

УДК. 622.25.(06)

**Ф.И.ЯГОДКИН**, д-р техн. наук, профессор, 8(8632) 67-01-38

ООО «НТИЦ «Наука и практика», г.Ростов-на-Дону

**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)

**F.I.YAGODKIN**, Dr. in eng. sc., professor, 8(8632) 67-01-38

STC «Science and Practice», Rostov-on-the Don

**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)

## О ПРОБЛЕМЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ШАХТНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТОЛОВ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ

Выполнен сравнительный анализ отечественного и зарубежного опыта строительства вертикальных стволов. Сделан вывод о перспективности объединения учебных, научно-исследовательских и строительных организаций. Приведены конкретные примеры сотрудничества.

**Ключевые слова:** вертикальный ствол, технико-экономическая эффективность, технология строительства, крепь/

## ABOUT THE PROBLEM OF SHAFTS PROJECTING AND BUILDING IN THE CONDITIONS OF MODERN MARKET RELATIONS

Comparative analysis of home and foreign experience of shaft building is fulfilled. Conclusion about perspectiveness of unification of educational, scientific – research and building organizations is made. Concrete examples of cooperation are given.

**Key words:** shaft, technico-economical efficiency, technology of building, set.

В современных условиях одной из важнейших задач экономики Российской Федерации является сохранение ведущих позиций и дальнейшее эффективное развитие горнодобывающей отрасли, вносящей значительный вклад в валовой внутренний продукт страны. Достаточно остро в настоящее время стоит проблема энергобезопасности, решить которую невозможно без увеличения доли угля в выработке электроэнергии до показателей ведущих стран мира.

Все это вызывает необходимость разработки новых месторождений полезных иско-

паемых, а также реконструкции действующих горно-добывающих предприятий. Их вскрытие в большинстве случаев осуществляется вертикальными стволами различного назначения. Средняя глубина сооружаемых вертикальных стволов в нашей стране составляет около 1000 м при максимальных значениях более 2 км. На их долю приходится до 30 % стоимости и 50 % общей продолжительности строительства шахты или рудника.

Анализ динамики развития технико-экономических показателей проходки и крепления вертикальных стволов в нашей

стране показывает, что в течение последних 40 лет существенного улучшения не наблюдается, несмотря на отдельные бесспорные практические и научно-технические достижения. Обусловлено это тем, что с переходом горных работ на большие глубины и ухудшением горно-геологических условий, проектная несущая способность крепи увеличена в среднем в 2 раза, затраты на материалы крепи выросли в 1,5-2,0 раза, а трудоемкость – в 2-2,5 раза. Несмотря на это, более 50 % эксплуатируемых глубоких вертикальных стволов имеют те или иные нарушения крепи.

Помимо объективных горно-геологических предпосылок, одной из причин низкой технико-экономической эффективности сооружения и эксплуатации стволов является использование устоявшихся подходов при их проектировании и строительстве, не всегда адекватных меняющимся условиям, отсутствие четкой координации между геологоразведочными, проектными, научно-исследовательскими и шахтостроительными организациями при выполнении соответствующих работ. Многие из них из-за деструктивных процессов 90-х годов не имеют устойчивого положения на рынке и проигрывают по уровню капитализации и технической оснащенности западным конкурентам.

В настоящее время заказчик, как правило, объявляет отдельные тендеры на выполнение работ по разведке месторождения и оценке условий строительства, разработку проектно-сметной документации и проходку стволов. В результате конкурсы выигрывают не связанные друг с другом организации, имеющие узкую специализацию и не учитывающие общую проблематику такого сложного процесса, как сооружение стволового комплекса.

Это приводит к возникновению и накоплению недостатков и ошибок на каждом этапе деятельности.

Анализ горно-геологических условий строительства осуществляется на основании данных, полученных в результате бурения разведочных скважин. Они ограничены объемом полученного керна и не позволяют должным образом оценить механические, деформационные, реологические свойства,

структуру и неоднородность пород в массиве. С увеличением глубины скважин точность данных существенно снижается. Геологические отчеты, составляемые по результатам исследований, часто не соответствуют требованиям нормативных документов. В них могут отсутствовать исследования трещиноватости и реологических свойств пород, применяются различные способы подсчета водопритоков и др. Слабо используются современные геофизические методы, позволяющие более комплексно оценить структуру залегания пород, размеры и расположение геологических нарушений и др.

Это в свою очередь затрудняет разработку технико-экономически эффективных проектных решений. Из-за неуверенности в точности исходных данных и их ограниченности проектировщики закладывают в расчет существенно завышенные коэффициенты запаса работы крепи и армировки, при этом выбор осуществляется в пользу давно известных, проверенных временем конструктивных решений, а последние исследования и достижения в области геомеханики и геотехнологии не принимаются во внимание. Ситуация усугубляется наличием устаревшей нормативной базы в области проектирования вертикальных стволов, разработанной еще в 70-х годах прошлого века.

Далее проектные решения передаются к исполнению шахтостроительной фирме, выигравшей конкурс на проходку ствола, которая часто не имеет возможностей варьировать способы и технологию работ. Отечественные организации независимо от условий строительства осуществляют проходку стволов по совмещенной схеме. Важную роль на нашем рынке в последние годы стали играть и зарубежные фирмы, в частности «Shaft Sinkers PTY Ltd» (ЮАР) и «Thyssen Schachtbau» GMBH (Германия). Они в свою очередь специализируются на параллельных схемах проходки. Все это в конечном итоге приводит к тому, что проект крепи разрабатывается в отрыве от будущей технологии строительства. Вместе с тем, современные исследования показывают, что технология работ во многом определяет последующий режим работы крепи, запас ее

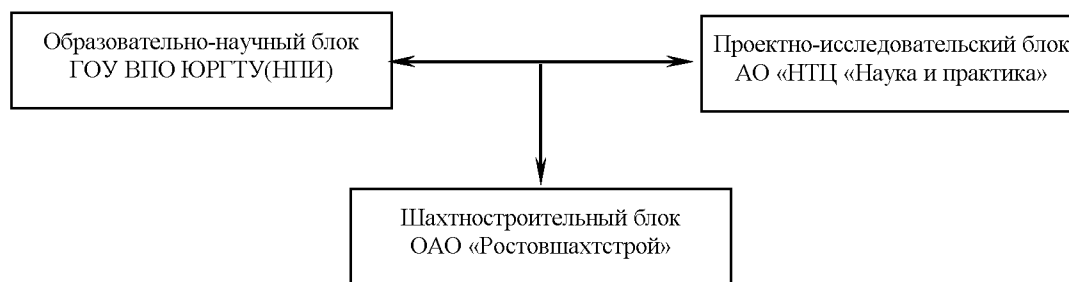


Рис. 1. Блок-структура кооперации организаций, занимающихся разработкой и реализацией геотехнологий

несущей способности и должна комплексно учитываться при проектировании.

Итогом данного положения являются удручающие технико-экономические показатели строительства и эксплуатации стволов, охарактеризованные выше.

Решение проблемы возможно при создании тесной кооперации между всеми участниками процесса разработки и реализации геотехнологий. Один из ее примеров, существующий в Ростовской области, приведен на рис. 1.

Можно выделить два основных преимущества данного объединения.

Во-первых, вуз получает возможность применять эффективные образовательные технологии, в частности, организовать сквозные производственные практики, с помощью которых студенты участвуют сначала в процессе разработки проектных решений, а потом и в их реализации. Упрощается процесс, и уменьшаются сроки внедрения научных разработок, увеличиваются объемы проведения шахтных исследований, статистической обработки натурных данных и др. С другой стороны, проектные и шахтостроительные организации получают доступ к новейшим разработкам и имеют возможность привлечения на работу квалифицированных выпускников вузов, предварительно прошедших у них практику.

Во-вторых, данная тесная кооперация позволяет обеспечить максимальные показатели эффективности разработки и реализации геотехнологий. Это достигается за счет внедрения передовых технических и технологических решений, организации научного сопровождения проектирования и строитель-

ства, проведения инженерно-геологического мониторинга в процессе сооружения ствола, по результатам которого возможна корректировка тех или иных проектных параметров крепи, технологии работ и др.

Рассмотрим конкретные примеры использования передовых научных разработок при проектировании и строительстве вертикальных стволов.

Учеными ЮРГТУ (НПИ) совместно с ОАО «НТЦ «Наука и практика» разработан проект переармирования и сооружения камер загрузочных устройств в действующем скиповом стволе рудника «Узельгинский».

Скиповой ствол диаметром в свету 6 м закреплен монолитной бетонной крепью толщиной 300 мм, класс бетона В15. Породы в зоне строительства отнесены к I категории устойчивости\*, средние по сечению ствола расчетные нормальные тангенциальные напряжения в крепи не превышали 0,302 МПа.

Базовый проект строительства предусматривал полное перекрепление участка расчески приствольных камер с последующим их сооружением из ствола с остановкой работы подъема (и соответственно всего предприятия). Этот вариант не устраивал заказчика, в связи с чем была разработана технология строительства камер загрузочных устройств со вскрытием с действующего горизонта параллельно работам по переармированию ствола. На рис. 2 представлена последовательность выполнения работ.

\* СНиП II-94-80. Подземные горные выработки. М., 1982. 31 с.

Building norms and Rules II-94-80. Underground Mining Working Out. Moscow, 1982. 31 p.

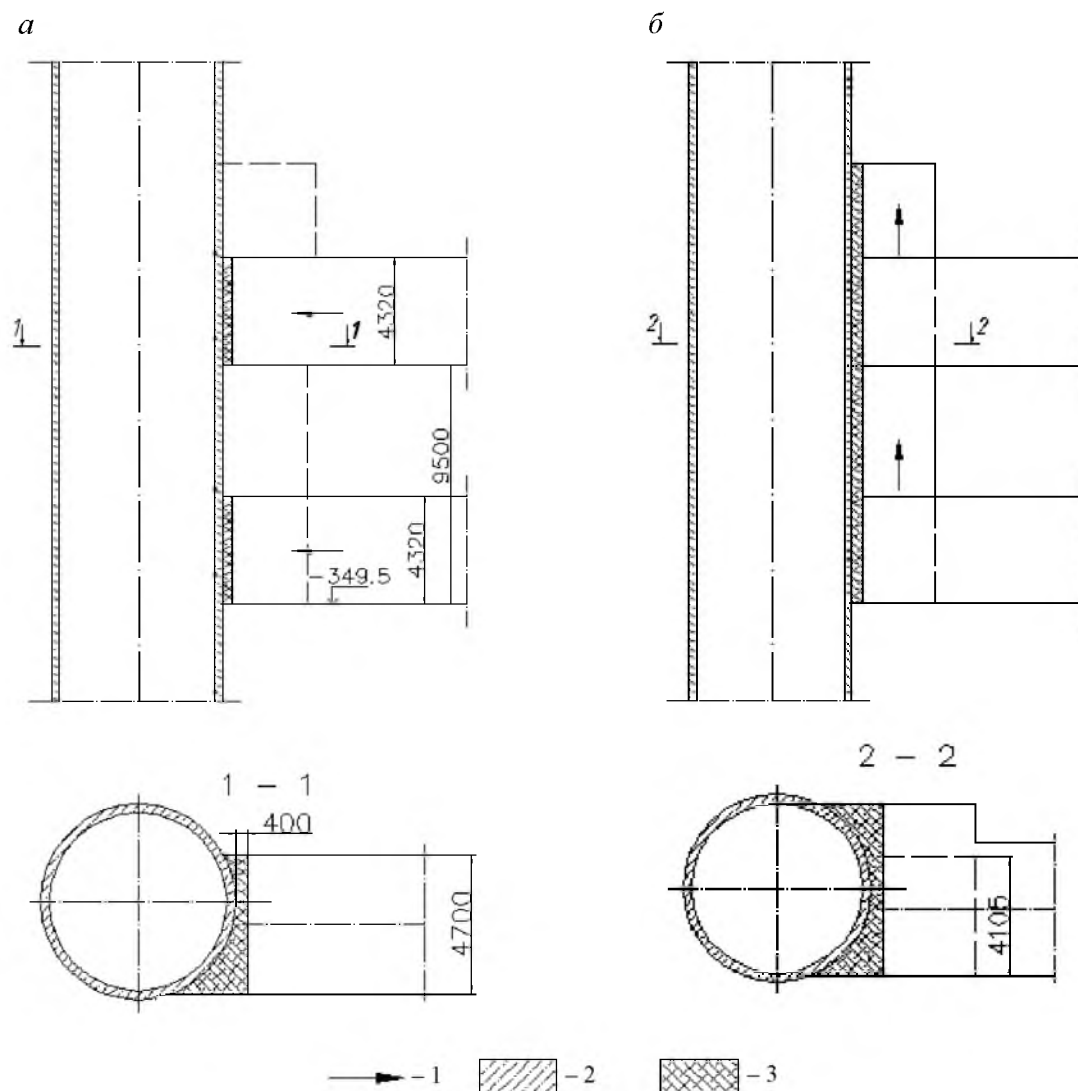


Рис.2. Последовательность (а – I этап; б – II этап) расчески камер грузочных устройств скипового ствола рудника «Узельгинский»

1 – направление проходки; 2 – монолитная бетонная крепь; 3 – породный целик

На первом этапе проходится восстающий гезенк в направлении снизу вверх с последующим расширением до проектных размеров камеры. На втором этапе аналогично сооружается противоположная камера грузочных устройств. После сооружения камер производится разборка целика и окончательное оконтурирование стенок камер.

Таким образом, достигается практически полная независимость проходческих работ по сооружению камер и работ в стволе. В то же время при проходке приствольных выработок происходит значительное изме-

нение напряженно-деформированного состояния рассматриваемой геотехнической системы, и большое значение приобретает обеспечение устойчивости стенок ствола и пород на рассматриваемом участке.

В проектировании, как правило, рассматривается готовый подземный объект, и в результате расчетов в конкретных горно-геологических условиях подбираются оптимальные параметры крепи. Такой подход не учитывает особенностей технологии строительства и может привести к ошибочным результатам. Поэтому было выполнено ма-

тематическое моделирование рассматриваемого участка на каждом этапе строительства, что позволило получить динамическую картину развития напряжений и деформаций на исследуемом участке.

На основе полученных данных были разработаны рекомендации по усилению крепи ствола в зоне проходки приствольных выработок, а также анкерному упрочнению пород при проходке подводящих выработок и гезенков. Экономический эффект от внедрения нового варианта проекта составил около 50 млн руб. за счет снижения себестоимости работ и сроков строительства.

Учеными ЮРГТУ(НПИ) совместно с ОАО «НТЦ «Наука и практика» разработан проект строительства скипового ствола № 1 горно-обогатительного комбината Гарлыкского месторождения калийных солей диаметром в свету 6,5 м и глубиной 364,4 м. Породы в зоне строительства отнесены к IV категории устойчивости и сложены преимущественно каменными солями, сильвинитами, аргиллитами и алевролитами малой прочности. Ситуация осложняется наличием пяти водоносных горизонтов и расположением ствола в сейсмически активном районе с величинами расчетных нагрузок на крепь от сейсмического воздействия в пределах 0,03-0,28 МПа.

По первоначальному проекту, разработанному ОАО «Белгорхимпром», предусматривалось строительство ствола буровзрывным способом. В качестве основного вида крепи принята многослойная крепь на основе чугунных тюбингов толщиной до 1,5 м. В зонах водоносных горизонтов запроектированы работы по цементации пород.

Проведенный анализ проектных решений показал, что они характеризуются высокой стоимостью и трудоемкостью работ, большой продолжительностью строительства. В связи с этим был разработан альтернативный проект, предусматривающий сооружения ствола бурением.

При применении данной технологии можно выделить три основные стадии проходки ствола. На первой стадии происходит бурение ствола, при этом ствол заполнен глинистым раствором с объемным весом  $\gamma_w = 0,01-0,013 \text{ МН/м}^3$ . На второй стадии в

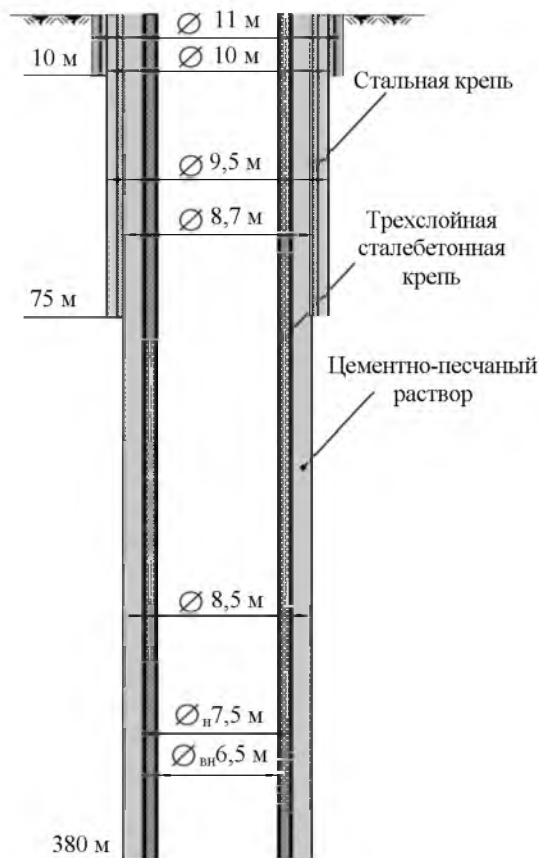


Рис.3. Конструкция крепи скипового ствола № 1 горно-обогатительного комбината Гарлыкского месторождения калийных солей

стволе монтируется колонна крепи и зазор между крепью и породой цементируется. На третьей стадии происходит откачка раствора из ствола, после чего производятся работы по расчистке приствольных выработок и армированию.

В результате расчета при учете технологии работ разработана конструкция крепи, представленная на рис.3.

Основную несущую функцию выполняет трехслойная сталебетонная крепь, усиливаемая шпангоутами из швеллера 20П. С целью снижения материальных затрат выполнен комплекс исследований по оптимизации шага их установки. В расчет был введен коэффициент усиления, учитывающий влияние шпангоутов на снижение напряжений в стальной крепи, для шпангоутов из швеллера 20П он определяется по графику (рис.4) в зависимости от шага установки.

С целью сокращения продолжительности строительства разработана технология

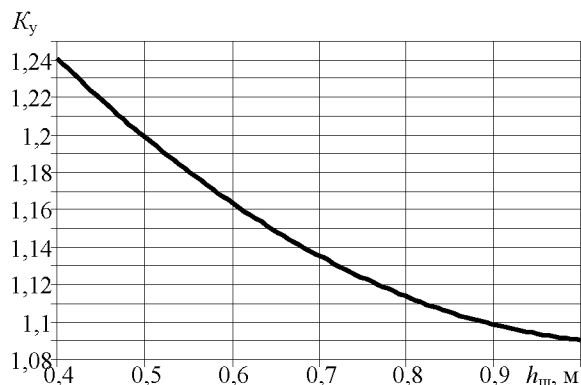


Рис.4. График определения коэффициента усиления стальной крепи пшангоутами

монтажа жесткой армировки одновременно с установкой колонны крепи. Сбор металлоконструкций производится на специальном стенде рядом со стволом, после чего звено крепи с армировкой на платформе подается к стволу, стыкуется с колонной и опускается в ствол на высоту звена. Точность монтажа

контролируется направляющим устройством, устроенным в крепи устья.

Разработанные технические и технологические решения позволяют до 30 % уменьшить себестоимость работ и практически вдвое сократить сроки строительства.

Максимальная эффективность деятельности рассматриваемого объединения организаций и повышение их авторитета могут быть достигнуты при создании единой юридической структуры, что позволит ей участвовать в конкурсах на все виды работ. Однако это встречает серьезные трудности из-за разных форм собственности, бюрократических преград и несовершенства российского законодательства. На наш взгляд, целесообразно создать правовые и материальные основы для возникновения таких объединений на базе научно-исследовательских вузов, что позволит им гораздо эффективнее развиваться и реализовывать результаты своей деятельности.