



РАЗРАБОТКА СПОСОБА КРЕПЛЕНИЯ «ВЕНТИЛЯЦИОННОГО СТВОЛА»

В статье рассматривается вопрос разработки способа крепления «вентиляционного ствола». Автор отмечает, что основной причиной низкой технико-экономической эффективности проходки, крепления и эксплуатации глубоких стволов является применение устаревших подходов в рамках их проектирования и строительства, что далеко не всегда соответствует меняющимся условиям. В связи с этим в статье особо подчеркивается, что исключительно при условии перехода к более инновационным и современным методам проектирования и строительства удастся качественно улучшить эффективность сооружения и эксплуатации глубоких стволов. В завершении автор приходит к выводу, что в вентиляционных стволах угольных шахт и рудников целесообразно применять ресурсосберегающую набрызбетонную крепь, однако для крепления стволов глубиной более 700 м на протяжении многих лет используется только монолитная бетонная крепь; канатная армировка может успешно применяться в стволах с любым типом крепи, но с увеличением их глубины зачастую возникает необходимость увеличения диаметра ствола, также существенно возрастает масса направляющих канатов и натяжных устройств; определена область применения кольцевой крепи с упрочняющей анкерной крепью в более склонных к ползучести аргиллитах и установлено, что для ее увеличения целесообразно применение цементных анкеров с ограниченной податливостью.

Ключевые слова: вентиляционный ствол, набрызбетонная крепь, кольцевая крепь, канатная армировка, глубокие стволы, бурение, эксплуатация выработок, технико-экономическая эффективность.



А.В. Голик
ТОО «i-Geo Kazakhstan»
Директор
andrey.golik@i-geo.kz



Р.А. Мусин
PhD НАО Карагандинский
технический университет
имени Абылкаса Сагинова
и.о. доцента
musin.ktu@mail.ru



Н. М. Замалиев
PhD НАО Карагандинский
технический университет
имени Абылкаса Сагинова
и.о. доцента
nailzamiliev@mail.ru



Р. Х. Альжанов
НАО Карагандинский
технический университет
имени Абылкаса Сагинова
Докторант
Arvion_12@mail.ru

Месторождение Жаман-Айбат находится в Жана-Аркинском районе Улытауской области в 130 км к юго-востоку от города Жезказган.

В орографическом отношении район месторождения находится в пределах северо-восточной части обширной Сарысу-Чуйской аккумулятивной равнины с мелкохолмистым и равнинно-холмистым рельефом.

Абсолютные отметки поверхности равнины в северной части 280-320м, в южной – 330-360 м.

Центральную часть площади занимают, вытянутые в субширотном направлении горы Жаман-Айбат, к которым пространственно приурочено месторождение. Абсолютная отметка поверхности в пределах месторождения: максимальная 380,9 м, минимальная 320,3 м.

Стволы блока 19,37 «Вентиляционный ствол №3, Жомарт 2 были пройдены буровой установкой «RHINO 2007 DC». Для разработки технологического регламента были предоставлены материалы по воздухоподающему стволу № 1 панели 37. Рассматриваемый ствол пройден в районе панели 37 в восточной части месторождения. Ствол предназначен для подачи воздуха в шахту. Глубина ствола 490,72 м. Нижняя отметка ствола 142,72 м. Диаметр ствола 4,5 м. Ствол был пройден в 2017 году. В настоящее время стенки ствола не закреплены.

К одной из причин довольно низкой технико-экономической эффективности проходки, крепления и эксплуатации глубоких стволов, помимо существующих объективных горно-геологических предпосылок, относится применение уже устоявшихся подходов в рамках их непосредственного проектирования и строительства, что далеко не во всех случаях соответствует стремительно меняющимся условиям. Следует подчеркнуть, что они основываются на недостаточных исходных данных и крайне устаревшей нормативной базе. Также они характеризуются повсеместным использованием совмещенной схемы проводки с последующим армированием, довольно ограниченным комплексом решений, направленным на повышение несущей способности крепи, базирующихся на соответствующих экстенсивных принципах, а помимо этого они совершенно не учитывают горнотехнические и технологические факторы, которые оказывают определенное воздействие.

Проведенные за последние несколько лет исследования в сфере геомеханики и геотехнологии предоставляют нам возможность уверенно говорить о том, что качественное улучшение эффективности сооружения и эксплуатации глубоких стволов является возможным исключительно при условии перехода к более инновацион-

ным и современным методам проектирования и строительства [1]. Это обуславливается тем аспектом, что именно инновационные методы предусматривают выполнение системного анализа взаимодействия отдельно взятых элементов геотехнических систем и довольно активное внедрение различных современных, как конструктивных, так и технологических решений, основываясь на современных средствах упрочения (например, массив, прогрессивные схемы проводки).

Следовательно, в настоящее время довольно актуальной проблемой выступает теоретическое обобщение и научное обоснование инновационных методов проектирования, конструктивных и технологических решений в сфере крепления глубоких вертикальных стволов, которые способствуют росту технико-экономической эффективности строительства и эксплуатации выработок. В связи с этим, данная исследовательская работа посвящена решению упомянутой проблемы, которая в том числе обладает и довольно важным практическим значением.

Подчеркивается, что проходка восстающих выработок всевозможного назначения и направленности во все времена считалась дорогостоящим, медленным и крайне опасным делом [2]. Ручные перфораторы были заменены буровыми каретами и бурильными платформами. Помимо этого был механизирован процесс зарядки скважин. Но, не смотря на все произведенные изменения, проходка восстающих выработок различного назначения не снизилась в цене, не стала менее опасной и тем более быстрой. При этом подчеркивается, что чем больше диаметр и длина выработки, тем намного сложнее и опаснее осуществляется весь процесс проходки. По этой причине, на сегодняшний день, при добыче полезных ископаемых и в процессе гражданского строительства используются инновационные методы бурения полным сечением, которые заменили ранее использующиеся методы буровзрывной отбойки. При использовании упомянутых инновационных методов, все поперечное сечение туннеля бурится до окончательного диаметра без применения каких-либо взрывных работ.

Наиболее часто применяемой технологией проходки восстающих является такой метод, посредством которого первоначально бурится направляющая скважина с верхнего горизонта вниз к ранее пройденной выработке [3] (*рисунок 1*).

После этого, с бурильной колонны снимается пилотное долото и производится установка расширительной головки. Далее скважина разбуривается до соответствующего проектного диаметра (*рисунок 2*).

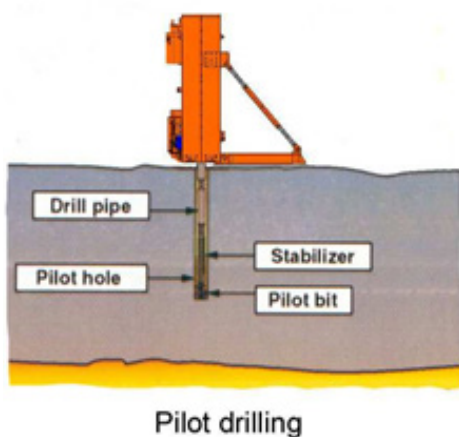


Рис.1.
Бурение направляющей скважины станком «RHINO 2007 DC».

Развитый сегодня уровень технологий предоставляет возможность достаточно просто и легко пройти восстающую, обладающую диаметром 3-4 метра. Говоря о бурении восстающих выработок несколько большего диаметра, следует особо подчеркнуть медленное освоение рассматриваемой технологии. И это несмотря на то обстоятельство, что конструкции расширительных головок и современные инновационные технологии буровых работ предоставляют возможность осуществлять бурение диаметром 5-6 метров с существенно большей производительностью и положительным экономическим эффектом, нежели ранее [4].

Вентиляционные стволы представляют собой неотъемлемую часть системы проветривания угольных шахт и рудников, которые обрабатывают запасы полезного ископаемого на довольно больших глубинах. Отмечается, что подача воздуха в стволы реализуется посредством использования вентиляторных установок с электродвигателями, мощность которых составляет 500-3000 кВт и более. Коэффициент их полезного действия не превышает 0,35 [5]. Следовательно, порядка 65% электроэнергии, которая расходуется для проветривания, приходится именно на потери. В качестве основной причины упомянутой потери выступает довольно высокое аэродинамическое сопротивление вентиляционных стволов, которые загромождены арматурой, а помимо этого подъемными сосудами и различными коммуникациями.

С целью технико-экономической эффективности строительства и последующей эксплуатации вентиляционных стволов, которые пройдены в максимально устойчивых породах, следует, согласно действующим требованиям и стандартам, применять ресурсосберегающую набрызг-бетонную (далее – НК) или комбинированную

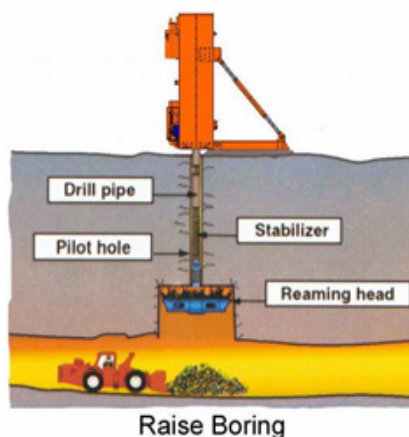


Рис.2.
Разбуривание направляющей скважины до проектного диаметра «RHINO 2007 DC».

крепь в комплексе с гибкой арматурой. Но нужно подчеркнуть, что при глубине стволов более 500 м использование гибкой арматуры будет весьма затруднительным. Это обуславливается довольно большим весом канатов, различными натяжными устройствами, а помимо этого и потребностью в повышении диаметра ствола в том случае, если площадь его поперечного сечения будет принята по габаритам подъемных сосудов и зазоров. Учитывая все указанное, в современной практике, в глубоких стволах используется монолитная бетонная крепь и жесткая арматура, что, безусловно, не отвечает основным критериям технико-экономической эффективности [6].

С повышением глубин современных вертикальных стволов, существенным усложнением конструкции их арматуры, а помимо этого и повышением металлоемкости последней, исследуемая проблема приобретает сегодня наибольшую актуальность.

Результатами исследований, которые проводились на протяжении многих лет, стали научно-методические основы проектирования, а помимо этого и расчета жестких и канатных арматурок вертикальных стволов в совершенно разных условиях. На сегодняшний день уже разработаны безрасстрельные схемы армирования, способы крепления несущих элементов арматуры на анкерах, конструкции арматуры с ограниченной податливостью и возможностью радиального регулирования. При этом указанные решения являются вполне адаптированными и для применения в стволах с монолитной бетонной крепью, а вопросы теоретического и практического характера, которые связаны с исследованием совместной работы жесткой арматуры и НК, так и остаются детально не изученными [7].

Следует отметить, что НК характеризуется наиболее минимальной толщиной, существенными отклонениями и неровностью контура, что в свою очередь делает довольно сложным и затруднительным использование стандартной жесткой армировки ярусного типа и негативно отражается на ее, как прочностных, так и деформационных показателях. Закрепление несущих элементов армировки реализуется в крепи и породном массиве. Его воздействие, в существующих сегодня методиках расчета армировки, не принимается во внимание, а динамические влияния от движущихся подъемных сосудов не рассматриваются в рамках обоснования параметров и показателей НК [8]. Следовательно, существует острая потребность в проведении комплексного рассмотрения такой системы, как «безъярусная армировка – НК – породный массив», так и последующего поиска и обоснования наиболее эффективных решений для армирования глубоких вентиляционных стволов.

Предлагаемая технология крепления

При использовании стандартного способа проходки, крепление вертикальных выработок круглой формы реализуется, преимущественно, посредством монолитного бетона или без крепления. В устьях и на участках наиболее слабых обводненных пород, которые проходят специальными способами, возводят соответствующую металлическую тубинговую крепь. Помимо этого, в непосредственной зависимости от существующих горно-геологических условий, вертикальные выработки по всей своей длине могут закрепляться монолитной, тубинговой и НК, а помимо этого временной штанговой с дальнейшим усилением ее постоянной бетонной или НК [9].

При выборе определенной конструкции и соответствующего материала крепи стволов исходят именно из анализа всестороннего изучения геологических характеристик пород и условий их залегания. По результатам всех исследований, проведенных в области физико-механических свойств вмещающих пород, устанавливают прочность, угол внутреннего трения и иные необходимые характеристики. Все выявленные данные получают непосредственно на базе исследования геологических материалов, которые получают по итогам бурения контрольных разведочных скважин. Помимо этого довольно ценным и достоверным материалом считается изучение реального состояния крепи, которые были ранее сооружены в идентичных условиях вертикальных выработок. Такое исследование позволяет решить вопрос выбору конструкции крепи и ее толщины.

Технический результат заключается в повышении эффективности крепления шахтного ствола за счет конструкции, включающей в себя кольцевую крепь, размещенную в специальной нише ствола, закрепленную анкерами. Для предотвращения вывалов породы, устанавливается сетка, в местах геологических нарушений дополнительно применяется НК.

В пройденном участке устья ствола монтируется подвесной проходческий полук, для чего предусматривается установить временное перекрытие для монтажа проходческого полка.

Крепление участка устья ствола производится монолитным железобетоном с помощью инвентарной опалубки с рабочей высотой 0,9÷1,0 м [10].

Постоянная крепь пройденного ранее участка устья ствола возводится после сооружения опорного венца снизу-вверх. Бетон подается за опалубку по временным ставам бетонопроводов, подвешенными на лебедках забойного бетонопровода. Для равномерной укладки бетона по всему периметру ствола на концы бетонопроводов навешиваются гибкие гофрированные рукава необходимого диаметра.

По мере возведения постоянной крепи временную крепь демонтируют и извлекают на поверхность. Бетонированию подлежат боковые породы за контуром постоянной железобетонной крепи на устье ствола.

Кольцевая крепь (далее – КК) – это одна из разновидностей рамной крепи с замкнутым контуром, которая состоит из отдельных колец, которые вразбежку установлены вдоль выработки и при этом связаны между собой посредством стяжек или распорок. Применяется КК в горизонтальных, наклонных и вертикальных выработках при наличии соответствующего всестороннего смещения массива горных пород. Рассматривая КК имеет классификацию, как по площади сечения выработок (6,5-20,1 м), так и по конструктивному исполнению (жесткие, шарнирные и податливые), а помимо этого и используемому прокату и марке стали.

Устье ствола 1 бетонируется. В месте монтажа КК выбирается ниша 2 диаметром не менее R+300 мм, где R – диаметр ствола. В нишу устанавливается КК 3. Кольцевая крепь между собой соединена при помощи стальных расстрелов и проводников 4.

Далее устанавливается пластиковая либо металлическая сетка 5 (для предотвращения осыпаний), после чего производится крепление анкерами 6, как кольцевой крепи, так и межрамного пространства (*Рисунок 3*).

Подчеркивается, что установка анкеров включает бурение шпуров, приготовление определенного раствора, последующее запол-

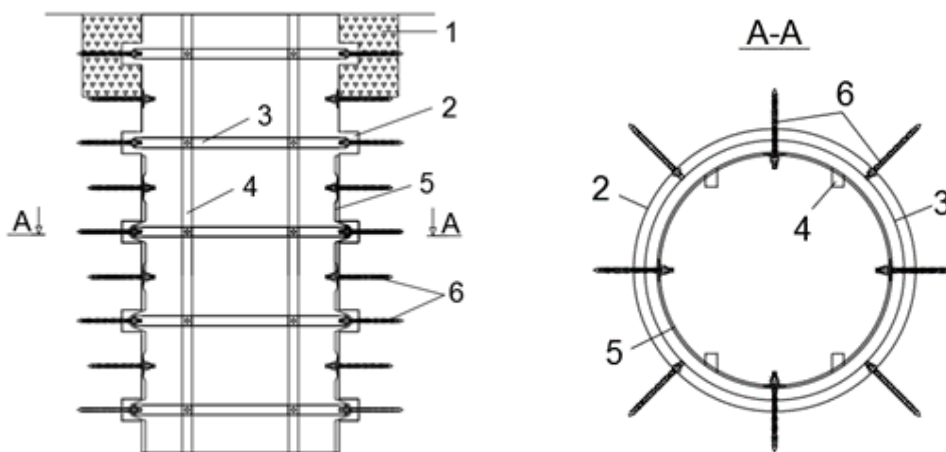


Рис.3. Разработанная технология крепления ствола.

нение им шпуров, а помимо этого забивку арматурного стержня.

Шпур для установки штанг в обязательном порядке располагаются согласно имеющемуся паспорту крепления.

При осуществлении установки анкеров по металлической сети, по причине острой необходимости ее закрепления в углублениях породного обнажения, вполне допускается такое отклонение в расстоянии между анкерами, которое не превышает 30%.

С целью обеспечения максимально надежного и прочного сцепления цементно-песчаного раствора с породой в стенках шпуров, последние в обязательном порядке продуваются сжатым воздухом или же промываются сточной водой для удаления всей существующей в них буровой мелочи и всевозможной пыли.

Цементно-песчаный раствор готовится в специализированной растворомешалке или вручную. После этого данный раствор подается в шпур посредством пневмонагнетателя сжатым воздухом по резиновому шлангу и металлической трубе, диаметр которой составляет 18-25 мм, а длина – не меньше глубины самого шпура. Трубку вводят в шпур до его забоя, а при его заполнении упомянутым раствором эту трубку постепенно вытаскивают.

Заполнение шпура упомянутым выше раствором должно обеспечивать закрепление анкера по всей ее длине.

Заключение

Проведенный анализ технических и технологических решений крепи и армировки стволов позволил сформулировать объект и предмет, область применения научных и практических результатов, а помимо этого сделать основные выводы:

1. В вентиляционных стволах угольных шахт и рудников, отнесенных к I и II категории устойчивости, целесообразно применять ресурсосберегающую НК. Она достаточно широко использовалась в нашей стране в 70-80 гг. XX века. Однако в последние 20 лет для крепления стволов глубиной более 700 м в устойчивых породах используется исключительно монолитная бетонная крепь. В качестве основной причины такого положения выступает отсутствие эффективных технических и технологических решений жесткой армировки, адаптированных для применения в стволах, закрепленных набрызгбетоном.

2. Канатная армировка может успешно применяться в стволах с любым типом крепи, но с увеличением их глубины зачастую возникает необходимость увеличения диаметра ствола, также существенно возрастает масса направляющих канатов и натяжных устройств, что делает неэффективным ее применение.

3. Определена область применения кольцевой крепи с упрочняющей анкерной крепью в более склонных к ползучести аргиллитах. Для ее увеличения целесообразно применение цементных анкеров с ограниченной податливостью. XXI

Литература

1. Басакевич, С. В. Обоснование параметров безрасстрельной армировки вертикальных стволов на основе вероятностной оценки временных нагрузок : дис. ... канд. техн. Наук : 25.00.22 / Басакевич Сергей Владимирович. – Новочеркасск, 2009. – 145 с.
2. Справочник инженера шахтостроителя / В. В. Белый. – М. : Недра, 1983. – 423 с.
3. СН РК 2.03-04-2013. Подземные горные выработки. – Астана : Комитет по ДС ЖКХиУЗР Мин. Нац. экономики, 2015. – 51 с.
4. Шкуматов, А. Н. Методические указания к организации самостоятельной работы студентов и выполнению контрольной работы по дисциплинам «Сооружение горизонтальных и наклонных выработок», «Основы горного дела. Строительная геотехнология», «Геотехнология. Строительная» / А. Н. Шкуматов. – Донецк : Донецкий национальный технический университет, 2017. – 48 с.
5. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи / ВНИИ горн. геомеханики и маркшейд. дела, ВНИИ орг. и механизации шахт. стр-ва. – М. : Стройиздат, 1983. – 273 с.
6. Технологический регламент (инструкция) по выбору типов и параметров крепей и технологии их возведения на Артемьевском месторождении. – Караганда : ТОО «Mining Research Group», 2015. – 108 с.
7. Баронский, И. В. О долговечности армировки вертикальных стволов с консольными расстрелами / И. В. Баронский, Ю. Б. Смольников, В. Д. Богомолов // Шахтное строительство. – 1982. – № 4. – С. 20-21.
8. Баклашов, И. В. Долговечность жесткой армировки стволов по условию накопления усталостных повреждений / И. В. Баклашов // Шахтное строительство. – 1971. – № 6. – С. 25-26.
9. Бабец, Д. В. Применение метода группового учета аргументов к задаче оценки устойчивости горной выработки / Д. В. Бабец // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2001. – № 11. – С. 67-69.
10. Строительство стволов шахт и рудников : справочник / О. С. Докукина, Н. С. Болотских. – М. : Недра, 1991. – 515 с.

UDC: 622

A.V. Golik, Director of «i-Geo Kazakhstan» LLP, andrey.golik@i-geo.KZ

R.A. Musin, PhD, acting associate professor. NAO Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, musin.ktu@mail.ru

N. M. Zamaliev, PhD, acting associate professor. NAO Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, nailzamaliev@mail.ru

R. K. Alzhanov, Doctoral student. NAO Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Arvion_12@mail.ru

DEVELOPMENT OF A METHOD OF FIXING THE «VENTILATION SHAFT»

Abstract: The article deals with the issue of developing a method of fixing the «ventilation shaft». The author notes that the main reason for the low technical and economic efficiency of sinking, anchoring and operation of deep shafts is the use of outdated approaches in their design and construction, which does not always correspond to the changing conditions. In this regard, the article emphasizes that only under the condition of transition to more innovative and modern methods of design and construction it will be possible to qualitatively improve the efficiency of construction and operation of deep shafts. In the end the author comes to the conclusion that in ventilation shafts of coal mines and mines it is expedient to apply resource-saving nabryz-concrete fastening, however for fastening of shafts with depth more than 700 m for many years only monolithic concrete fastening is used; rope reinforcement can be successfully applied in shafts with any type of fastening, but with the increase of their depth there is often a necessity to increase the diameter of the shaft, also the weight of guide ropes and tensioning devices increases significantly; the area of application is determined.

Keywords: ventilation shaft, poured concrete support, ring support, rope reinforcement, deep shafts, drilling, exploitation of mine workings, technical and economic efficiency.