УДК. 622.25.(06)

В.А.КУРНАКОВ, *канд. техн. наук, доцент, 8(8636) 22-20-36*
М.С.ПЛЕШКО, *д-р техн. наук, доцент, mspleschko@rambler.ru*
Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасский политехнический институт)

V.A.KURNAKOV, *PhD in eng. sc., associate professor, 8(8636) 22-20-36*
M.S.PLESHKO, *Dr. in eng. sc., associate professor, mspleschko@rambler.ru*
Shakhty Institute (branch) of Southe Russian State Technical University (Novocherkassk Polytechnic Institute)

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ В РОССИИ С УЧЕТОМ СОВРЕМЕННЫХ МИРОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ

Выполнен сравнительный анализ отечественного и зарубежного опыта строительства вертикальных стволов. Сделан вывод о перспективах дальнейшего развития техники и технологии сооружения стволов в России.

***Ключевые слова*:** вертикальный ствол, крепь, бетон, анкер, технология строительства.

PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT OF TECHNICS AND TECHNOLOGY OF SHAFTS BUILDING IN RUSSIA WITH CONSIDERATION OF WORLD TECHNOLOGIES

Comparative analysis of home and foreign experience of shaft building is fulfilled. Conclusion about perspectives of further development of technics and technology of shaft building in Russia is made.

***Key words*:** shaft, set, concrete, anchor, technology of building.

В начале XXI века Россия и страны СНГ вступили в новый период развития горнодобывающей промышленности, который характеризуется большим объемом строительства глубоких и сверхглубоких вертикальных стволов. Данные таблицы свидетельствуют об увеличении средней глубины современных стволов до 900-1000 м при максимальных значениях более 2 км.

Глубокий вертикальный ствол – это уникальное подземное сооружение, которое не имеет аналогов. Стоимость его строительства составляет десятки миллионов долларов, продолжительность достигает 5-7 лет и более, срок эксплуатации – 60-80 лет.

Строительство глубоких стволов на территории нашей страны осуществляют как отечественные, так и зарубежные компании. Сравнительный анализ уровня развития их техники, технологии, методов расчета крепи представляет значительный интерес, особенно учитывая, что они развивались практически независимо друг от друга.

Наибольшее число контрактов на строительство стволов в России в настоящее время имеют фирмы «Thyssen Schachtbau» (Германия) и ОАО «Ростовшахтострой» (Россия).

Департамент шахтостроения и бурения компании «Thyssen Schachtbau» является крупным подразделением, работающим по всему миру. Годовая прибыль группы составляет свыше 700 млн евро, численность сотрудников около 4500 чел. Основными объектами строительства в России являются

Характеристика глубоких вертикальных стволов, пройденных в России и странах СНГ за последние 10-15 лет, а также сооружаемых в настоящее время

Название горно-добывающего предприятия, тип стола	Основной вид крепи	Диаметр в свету, м	Глубина, м
Шахта «Обуховская № 1»:	Монолитный бетон		
главный		7,0	904
вспомогательный		7,0	922,2
вентиляционный		6,0	919
Шахта им. А.Ф. Засядько, Украина:	Монолитный бетон		
воздухоподающий № 2		7,0	1265
вентиляционный № 2		6,5	1022
вентиляционный № 3		7,0	1222
Шахта «Шахтерская – Глубокая»:	Монолитный бетон		
скиповой;		8,0	1335,6
клетевой		8,0	1341
Шахта «Красноармейская-Западная № 1»:	Монолитный бетон, железобетон		
воздухоподающий № 2		8,0	860
скиповой № 2		7,0	857
ГП «Угольная компания «Краснолиманская», воздухоподающий № 1	Монолитный бетон	8,0	1144
Шахта «Южнодонбасская № 3», воздухоподающий № 2	Монолитный бетон	7,0	999
Шахта «Прогресс» ГП «Торезантрацит», клетевой № 2	Монолитный бетон	7,5	1352
ОАО «МКХ «Евро-Хим», Гремяченское месторождение, скиповой	Монолитный бетон	7,0	1180
Рудник «Удачный» АК «Алроса», вентиляционно-вспомогательный	Монолитный бетон, железобетон, тюбинги	8,0	1089,5
Рудник «МИР» АК «Алроса», рудоподъемный	Монолитный бетон, чугунные тюбинги	8,0	1057
Рудник «Скалистый» ОАО ГМК «Норильский никель»:			
вентиляционный (ВС-10)	Монолитный бетон	9,0	2054
скипо-клетевой № 1 (СКС-1)	–	–	2052
ОАО «Гайский ГОК», северный вентиляционный № 2	Монолитный бетон	7,5	1310
Донской ГОК, вентиляционный	Монолитный бетон, железобетон	8,0	1507
Рудник «Дарасунский», северо-восточный	Монолитный бетон	6,0	1025

вертикальные стволы рудника «Скалистый» (ОАО «ГМК «Норильский никель») и Гремячинского месторождения калийных солей (ОАО «МКХ «ЕвроХим»).

ОАО «Ростовшахтострой» входит в объединенную группу шахтостроительных компаний ЗАО «Союзспецстрой» и с 1929 г. занимается проектированием, строительством, реконструкцией вертикальных стволов, а также другими горными и строительными работами. Кроме того, в рамках договоров о сотрудничестве на территории Ростовской области создано объединение организаций, включающее: образовательно-научный центр ШИЮРГТУ(НПИ)), проектно-исследовательский центр (ОАО «НТЦ «Наука и практика») и шахтостроительный центр (ОАО «Ростовшахтострой»). Основными объектами строительства ОАО «Ростовшахтострой» в России являются вертикальные стволы АК «Алроса», ОАО «Гайский ГОК», шахты «Обуховская № 1» и др.

Технологии строительства стволов, применяемые компанией «Thyssen Schachtbau», приведены на рисунке. Основной объем строительства приходится на буровзрывной способ проходки, однако достаточно большую долю занимает проходка стволов бурением и механизированными комплексами (бесштанговая технология).

Буровзрывная технология проходки осуществляется немецкой компанией в рам-



Технологии строительства вертикальных стволов в компании «Thyssen Schachtbau» (Германия)

ках параллельной технологической схемы, предусматривающей возведением бетонной или другой крепи с проходческого полка с отставанием от забоя до 20 м и более. Из забоя ствола возводится анкерная крепь с сеткой, набрызгбетонная или комбинированная крепь.

Механизация работ в целом аналогична отечественной. Применяются грейферные грузчики для уборки породы, бурильные установки фирмы «Deilmann-Haniel Mining Systems» по конструкции сходны с СМБУ. Ограниченное применение находят и ковшовые погрузочные машины.

Компанией ОАО «Ростовшахтострой» проходка ведется по хорошо известной совмещенной технологической схеме. Она вполне конкурентоспособна по сравнению с параллельной схемой, в 2000-х годах были достигнуты высокие скорости проходки стволов: для угольной отрасли – 211,7 м/мес., для горно-рудной промышленности – 233,7 м/мес.

В то же время можно выделить ряд недостатков совмещенной схемы по сравнению с параллельной:

• более низкие средние скорости проходки вследствие практически последовательного выполнения работ;

• невысокое качество крепи, обусловленное необходимостью спуска бетона по трубопроводам;

• наличие «холодных» швов между заходками, существенно снижающих водонепроницаемость крепи;

• более сложный режим работы постоянной крепи вследствие воздействия взрывных работ и интенсивных деформаций породного массива;

• наличие значительных отклонений крепи от проектных размеров из-за постепенного искривления секционной опалубки.

Помимо технологических аспектов, высокое качество крепи компанией «Thyssen Schachtbau» достигается применением эффективных составов бетонной смеси и тща-

тельным контролем качества крепления. Ниже представлен пример состава бетонной смеси для набрыгбетоной крепи с проектной прочностью 60 МПа:

Компонент бетонной смеси	Расход, кг/м^3
Цемент	520
Микрокремнезем (Meyco MS610)	40
Щебень крупностью 6-7 мм	262
Искусственный дробленный песок	1080
Песок	160
Гиперпластификатор Glenium T803	6
Фибра Meyco FIB 500/600	5-7
Ускоритель схватывания MEYCO SA	29
Вода	210
Соотношение вода/цемент	0,40
Соотношение вода/вяжущее	0,38

Высокая прочность достигается благодаря включению микрокремнезема, гиперпластификатора и фибры при достаточно низком водоцементном отношении. Быстрый набор прочности набрызгбетона и вступление крепи в работу обеспечивается применением бесщелочного ускорителя схватывания.

При приготовлении бетона и возведении крепи осуществляются постоянный контроль качества исходных материалов, лабораторные испытания образцов на прессе, исследование прочностных свойств крепи путем выбуривания кернов и неразрушающими методами. Эти меры позволяют обеспечить минимальное отклонение фактической и проектной прочности набрызгбетона, не превышающее 10 %.

В России до сих пор основным материалом крепи является низкопрочный бетон классов В15-В20, при этом качество крепления оставляет желать лучшего. Исследование фактической прочности бетона крепи, выполненное учеными Шахтинского института ЮРГТУ(НПИ) в одном из строящихся вертикальных стволов, показало, что она значительно ниже проектной. Среднее отклонение составило 29 %. В зонах «холодных» швов наблюдалась еще большее снижение прочности бетона, составившее в среднем 38 %, а по отношению к центральной зоне прочность бетона в зоне шва меньше в среднем на 12 %.

С целью ликвидации выявленного отставания совместно с НТЦ «Наука и практика» и ОАО «Ростовшахтострой» выполнен ряд исследований и разработок:

• разработан алгоритм проектирования крепи, в том числе при применении параллельной схемы проходки, предусматривающий возможность оперативной корректировки параметров крепи на основе данных инженерно-геологического мониторинга в процессе проходки ствола;

• обоснованы эффективные составы бетонов крепи стволов для различных условий применения с включением современных добавок и компонентов: модификаторов, суперпластификаторов, фибры, которые учитывают особенности режима работы крепи;

• разработана методика определения параметров упрочняющей анкерной крепи при параллельной схеме проходки на основе комплекса теоретических и экспериментальных исследований;

• усовершенствованы параллельные технологические схемы строительства стволов, в том числе разработана схема, предусматривающая возведение крепи заходками высотой 8 м, которая позволяет достигать скорости проходки стволов 120 м/мес. и более при высоком качестве крепи*.

Практическим выходом данных разработок стал проект строительства северного вентиляционного ствола № 2 ОАО «Гайский ГОК» по параллельной схеме, принятый к реализации ОАО «Ростовшахтострой». Выполненное технико-экономическое сравнение показало, что переход на параллельную схему проходки позволяет за счет снижения сроков строительства обеспечить экономический эффект в размере 48 тыс.руб. на 1 м протяженности ствола.

В целом освоение отечественными шахтостроительными компаниями параллельной технологической схемы позволит повысить их конкурентоспособность на рынке за счет большей вариативности при реализации проходческих работ, так как в более благоприятных условиях, как прави-

* *Плешко М.С.* Определение параметров анкерной крепи стволов при параллельной схеме проходки / М.С.Плешко, Н.В.Меренкова // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. № 10.

Pleshko M.S. Definition of Parameters of Anchor Sets of Shafts at the Parallel Scheme of Sinking / M.S.Pleshko, N.V.Merenkova // Mining Informational Analytical Bulletin. 2010. № 10.

ло, эффективней оказывается параллельная схема, а в сложных – совмещенная.

Сравнительный анализ опыта проходки стволов без использования буровзрывных работ показывает, что если возможности применения способа проходки стволов бурением у зарубежных и отечественных фирм практически одинаковые, то строительство стволов механизированными комплексами российскими шахтостроительными компаниями не осуществляется.

Между тем, специалисты компании «Thyssen Schachtbau» считают, что именно за этой технологией будущее, так как максимальная скорость проходки стволов буровзрывным способом, как правило, ограничивается 4-5 м/сут, что недостаточно при строительстве сверхглубоких стволов, а способ бурения наиболее эффективен при сооружении вертикальных выработок небольшого диаметра малой и средней глубины*.

Бесштанговыми стволопроходческими машинами «Wirth» с расширением предварительно пробуренной опережающей скважины (так называемая технология «V-Mole») фирма «Thyssen Schachtbau» за прошедшие 25 лет построила в общей сложности более 20 км шахтных стволов. Темпы проходки полностью закрепленного ствола составляли до 10 м/сут и более. Максимальная прочность разрушаемых роторным исполнительным органом пород – более 250 МПа.

Для проходки сплошным забоем стволов диаметром от 5 до 11 м и глубиной порядка 3000 м компаниями «Thyssen Schachtbau» и «Herrenknecht» разрабатываются механизированные комплексы с гидроподъемом породы. Организация работ предусматривает одновременное разрушение пород, установку крепи и армирование шахтного ствола. Постоянная крепь ствола возводится с многоярусного рабочего полка, перемещаемого независимо от стволопроходческого агрегата. Предварительное крепление ствола анкерами или набрызгбетоном реализуется со специального полка, расположенного выше планшайбы стволопроходческого бурового агрегата. Данные решения позволят сократить сроки строительства стволов на 25-30 %.

В качестве отдельного направления также выделяется строительство неглубоких стволов специального и служебного назначения в неблагоприятных геологических условиях. Для этих целей разработаны комплексы серии VSM с исполнительным органом избирательного действия. Комплекс VSM5500/7700 применялся при строительстве стволов в Санкт-Петербурге, а наиболее мощным является комплекс VSM9600, предназначенный для проходки стволов глубиной до 160 м*.

В России подобных разработок нет, хотя в СССР комбайновая технология проходки достаточно активно развивалась.

Таким образом, на основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. В краткосрочной перспективе за счет эффективного взаимодействия научно-образовательных, проектно-исследовательских и шахтостроительных организаций можно обеспечить эффективность строительства вертикальных стволов на мировом уровне в случае:

• внедрения прогрессивных параллельных схем проходки стволов;

• повышения качества крепления путем использования эффективных компонентов и составов бетона, организации тщательного входного и операционного контроля работ;

• более широкого применения облегченных видов крепи на основе набрызгбетона и анкеров;

• обновления нормативной базы проектирования стволов с учетом современных достижений геомеханики и геотехнологии.

2. В среднесрочной перспективе с развитием зарубежными компаниями механизированных способов проходки, дальнейшего роста доли строительства глубоких и сверхглубоких стволов, увеличения объемов и сложности объектов городского и другого подземного строительства отечественные компании не смогут конкурировать с ведущими западными фирмами.

---

* Модернизация и перспективы технологии механизированной проходки шахтных стволов / Ш.Петер, Б.Кюнстле, Н.Хандке, Э.Бергер // Глюкауф. 2007. № 1(2).

Modernization and perspectives of Technology of Mechanized Shaft Sinking / Sh.Peter, B.Kunstele, N.Khandke, E.Berger //Glukauf. 2007. № 1(2).