverkhglubokikh shakhtnykh stvolov (Innovative construction technology of ultra deep shafts). *Gornyy Zhurnal = Mining Journal*. 2014. No. 4. pp. 77–81.
- Fomichev A. D. Tekhnologii mekhanizirovannogo stroitelstva glavnykh vertikalnykh stvolov na primere sovremennykh stvoloprokhodcheskikh agregatov (Technologies of mechanized construction of main vertical shafts on example of modern shaft-sinking aggregates). *Izvestiya Tulskogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Tula State University*. 2014. No. 1. pp. 172–179.
- Dokukin O. S. *Stroitelstvo stvolov shakht i rudnikov. Spravochnik* (Construction of shafts and mines. Reference book). Moscow: Nedra, 1991. 516 p.
- Pleshko M. S., Kurnakov V. A. Analiz normativnoy bazy i nauchnykh issledovaniy v oblasti krepiveniya vertikalnykh stvolov. Napravleniya ikh dalneyshego razvitiya (Analysis of normative base and scientific investigations in the area of support of vertical shafts. Ways of their further development). *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten = Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2011. No. 4. pp. 49–53.
- Manets I. G. *Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont shakhtnykh stvolov* (Technical maintenance and repair of shafts). Donetsk: LLC «Yugo-Vostok, Ltd», 2008. 596 p.
- Prokopov A. Yu. *Nagruzki i vozdeystviya na zhestkuyu armirovku vertikalnykh stvolov* (Loads and impacts on hard armour of vertical shafts). Rostov-na-Donu: Proceedings of Universities. North-Caucasian region, 2008. 210 p.
- Shafranov N. K., Yagodkin F. I. *Kanatnaya armirovka vertikalnykh stvolov* (Rope armour of vertical shafts). Moscow: Nedra, 1976. 144 p.

УДК 622.223.3:621.876

ПОДЪЕМНЫЕ УСТАНОВКИ СТВОЛОВ ДЛЯ ВСКРЫТИЯ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ СОВРЕМЕННЫХ ШАХТ И РУДНИКОВ

Н. Н. МЕРКУРЬЕВ¹, главный специалист горно-механического сектора, mail@ugruda.ru

¹ ОАО «Институт «Уралгипроруда», Екатеринбург, Россия

Введение

В настоящее время проектирование новых предприятий, разработка ранее недоступных запасов существующих рудников или переход с открытых работ на подземные все чаще связаны с высокими требованиями, предъявляемыми к высоте подъема и производительности подъемных установок [1, 2]. В таких условиях работы, при глубине стволов 1 км и более, производительности до 500 т/ч и сложных климатических и инженерно-геологических условиях эксплуатации требуются транспортные комплексы с высокой технологичностью и энергоэффективностью, а также надежностью узлов и агрегатов.

Показаны проектные разработки и их реализация в части шахтного многоканатного подъема глубоких стволов современных шахт и рудников России на примере строящихся комплексов ОАО «Севуралбокситруда» и АК «АЛРОСА» (ПАО), запроектированных ОАО «Институт «Уралгипроруда».

Ключевые слова: ОАО «Институт «Уралгипроруда», разработка месторождений, вскрытие месторождений, шахтный ствол, шахтный подъем, многоканатные подъемные машины, башенный копер, нестандартизированное оборудование, скип, клеть, скользящая опалубка.

DOI: dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.07.15

При проектировании современных шахтных комплексов подъемов, кроме технологических параметров, большое внимание уделяется минимализации капитальных затрат и сроков ввода

объекта в эксплуатацию, а также району размещения объекта проектирования в части наличия стройматериалов, транспортной обеспеченности и сезонности строительных и монтажных работ [3].

Основы проектирования современных шахтных подъемных комплексов

В период с 2012 по 2015 г. институтом «Уралгипроруда» были спроектированы два шахтных комплекса многоканатного подъема:

- в ОАО «Севералбокситруда» на шахте «Черемуховская-Глубокая» — скипоклетевой ствол (СКС). Ствол диаметром 8 м и глубиной 1523,5 м оборудован тремя многоканатными подъемными — рудным скиповым, породным скипоклетевым и клетевым. Оборудование комплекса размещается в железобетонном копре, возведенном с применением передвижной скользящей опалубки;

- в АК «АЛРОСА» на руднике «Удачный» — скиповый ствол (СС). Ствол диаметром 9 м и глубиной 1006 м оборудован двумя многоканатными подъемными системы скип–скип для выдачи кимберлитовой руды.

Основные данные по рассматриваемым подъемным комплексам представлены в **таблице**.

Сооружение ствола шахты «Черемуховская-Глубокая» имеет длинную и сложную историю, начало которой было положено в конце 1960-х годов, когда было начато проектирование освоения месторождения около пос. Черемухово. Ствол был заложен в 1982 г., к началу 1990-х годов пройден на всю глубину и в 1997 г. законсервирован.

Возродился проект в 2006 г. Тогда специалистами института были разработаны стальная армировка для ствола СКС и трехэтажный подвесной полук для ее возведения. Подразделением СУБРа «Металлист» все было реализовано в металле, и шахтостроители смонтировали 360 м ствола. Кризис 2008 г. заставил временно прекратить работы.

В 2010 г. по решению РУСАЛа шахтостроители «СУБР-стройка» возобновили работы и к началу 2012 г. полностью смонтировали все 362 яруса армировки.

В 2011–2012 гг. институтом разрабатываются фундаменты для будущего копра и склада руды [4]. Проектируется скользящая опалубка — вторая в истории института после строительства копра шахты «Ново-Кальинская». Опалубка имеет размеры в плане 21×21 м (по размерам копра), предназначена для возведения стен башенного копра толщиной 300 мм как методом поясного

Основные характеристики шахтных подземных комплексов

Параметр	Рудник (шахта)			
	ОАО «Севералбокситруда», шахта «Черемуховская-Глубокая», скипоклетевой ствол	Рудный	АК «АЛРОСА», рудник «Удачный», скиповый ствол	Скиповый
Подъем	Породный	Рудный	Клетевой	Скиповый
Назначение подъема	Спуск-подъем людей, выдача породы, руды	Выдача руды	Спуск-подъем людей, оборудования и материалов	Выдача руды
Число подъемов	1	1	1	2
Система подъема	Скип–клеть	Скип–скип	Клеть–противовес	Скип–скип
Высота подъема, м	1443,5 (люди), 1518 (груз)	1518	1443,5	1005
Подъемная машина: тип диаметр канатоведущего шкива, м диаметр отклоняющего шкива, м	ЦШ 5×4 5,0 3,0	ЦШ 5×4 5,0 3,0	ЦШ 4×4 4,0 —	ЦШ 4,65×4Д 4,65 3,0
Электродвигатель: тип мощность, кВт	Постоянного тока 5000	Постоянного тока 4000	Постоянного тока 1600	Переменного тока, синхронный 4400
Подъемный сосуд 1: тип вместимость, чел. грузоподъемность, кг масса, кг	Скип — 28000 22400	Скип — 28000 22400	Клеть 80 14000 20100	Скип — 30000 29000
Подъемный сосуд 2: тип вместимость, чел. грузоподъемность, кг масса, кг	Клеть 44 — 22500	Скип — 28000 22400	Противовес — — 27200	Скип — 30000 29000
Часовая производительность подъема по руде (породе), т/ч	226,5	510	—	700



Рис. 1. Строительство копра СКС с использованием скользящей опалубки



Рис. 2. Скиповые подъемные машины в копре СКС

бетонирования на высоту 1 м, так и методом непрерывного бетонирования. Полная масса опалубки составляет 120500 кг, передвигается она гидравлическими домкратами грузоподъемностью 10 т в количестве 76 ед., запитанными от единой гидросистемы, размещаемой непосредственно на верхнем ярусе опалубки. Опалубка разрабатывалась и рассчитывалась в современном проекторочном комплексе Autodesk Inventor, что позволило оптимизировать ее конструкцию в части надежности узлов и общей металлоемкости. Начальная стадия строительства копра с применением скользящей опалубки показана на **рис. 1**.

Каркас копра железобетонной конструкции высотой 90 м, размерами в плане по осям 21×21 м благодаря применению скользящей опалубки был возведен за 4,5 мес, т. е. средняя скорость строительства составила 0,7 м в сутки. При сооружении копра было залито около 4 тыс. м³ бетона. После возведения каркаса по разработанным институтом чертежам КМ и КМД были изготовлены и смонтированы несущие элементы перекрытий и

оборудования, выполнены перекрытия, отделка помещений и наружных стен копра.

Электромеханическое оборудование породной подъемной машины, коренная часть рудной подъемной машины и некоторое вспомогательное оборудование комплекса подъемов скипоклетевого ствола были демонтированы на выбывающих стволах предприятия. Рудный подъем оборудуется новым электродвигателем и современной системой электропривода, контроля и управления [5–7]. Клетевой подъем полностью оборудуется новой подъемной машиной с дисковыми тормозами [8]. Установка породной подъемной машины и коренной части рудной породной машины изображены на **рис. 2**.

Породный подъем скипоклетевого ствола, на данный момент введенный в эксплуатацию, является нетривиальным по своему назначению и оснащению. Ввиду неодновременности монтажа и ввода в эксплуатацию подъемов ствола породный подъем принят системы скип–клеть. Клеть из-за ограниченных размеров в плане (соответствующие сечению скипа) выполнена четырехэтажной с посадкой одновременно на два этажа. Вместимость клетки составляет 44 человека. Для уравнивания подъема при работе в режиме выдачи породы на нижнем (пятом) этаже клетки располагается набор грузов в виде пластин. Решение оборудовать породный подъем системой скип–клеть позволило выполнять операции по спуску-подъему рабочей смены и выдаче породы при производстве горно-капитальных работ в шахте всего одним подъемом [9]. Кроме того, транспортной схемой после породного бункера предусматривается возможность выдавать данным подъемом как породу в средства автотранспорта, так и руду на склад; для этого в копре предусмотрены реверсивный и перегрузочный конвейеры. Таким образом, один подъем способен решать сразу три задачи: выдачу руды, породы и спуск-подъем людей.

Скипы для породного и рудного подъемов приняты с неподвижным кузовом с шиберными затворами грузоподъемностью 28 т. Разгрузка скипов производится в бункеры копра, открытие затворов осуществляется посредством разгрузочных упоров в копре и канатной системой на скипах.

Клетевой подъем оборудован двухэтажной клетью с неподвижным кузовом и противовесом. Первый этаж клетки имеет рельсы и стопор для вагонетки типа ВГ-4,5. Грузоподъемность клетки составляет 14 т, вместимость — 80 человек (по 40 на каждом этаже). Посадка людей в клеть производится одновременно на оба этажа, для чего в копре и на горизонтах оборудованы посадочные площадки.

Четырехэтажная клеть и скипы для породного и рудного подъемов, двухэтажная клеть с подвижным кузовом и противовес для клетевого подъема, а также другое вспомогательное оборудование копра были разработаны и рассчитаны специалистами института в среде трехмерного моделирования проекторочного комплекса Autodesk Inventor. В нем же были сформированы и оформлены комплекты конструкторской документации на данное нестандартизированное оборудование. Трехмерные модели скипа, четырехэтажной и двухэтажной клетей для подъемов ствола СКС показаны на **рис. 3**.

В настоящее время подъемы скипоклетевого ствола монтируются для работы с гор. –1040 м, в дальнейшем выйдут на расчетную глубину подъема и будут эксплуатироваться с гор. –1250 м.

Проект по строительству подземного рудника «Удачный» АК «АЛРОСА» (ПАО) начат в 2004 г. Это четвертый и крупнейший подземный рудник компании. Введен в эксплуатацию в 2014 г., выход на проектную мощность 4 млн т руды в год ожидается в 2019 г. Рудник функционирует на кимберлитовой трубке «Удачная», открытая разработка которой началась в 1971 г. и завершилась в 2015 г.

В настоящее время на площадке рудника введен в эксплуатацию вентиляционно-вспомогательный ствол, ведется строительство скипового и клетевого стволов.

Скиповой ствол глубиной 1006 м, диаметром 9 м служит для подъема руды, аварийного подъема людей, выдачи исходящей струи воздуха. Армировка на протяженной части ствола канатная, в зоне загрузки и в устье жесткая металлическая. В стволе запроектированы два подъема системы скип–скип. Загрузка осуществляется спроектированным институтом комплексом загрузки скипов, состоящим из бункеров-накопителей, питателей, загрузочных конвейеров и бункеров-дозаторов с секторными затворами.

По данному объекту специалистами института были выполнены все стадии проектирования для его строительства и оснащения: проект, рабочая и конструкторская документация на нестандартизированное оборудование, исходные требования и технические задания для заказа технологического и вспомогательного оборудования.

Копер скипового ствола высотой 82 м и размерами в плане по осям 20×24 м — производственное сооружение, представляющее собой металлический каркас с монолитными железобетонными перекрытиями, снаружи обшитый теплоизоляционными стеновыми панелями. Общий вид копра СС изображен на **рис. 4**.

Данный комплекс подъемов укомплектован современным оборудованием с применением передовых технологий и технических решений [10, 11].

Подъемные машины с диаметром канатоведущего шкива 4,65 м оборудованы консольными электродвигателями и дисковыми тормозами. Система электропривода выполнена на основе частотных преобразователей с водяным охлаждением. Охлаждение электродвигателей обеспечивается модульными фильтровентиляционными установками.

Для натяжения проводниковых канатов в данном комплексе подъемов применено подвесное гидравлическое устройство для натяжения проводниковых канатов, позволяющее регулировать и контролировать натяжение проводниковых канатов непосредственно в копре в автоматическом и ручном режимах. Натяжение канатов в данном устройстве осуществляется посредством гидроцилиндров и гидростанции, позволяющих с большой точностью задавать и поддерживать необходимое натяжение.

Отдельное внимание следует уделить скипам и устройству для их разгрузки, разработанным и спроектированным институтом для скипового ствола.

Скипы грузоподъемностью 30 т выполнены с отклоняющимся кузовом и донной разгрузкой. Данная конструкция позволяет су-

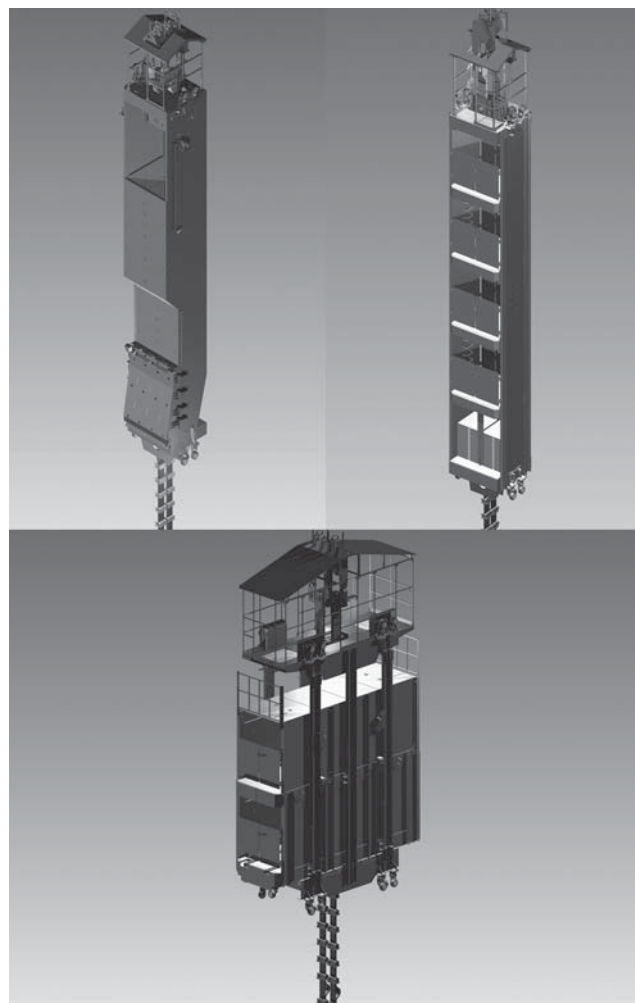


Рис. 3. 3D-модели скипа, четырех- и двухэтажных клетей для подъемов ствола СКС

щественно ускорить процесс разгрузки, исключить налипание и застыбровку разгрузочного окна скипа, а также практически исключить просыпь в ствол, так как кузова скипа и лоток при отклонении разгрузочной станции занимают положение при разгрузке непосредственно над бункером. В качестве подвесных для скипов приняты устройства производства Siemag Tecbergg типа ST 260 SO в комплекте со взвешивающими и перестановочными звеньями. Данные подвесные устройства позволяют благодаря взвешивающему звену контролировать загрузку скипа и равномерность натяжения подъемных канатов. В случае неравномерной вытяжки канатов перестановочные звенья дают возможность изменять длину каната до 600 мм без демонтажа подвесных устройств со скипа.

Устройство разгрузки скипа предназначено для применения в составе комплекса многоканатного подъема со скипами с отклоняющимися кузовами для разгрузки последних в приемный бункер. Устройство состоит из отклоняющейся рамы, разблокирующей кривой, кривошипно-шатунного механизма и привода.

Разгрузка скипа происходит в следующем порядке.

1. Грузеный скип останавливается на уровне разгрузки в копре, при этом входит тяговыми роликами в направляющие откло-

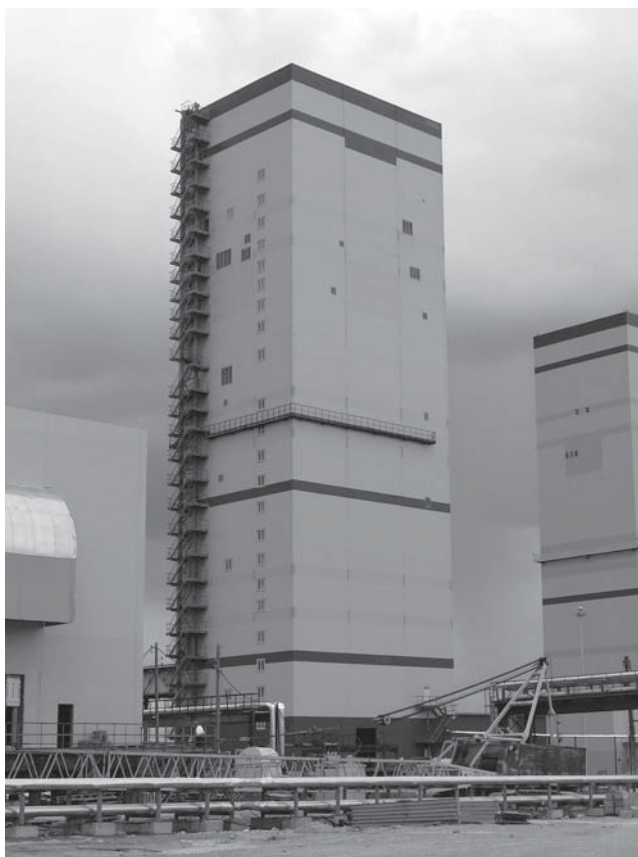


Рис. 4. Общий вид копра СС на руднике «Удачный»

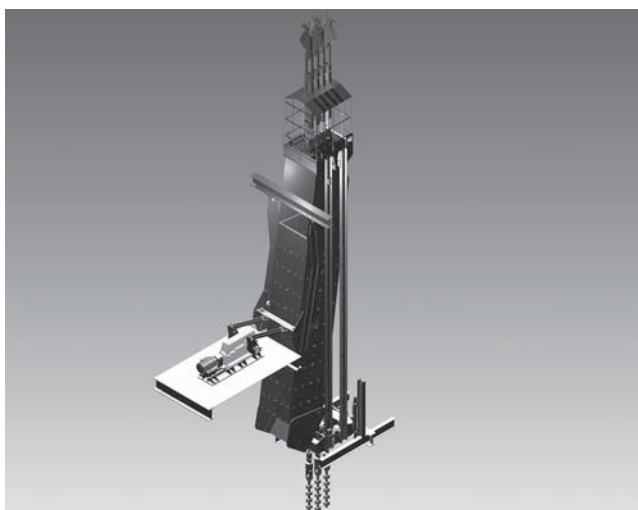


Рис. 5. 3D-модель скипа с отклоняющимся кузовом и его разгрузочное устройство

няющей рамы устройства разгрузки, а механизм открытия затвора разблокируется посредством отклонения рычага с роликом при взаимодействии с кривой в копре.

2. Устройство разгрузки, приводимое в движение кривошипно-шатунным механизмом с коническо-цилиндрическим редуктором и электродвигателем, отклоняет кузов скипа в сторону бункера; при этом у скипа открывается донный затвор, и горная масса высыпается в бункер.

3. По окончании разгрузки разгрузочное устройство возвращает кузов скипа в исходное положение; порожний скип готов к спуску.

Данное устройство разгрузки позволяет снизить динамические воздействия на скип и конструкции копра при разгрузке, так как, в отличие от традиционных способов, разгрузка производится при полной остановке скипа без ударных воздействий. Трехмерная модель скипа и установки для его разгрузки изображены на рис. 5 [12].

После бункеров в копре предусматривается транспортирование руды на склад с помощью цепочки питателей и конвейеров. Штабелирование руды на складе осуществляется катучим конвейером, располагаемым в галерее.

В настоящее время (на момент написания статьи) строительная часть в копре практически завершена, ведутся активные работы по монтажу и пусконаладочные операции. Комплекс подъемов ствола СС в 2016 г. должен быть смонтирован и сдан в эксплуатацию.

Заключение

Для повышения энергоэффективности комплексов подъемов в обоих проектах реализовано решение по использованию тепловыделений от технологического оборудования (от электродвигателей подъемных машин и частотных преобразователей) для отопления помещений копра в холодное время года. Для этого было предусмотрено сопряжение систем вентиляции технологического оборудования с системой вентиляции копра, разработана система автоматизации и управления элементами данной системы в зависимости от температуры наружного воздуха и внутри помещений. Данное решение способствует увеличению общего КПД комплекса и снижению затрат на отопление, что очень актуально в климатических условиях расположения объектов.

Как показывает практика, одинаковых рудников, шахт, стволов и комплексов подъемов не существует. У каждого объекта есть свои особенности, влияющие на сооружение комплекса в целом. Задача проектировщика — проявить индивидуальный подход к каждому объекту, найти оптимальные пути решения поставленных задач и выполнить работу качественно и в кратчайшие сроки.

Библиографический список

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». — М.: ЗАО «НТЦ исследований проблем промышленной безопасности», 2014. Сер. 05. Вып. 40. — 200 с.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». — М.: ЗАО «НТЦ исследований проблем промышленной безопасности», 2014. Сер. 03. Вып. 78. — 276 с.
3. Пырков В. И., Чебкасова С. Б. Реконструкция действующих и проектирование новых шахтных подъемных установок // Горный журнал. 2011. № 7. С. 22–25.
4. Menendez E., Matschei T., Glasser F. P. Sulfate attack of concrete // Performance of Cement-Based Materials in Aggressive Aqueous Environments. RILEM State-of-the-Art Reports 10, 2013.
5. Ильин С. Р., Ильина С. С., Самуся В. И. Механика шахтного подъема. — Днепропетровск: Национальный горный университет, 2014. — 247 с.
6. Thanga Raj C. Particle swarm and fuzzy logic based optimal energy control of induction motor for a mine hoist load diagram // IAENG International Journal of Computer Science. 2009. Vol. 36. No. 1. P. 17–25.
7. Petrochenkov A. B. An information of industrial electrotechnical complexes // Russian Electrical Engineering. 2015. Vol. 86. No. 6. P. 692–696.
8. Малиновский А. К. Совершенствование системы торможения шахтных подъемных машин // Горный журнал. 2009. № 10. С. 88–89.
9. Каледин О. С. Инновационные технологии строительства сверхглубоких шахтных стволов // Горный журнал. 2014. № 4. С. 77–81.
10. Ильбульдин Д. Х., Степанов Г. М. Энергосбережение в условиях перехода АК «АЛРОСА» на подземный способ отработки месторождений // Вестник ИрГТУ. 2015. № 6. С. 52–56.
11. Douzhang D., Bin P. Technical design of a series gantry planer main driving system based on Siemens M4 controller. URL: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-SHDJ200903008.htm (дата обращения: 13.07.2016).
12. Ding L., Zhou Y., Akinci B. Building information modeling (BIM) application framework: the process of expanding from 3D to computable // Automation in Construction. 2014. No. 46. P. 82–93. **Ж**

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2016, № 7, pp. 66–71
DOI: dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.07.15

Hoist units for shafts to access deep levels in modern underground mines

Information about author

N. N. Merkuriev¹, Chief Specialist of Mining and Mechanics Sector, mail@ugruda.ru

¹ Uralgiproruda Institute, Ekaterinburg, Russia

Abstract

The article describes the approaches developed by the Uralgiproruda Institute to get access to deep levels in modern underground mines using vertical shafts equipped by hoist units using examples of a skip-and-cage shaft and a skip shaft currently under construction in Cheremukhovskaya-Glubokaya mine of Sevuralboksitrudda and in Udachny mine of ALROSA, respectively. The scope of the description embraces history of design, construction and equipment of the shafts, their characteristics and features of derricks, as well as construction and equipment of the latter. Programs and software packages used in planning and design of unstandardized equipment are mentioned. The author gives examples of the Institute projects on optimizing processes (lowering/lifting of people, ore and rock drawing by one hoist in Cheremukhovskaya-Glubokaya mine) and improving energy efficiency of a set of hoists (use of heat loss of electric hoisting machines to heat derrick in winter time). Toward higher energy efficiency of the set of hoists, the both projects addressed the same solution on using heat loss of process equipment (electric drives of hoisting machines and variable speed drives) for warming of the enclosed area of the derrick in cold season. With this end in view, it was provided that the system of ventilation of the process equipment was connected with the system of ventilation of the derrick, and a system of automation and control of this coupling depending on temperature outside and inside the derrick was developed. Such solution favored enhanced efficiency of the whole set and allowed reduction in heating cost, which is an issue of concern given the climate of the mine location.

Keywords: Uralgiproruda Institute, mineral mining, mineral accessing, mine shaft, mine hoist, multi-cable hoisting machines, tower-type derrick, unstandardized equipment, skip, cage, stepping formwork.

References

1. *Federalnye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Pravila bezopasnosti v ugolnykh shakhtakh»* (Federal rules and regulations in the area of industrial safety “Safety rules in coal mines”). Moscow: JSC “Scientific-Engineering Center of Investigations of industrial safety problems”, 2014. Series 05, Iss. 40. 200 p. (in Russian)
2. *Federalnye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Pravila bezopasnosti v ugolnykh shakhtakh»* (Federal rules and regulations in the area of industrial safety “Safety rules in coal mines”). Moscow: JSC “Scientific-Engineering Center of Investigations of industrial safety problems”, 2014. Series 03, Iss. 78. 276 p. (in Russian)
3. Pyrkov V. I., Chebka S. B. Rekonstruktsiya deystvuyushchikh i proektirovaniye novykh shakhtnykh podemnykh ustanovok (Reconstruction of working mine hoisting plants and design of new ones). *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*. 2011. No. 7. pp. 22–25.
4. Menendez E., Matschei T., Glasser F. P. Sulfate attack of concrete. Performance of Cement-Based Materials in Aggressive Aqueous Environments. RILEM State-of-the-Art Reports 10, 2013.
5. Ilin S. R., Ilna S. S., Samusya V. I. *Mekhanika shakhtnogo podema* (Mine hoisting mechanics). Dnepropetrovsk: National Mining University, 2014. 247 p.
6. Thanga Raj C. Particle swarm and fuzzy logic based optimal energy control of induction motor for a mine hoist load diagram. *IAENG International Journal of Computer Science*. 2009. Vol. 36. No. 1. pp. 17–25.
7. Petrochenkov A. B. An information of industrial electrotechnical complexes. *Russian Electrical Engineering*. 2015. Vol. 86, No. 6. pp. 692–696.
8. Malinovskiy A. K. Sovershenstvovanie sistemy tormozheniya shakhtnykh podemnykh mashin (Improvement of the braking system of mine hoisting plants). *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*. 2009. No. 10. pp. 88–89.
9. Kaledin O. S. Innovatsionnye tekhnologii stroitelstva sverkhglubokikh shakhtnykh stvolov (Innovative construction technology of ultra deep shafts). *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*. 2014. No. 4. pp. 77–81.
10. Ilbuldin D. Kh., Stepanov G. M. Energoberezhenie v usloviyakh perekhoda aktsionerney kompanii «ALROSA» na podzemnyy sposob obrabotki mestorozhdeniy (Energy-Saving Under Conditions of Alrosa OJSC Transition to Underground Method of Deposit Development). *Vestnik Irkutskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta = Bulletin of Irkutsk State Technical University*. 2015. No. 6. pp. 52–56.
11. Douzhang D., Bin P. Technical design of a series gantry planer main driving system based on Siemens M4 controller. *Journal of Shanghai Dianji University*. 2009-03.
12. Ding L., Zhou Y., Akinci B. Building information modeling (BIM) application framework: the process of expanding from 3D to computable. *Automation in Construction*. 2014. No. 46. pp. 82–93.