

Особенности разработки оборудования для оснащения вертикальных стволов (на примере строительства шахты в Индии)

Всвязи со строительством в Индии металлургического завода по производству сортового проката в 22 км к западу от г. Бокаро компания Electrosteel Castings Limited приняла решение уменьшить зависимость от неопределенности спроса и цен сырья на мировых рынках за счет использования собственных коксующихся углей, что должно было оказать влияние на коммерческую жизнеспособность завода.

Для решения этой задачи выбрали месторождение коксующихся углей в Парбатпуре (штат Джаркханд), отработка запасов которого ведется открытым способом. К настоящему времени эксплуатируемый карьер достиг критической глубины и его эксплуатация становится экономически и технически нецелесообразной. Поскольку дальнейшую разработку месторождения запланировано осуществлять подземным способом, было принято решение построить шахту для добычи рядовых коксующихся углей производственной мощностью 3 млн т угля в год.

Донецкий институт по проектированию организации шахтного строительства и предприятий строительной индустрии («ДИОС», ранее «Донгипрооргшахтострой») заключил контракт с индийской компанией Electrosteel Castings Limited на разработку проектной докумен-

тации оснащения проходки и армирования двух вертикальных стволов для шахты «Парбатпур». Институт выполнял аналогичные проекты для индийских заказчиков (шахты «Джанджра», «Нарвапахар»). Результаты, достигнутые при проходке стволов на этих предприятиях, получили высокую оценку благодаря техническим решениям, предложенным специалистами ДИОСа.

Заключенный контракт предусматривал такие проектные работы: разработка технологии проходки и армирования вертикальных стволов, разработка рабочей документации на нестандартизированное горнопроходческое оборудование и технологические металлоконструкции, а также инженерное обеспечение оборудования.

Выполнению контракта сопутствовали факторы, усложнявшие работу, которые необходимо было учитывать: жаркий тропический климат и сложные сейсмические условия района строительства; необходимость учета правил безопасности, действующих в горной промышленности Индии; использование горнопроходческого оборудования, подъемных машин, проходческих лебедок, канатов, электрооборудования, кабельной продукции и других изделий китайского и индийского производства; частичное отсутствие характеристик заказанного горнопроход-



Р. З. УМАНСКИЙ,
канд. техн. наук
(ПАО «ДИОС»)



С. В. КАРГАПОЛОВ,
инж.
(ПАО «ДИОС»)



В. К. ДЖЕРИН,
инж.
(ПАО «ДИОС»)

ческого оборудования, необходимых в качестве исходных данных при разработке нестандартизированного оборудования.

Несмотря на указанные сложности и сжатые сроки, специалисты института выполнили контрактные условия.

Вспомогательный и вентиляционный стволы шахты «Парбатпур» диаметром 7 м и глубиной 515 и 525 м соответственно расположены на одной площадке. Эти стволы предполагается проходить в обычных горно-геологических условиях буровзрывным способом по совмещенной схеме с последующим армированием. Откачивать воду из забоя стволов при притоках до 5 м³/ч допускается бадьей с использованием забойных насосов. При притоках свыше 5 м³/ч воду откачивают насосами, установленными на проходческих полках, через перекачные камеры на горизонтах 180 и 380 м. В качестве постоянной крепи используется бетонная толщиной 300 мм.

Для выполнения работ по проходке и возведению постоянной крепи в стволе предусматривается следующее оборудование: машина подъемная JK 2.8x2.2/15.5 (Китай); бадьевой проходческий комплекс БПСМ-3 (Украина); породопогрузочная машина HZ-6B (Китай); зонтичная бурильная установка FJD-6C (Китай); лебедки проходческие JZ-5, JZ-10, JZ-16, JZ-25 (Китай); полк подвесной проходческий; опалубка секционная подвесная для возведения постоянной крепи; трубы вентиляции, трубы подачи бетонной смеси, водоотлива (Индия); кабельная продукция различного назначения (Индия); канаты (Индия). Размещение оборудования в стволе показано на рис. 1 и 2.

Основным элементом в комплексе стволового проходческого оборудования, обеспечивающего работу породопогрузочной машины, бурильной установки, приемку и раздачу бетонной смеси, наращивание труб и кабелей, все работы проходческого цикла и главное – безопасность рабочих, является проходческий полк (сложный агрегат, в составе которого есть гидравлические, пневматические и электротехнические устройства и механизмы).

Не менее важное значение в оснащении проходки стволов имеют копровые комплексы, которые обеспечивают: фиксированные точки схода в ствол канатов бадьевых подъемных установок и подвесного проходческого оборудования; восприятие нагрузок от этих канатов и передачи их на фундаменты; прием и разгрузку проходческих бадей и погрузку выдаваемой горной массы в транспортные сред-

ства; защиту устья ствола от атмосферных осадков; безопасные условия по спуску-подъему людей, оборудования и материалов, а также обслуживанию машин и механизмов, размещаемых в подкопровой зоне.

На конструкцию копрового комплекса и расчет несущей способности его элементов влияет не только размещение проходческого оборудования в стволе, но и расположение подъемных машин и проходческих лебедок на поверхности (рис. 3).

Приводим конструктивные особенности запроektированного нестандартизированного проходческого оборудования и копровых комплексов. Копровой комплекс включает следующие конструктивные части: шатер копра; подшкивную площадку; надстройку копра; разгрузочный станок; нулевое перекрытие; вспомогательное оборудование (рис. 4).

Шатер копра (далее – шатер) – основа копрового комплекса, образован четырьмя трехгранными опорными пространственно-стержневыми стойками. В собранном виде шатер – это усеченная пирамида высотой 22 м и размерами в верхнем сечении 8×8 м, в нижнем – 15×15 м. Стойки опираются на фундаменты через подвижные каретки, позволяющие совмещать оси подшкивной площадки, установленной на верхней отметке шатра, с осями ствола.

Боковые грани шатра копра на высоте 11 м связаны ригелями. Расстояние по вертикали между ригелями и нулевым перекрытием создает технологические проемы, используемые для вывода породного лотка за пределы шатра и для подачи к стволу забойного оборудования, собранного на поверхности.

Особенность конструкции шатра – создание дополнительных опор для обвязочных балок подшкивной площадки, делающих их неразрезными трехпролетными, что способствует уменьшению металлоемкости.

Подшкивная площадка используется для установки шкивов. Быстроходный шкив подъема – производства КНР, направляющие шкивы под канаты проходческих лебедок и передачи нагрузок от подвесного оборудования на шатер копра выполняются по чертежам, разработанным институтом «ДИОС».

Площадка состоит из системы балок и горизонтальных связей. Главные балки (контурные и средние), подшкивные балки с опорами под подшипники направляющих шкивов и вспомогательные бал-

ки предусмотрены в виде трех сварных блоков заводского изготовления, габаритные размеры которых соответствуют нормативным требованиям по транспортированию грузов.

Равнопрочные стыки блоков выполнены по контурным балкам с опиранием на стойки шатра. Узлы подвесных устройств канатов проходческого полка, требующие систематического осмотра, установлены на опорах над подшивной площадкой на высоте размещения плашечных зажимов.

Надстройка с перекрытием от влияния солнечной радиации, атмосферных осадков и несущими элементами под монорельс с тельфером для выполнения ремонтных работ и обслуживания оборудования располагается над подшивной площадкой на стойках.

Станок разгрузочный состоит из приемной площадки, лотка разгрузочного, технологической площадки. Его используют для выгрузки из проходческой бады горной массы и погрузки в автотранспорт.

Приемная площадка – это металлоконструкция для установки разгрузочной ляды бадьевого комплекса. Верхней частью она опирается на подвесное устройство, закрепленное на подшивной площадке, а нижней – на верхнюю часть разгрузочного лотка. Центровку площадки в плане осуществляют с помощью центровочных винтов.

Разгрузочная ляда открывается и закрывается при разгрузке бады с помощью лебедки Л-3,2 конструкции института «ДИОС» и контргруза с системой отклоняющих роликов. Для фиксации разгрузочной ляды в крайних положениях (открытое – закрытое) на бортовых ограждениях устанавливают конечные выключатели.

Разгрузочный лоток – прямоугольный короб, устанавливаемый на опорах под углом 50° к горизонту и выходящий за габариты шатра. Верхняя часть короба рас-

ширена под установку нижней части приемной площадки. Лоток вмещает до 18 м^3 породы. К его нижней части консольно крепится секторный затвор с приводом, с помощью которого горная масса в лотке аккумулируется и удерживается, а также дозируется при загрузке в автотранспорт; опорные конструкции породного лотка обеспечивают подъезд автотранспорта под закрытый затвор с зазором по высоте не менее 300 мм. Соединение узлов лотка с опорными конструкциями быстроразъемное на осях.

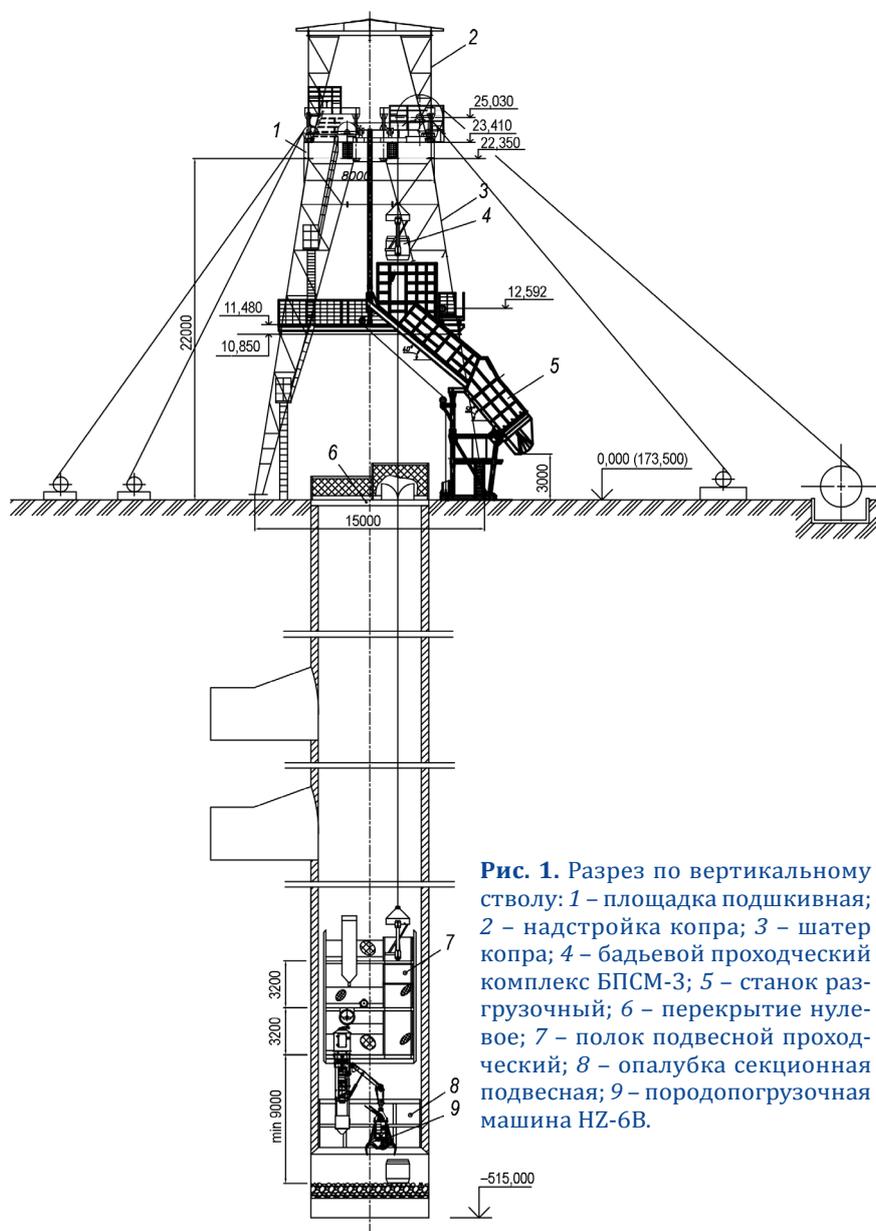


Рис. 1. Разрез по вертикальному стволу: 1 – площадка подшивная; 2 – надстройка копра; 3 – шатер копра; 4 – бадьевого проходческий комплекс БПСМ-3; 5 – станок разгрузочный; 6 – перекрытие нулевое; 7 – полук подвесной проходческий; 8 – опалубка секционная подвесная; 9 – породопогрузочная машина НЗ-6В.

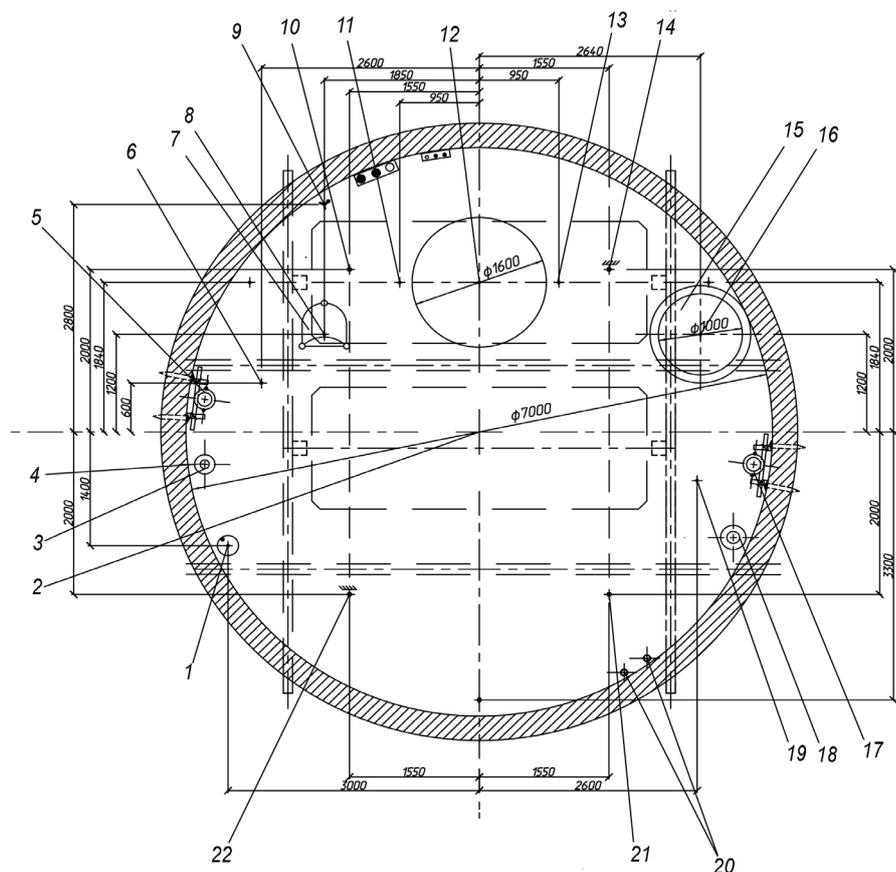


Рис. 2. Размещение горнопроходческого оборудования и канатов в сечении вертикального ствола: 1 и 2 – канаты подвески кабеля взрыва и центрального отвеса; 3 и 4 – трубопровод водоотлива и узлы крепления; 5, 17 – трубопроводы подачи бетона и их узлы крепления; 6, 16, 19 – канаты наращивания трубопроводов; 7 – спасательная лестница; 8 – канат подвески спасательной лестницы; 9 – канат подвески группы кабелей (силовой, стволовой сигнализации, телефонизации, блокировки и газовой защиты); 10, 14, 21 – канаты подвески проходческого полка; 11, 13, 22 – канаты подвески секционной опалубки; 12 – канат подъемный; 15 – трубопровод вентиляции и узлы крепления; 18 – трубопровод сжатого воздуха и узлы крепления; 20 – трубопроводы цементации (подачи воды) и узлы их крепления.

Технологическая площадка, предназначенная для обслуживания операций проходческого цикла в копре, устанавливается на ригелях шатра копра и представляет собой систему балок и настила. На ней размещаются лебедки для открывания ляд нулевого перекрытия и разгрузочной ляды, кабели, отклоняющие ролики, направляющие устройства для кабелей, лебедка для центрального отвеса.

После установки проходческого шатра с подшивной площадкой и нулевым перекрытием в проектное положение выполняется блочный монтаж разгрузочного станка.

Нулевое перекрытие служит для предотвращения возможного падения предметов в ствол и при этом обеспечивает пропуск канатов подвески оборудования, трубопроводов, подъемных сосудов, спасательной лестницы, центрального отвеса, а также для нахождения на нем проходчиков для посадки и выгрузки из бадьи, закрепления кабелей к канатам и выполнения обслуживающих операций по спуску в ствол трубопроводов, буровой установки, вспомогательного оборудования и материалов.

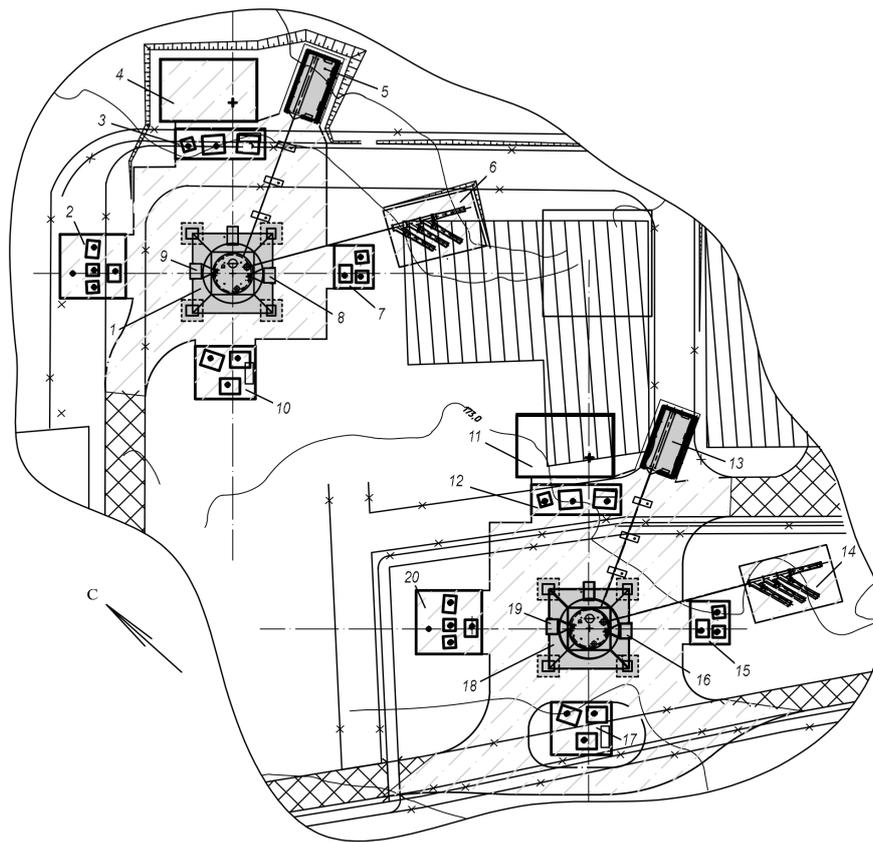
Металлоконструкция нулевого перекрытия выполнена из двух сварных блоков, между которыми

устанавливается двухстворчатая ляда с приводом открывания для пропуска проходческой бадьи, системой сигнализации и съемными балками с настилом. Пространство между блоками может быть использовано для спуска-подъема негабаритного оборудования. Сварные блоки закреплены к шейке ствола на анкерных болтах, обеспечивающих их устойчивость от взрывной волны.

При спуске в ствол полностью собранного на поверхности проходческого полка и опалубки нулевое перекрытие поднимают к технологической площадке и закрепляют к ней, после спуска оборудования в ствол его устанавливают и закрепляют в проектное положение.

Подвесной проходческий полк – это подвешенная на канатах трехэтажная несущая пространственная металлоконструкция, состоящая из горизонтальных этажных площадок, перекрывающих площадь сечения ствола с необходимыми зазорами, соединенных между собой периферийными междуэтажными стойками. Этажные площадки имеют сквозные проемы для пропуска проходческой бадьи на забой ствола и для размещения оборудования (узлов подвесного устройства, отклоняющих шкивов, распорных домкратов, гидросистем, пневмооборудования, электрооборудования, поро-

Рис. 3. Размещение проходческого оборудования на поверхности вокруг стволов: 1, 18 – копровые комплексы; 2, 20 – проходческие лебедки для подвески группы кабелей JZ-10, кабеля взрывания JZ-5, для наращивания трубопроводов JZ-5 и для подъема лотка бетона JZ-10; 3 и 12 – группа (2 шт.) проходческих лебедок для подвески полка JZ-25 и спасательной лестницы JZ-5; 4, 11 – подъемные машины JK 2.8×2.2/15.5; 5, 13 – здания для обслуживания бурильной установки; 6, 14 – вентиляторы осевые 2BDF (G)-700; 7 и 15 – группа (2 шт.) проходческих лебедок для наращивания трубопроводов JZ-5 и подъема лотка бетона JZ-5; 8, 9, 16, 19 – устройства для подачи бетона в ствол; 10, 17 – группа (3 шт.) проходческих лебедок для подвески опалубки JZ-16.



допогрузочной машины, баков для воды, насоса). Расстояние между этажами определено из условий расположения на них гидросистемы и пневмосистемы, электрооборудования.

Проходческий полок подвешен в стволе на двух лебедках грузоподъемностью 25 т каждая, четырех канатах диаметром 48 мм по полиспастной схеме через направляющие шкивы диаметром 1000 мм, установленные под средним этажом. Неподвижные ветви канатов закреплены в подвесных устройствах на подшивной площадке.

В одном проходческом цикле полок осуществляет три рабочие установки в стволе поочередно на период:

- выдачи взорванной горной массы на поверхность, перестановки опалубки на новую заходку, укладки бетонной массы за опалубку, подготовки забоя к бурению шпуров;

- выполнения работ по обурированию забоя и подготовке к взрыванию;

- проведения взрывных работ (подъем полка на безопасную высоту в 25 – 30 м от забоя) и работ проходческого цикла.

Секционная опалубка служит для возведения монолитной крепи ствола сверху вниз вслед за продвижением забоя, при этом бетонная смесь подается за опалубку гибкими бетоноводами от двух ставов труб, закрепленных к крепи ствола. Она выпол-

нена из жесткого каркаса и опирающейся на него цилиндрической оболочки, формирующей крепь ствола. На каркасе закреплены три подвесных устройства под канаты проходческих лебедок.

Каркас опалубки выполнен из двух колец, соединенных между собой по высоте стойками. Цилиндрическая формирующая оболочка образована промежуточными и фаркопфными секциями, закрепленными между собой болтовыми соединениями. Секции в рабочем положении опираются специальными ребрами на верхнее и нижнее кольца каркаса. Снизу к секциям крепятся съемные поддоны.

В рабочем положении цилиндрическая опалубка обеспечивает проектный диаметр, при этом перекрывает предыдущую заходку на 150 – 200 мм. Бетон подается гибким бетоноводом через «карманы» в промежуточных секциях.

Для отрыва формирующей оболочки от бетона используют механизм, представляющий собой плиты, взаимодействующие с роликами цапф, жестко закрепленных на поясах каркаса. Отрыв происходит при опускании каркаса под действием силы тя-



Рис. 4. Шатер копра с подшивной площадкой (на заднем плане здание подъемной машины).

жести. При этом ролики цапф скользят по наклонной прорези плит, сближая торцы секций и отрывая формующую оболочку от бетона.

Перед отрывом опалубки «карманы» тщательно зачищают от остатков бетона через их откидные днища. После отрыва от бетона секции опускаются под действием силы тяжести и опираются ребрами на кольца каркаса, висящего на канатах лебедок. При этом через механизмы отрыва цилиндрическая оболочка восстанавливает проектный диаметр. Опалубку опускают с помощью лебедок на следующую заходку на забой ствола и выставляют в проектное положение.

Во время ведения взрывных работ в забое ствола опалубка должна находиться в закрепленной зоне ствола в раскрепленном состоянии.

Выводы. Разработанное институтом «ДИОС» для оснащения проходки стволов в Индии проходческое копровое оборудование, металлоконструкции (шатер копра, подшивная площадка, станок разгрузочный, надстройка копра, нулевое перекрытие) и проходческое ствольное оборудование (полк проходческий подвесной, опалубка секционная, технологические трубопроводы с узлами крепления) поставили на строительную площадку в виде укрупненных монтажных блоков заводского изготовления, собираемых с помощью быстроразъемных соединений.

Разработанная конструкция приемной площадки разгрузочного станка с подвеской к подшивной площадке дала возможность освободить нулевое перекрытие в шатре копра от опорных конструкций и обеспечить технологичность вспомогательных операций по перецепке и спуску в ствол бурильной установки, трубопроводов и создать условия для заводки в шатер копра проходческого полка и опалубки для монтажа в стволе.

Принятое расположение оборудования в сечении ствола и на поверхности вокруг него, а также конструктивные решения по разгрузочному станку, нулевому перекрытию и шатру копра сократили время и стоимость проектных работ, металлоемкость конструкций, продолжительность монтажных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уманский Р. З. Основные направления по проектированию оснащения для проходки стволов / Р. З. Уманский // Уголь Украины. – 2009. – № 7. – С. 32 – 37.
2. Уманский Р. З. Разгрузочные устройства бадьевых подземных установок / Р. З. Уманский, В. Т. Сапронов, В. К. Джерин // Уголь Украины. – 2008. – № 4. – С. 22 – 25.
3. Уманский Р. З. Новые направления в проектировании проходческих копров / Р. З. Уманский // Уголь Украины. – 1997. – № 7. – С. 50 – 53.
4. Малевич Н. А. Машины и комплексы оборудования для проходки вертикальных стволов / Н. А. Малевич. – М.: Недра, 1975. – 344 с.
5. Петренко Е. В. Основные направления научно-технического прогресса при строительстве шахт / Е. В. Петренко, Е. М. Дубровский, О. С. Смертин. – М.: Недра, 2001. – 390 с.