

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ, КАК ГЛАВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Д.т.н., проф. Левит В.В., д.т.н., проф. Борщевский С.В., студ. Галечко А.Ю., к.т.н., доц. Купенко И.В., Донецкий национальный технический университет, Украина ivk@gmail.com

В статье представлено современное состояние и перспективы развития строительства и реконструкции шахтных стволов.

Ключевые слова: ствол, технология, геомеханика массива, водопритоки

Поддержание и развитие горнодобывающей отрасли является одним из главных условий национального благосостояния. Причина этого заключается во всё возрастающей потребности промышленности в сырье и соответствующем этому росту цен, который стимулирует реконструкцию старых и строительство новых горнодобывающих предприятий. Этот фактор справедлив для всех экономически развитых и развивающихся стран.

При существующем уровне потребления угля, мировая потребность в угле и в Украине неуклонно растет. Развитие мировой и отечественной угольной промышленности характеризуется повышением конкурентоспособности угля, что неразрывно связано со строительством новых и модернизацией действующих угольных шахт. При этом, важнейшими проблемами есть и будут повышение экономической эффективности капитальных вложений и сокращение сроков сооружения объектов. Именно поэтому, программой «Украинский уголь» предусмотрено строительство новых и реконструкция действующих угольных шахт с привлечением отечественных и зарубежных инвесторов, государственного бюджета. Это даст возможность увеличить объемы добычи угля до 2030 года - до 120- 125 млн.тонн в год. Реализация программы «Украинский уголь», в свою очередь, требует создания новых и поддержания имеющихся мощностей шахтостроительных организаций. Для этого, прежде всего, необходимо оздоровить финансово-экономическое положение шахтостроительных организаций, создать условия для стабильной их работы путем изменения существующих методов и практики выделения средств на капитальное строительство, их концентрацию и рациональное использование. Программа модернизации и обновление шахтного фонда в Украине требует выделения средств на капитальное строительство порядка 1,1 млрд. грн. ежегодно, а выделяется не более 500 млн. грн.

На диаграмме рис.1 показаны выделяемые средства на модернизацию отрасли за последние 10 лет. Доля капитального строительства составляет при этом не более 30%, а в 2013г упала до 340 млн.грн. Анализируя приведенные цифры нужно учитывать и инфляцию.

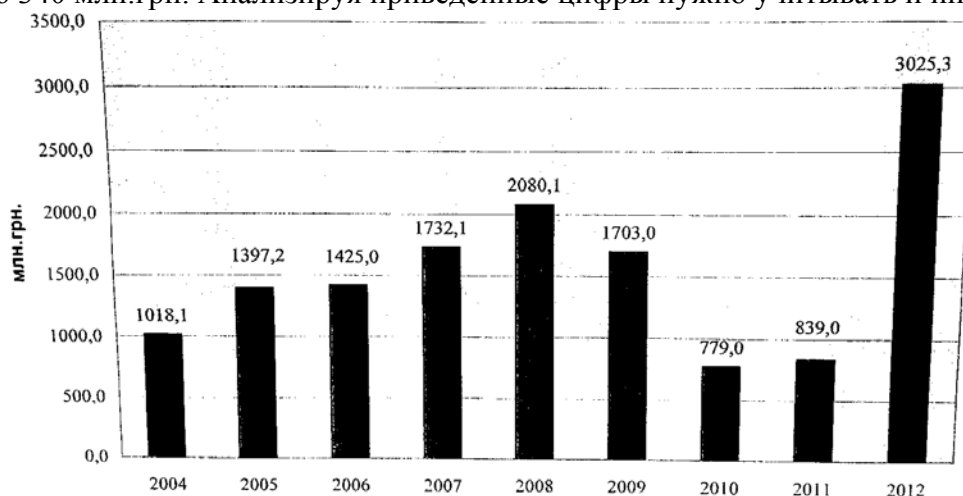


Рис.1 - Объемы бюджетного финансирования на капитальное строительство и техническое переоснащение угольной промышленности Украины

Недостаточное финансирование есть главная причина того, что продолжительность строительства и реконструкции угольных предприятий в 1,5...2 раза превышает

нормативные сроки и, в настоящее время, является основной причиной недостаточных темпов развития Донецкого бассейна и роста объемов незавершенного строительства.

Одним из наиболее сложных, дорогостоящих процессов в комплексе работ по строительству и реконструкции шахт является строительство вертикальных стволов. И хотя во всем мире в настоящее время строительство вертикальных стволов является востребованной и перспективно развивающейся частью горной отрасли, отечественные проходчики оставлены не у дел.

Сложившееся положение с отставанием строительства стволов угольных шахт обусловлено результатом совокупного долголетнего действия многих факторов:

- недостаточным пониманием важности угля и роли Донбасса в обеспечении страны таким стратегическим энергетическим сырьем;
- весьма малыми лимитированными капитальными вложениями в шахтное строительство;
- отсутствием ряда своевременных технических и технологических решений применительно к изменившимся условиям сооружения стволов;
- продолжающееся традиционное применение различных способов крепления стволов, исчерпавших себя по ресурсообоснованности и эффективности;
- ослабление производственной базы о шахтостроительных организаций;
- других организационно-социальных причин.

Вертикальные стволы, отнесены к первому классу горных выработок по важности, так как отказ их в работе приводит к остановке работы всей шахты. Поэтому эксплуатационная надежность стволов шахт должна быть высокой, а принимаемые конструктивно-технологические решения по креплению и управлению горным давлением должны обеспечить безремонтную их эксплуатацию. Сооружение вертикальных стволов является одним из наиболее сложных, продолжительных, дорогостоящих и трудоемких процессов в комплексе работ по строительству шахты. Если оценивать динамику развития технико-экономических показателей строительства вертикальных стволов в бывшем СССР и Украине, следует отметить, что в течение последних 40 лет существенного улучшения их не наблюдается, несмотря на отдельные бесспорные практические и научно-технические достижения.

Прослеживается длительный застой в динамике развития технико-экономических показателей строительства вертикальных стволов, продолжительное время не наблюдается развитие и совершенствование технологических схем ведения работ, не происходит модернизация оборудования, что противоречит тенденции развития шахтного строительства в мире.

За 60 лет в Украине сооружено и пробурено более 800 стволов. За последние 20 лет – 12 (пробурено 6)! Обнищание шахтопроходчиков, отток кадров, снижение производительности труда в 5 раз, четко коррелируют с падением добычи угля (см. табл.1).

Не требует доказательств вывод о том, что острая необходимость развития угольной промышленности Украины связана с увеличением объемов сооружения вертикальных стволов, поиском и разработкой эффективных направлений сокращения продолжительности и улучшения качества их строительства, что является актуальной научно-технической проблемой, имеющей особо важное народно-хозяйственное значение.

Временной фактор сооружения стволов является важным не только с точки зрения обеспечения развития фронта горнокапитальных работ, но и определяет выбор той или иной технологии при непосредственно проходке и креплении горных выработок и, в свою очередь, зависит от горногидрогеологических условий строительства, которые должны быть правильно спрогнозированы, и геотехнологических, проектирование которых должно учитывать как геомеханические, так и технико-экономические факторы.

Интенсификация сооружения шахтных стволов ставит ряд проблем, из которых важнейшей является повышение экономичности, технологичности и надежности крепления. Надежная эксплуатация и устойчивость шахтных стволов является функцией многих факторов. Но в значительной мере механическая и физическая долговечность ствола определяется принятыми конструктивно-технологическими решениями по его креплению и

охране. Технология сооружения стволов охватывает большой комплекс отдельных видов работ, которые должны быть взаимосвязаны во времени и пространстве.

Стоимость сооружения стволов составляет 35-50% стоимости горных выработок шахты, а затраты на материалы для крепления превышают 70-80% их стоимости. Практика свидетельствует, что, несмотря на определенные технические достижения, крепление стволов остается материало- и трудоемким, малопроизводительным и имеет значительную строительную стоимость. Обусловлено это тем, что с переходом горных работ на глубины 500-1300 м значительно ухудшились условия их ведения, проектная несущая способность крепи повышена в 2 раза, затраты металла и бетона выросли в 1,5-2,0 раза, трудоемкость выросла в 2-2,5 раза, а производительность труда уменьшилась в 1,3-1,8 раза. Несмотря на значительные финансовые и материальные затраты на сооружение стволов, в том числе и на крепление, согласно данным НИИОМШС, почти 48% стволов угольных шахт имеют деформированное крепление, а 50% их сопряжений с горизонтальными выработками требуют срочного ремонта.

Основными причинами деформирования крепи стволов являются сложные непредсказуемые горно-геологические условия (32,1%), несоответствие технологии крепления (33,6%), неучитываемые расчетами и технологией особенности проявления горного давления и усилившегося влияния структурной и механической неоднородности породного массива, возросшие с глубиной, асимметрия нагрузок на ствол и другие факторы.

Крайне актуальной остается задача изучения взаимодействия массивов горных пород, в большинстве своем обводненных, с крепью вертикальных выработок. Обобщая результаты имеющихся натурных, лабораторных и аналитических исследований следует указать на важные особенности формирования нагрузок на крепь под влиянием перемещающихся пород в полость ствола. По мнению специалистов ВНИМИ, очертание эпюры нагрузок на крепь является в значительной мере случайным, а появление максимальной и минимальной нагрузок - возможным, хотя и маловероятным для всех точек контура ствола. Неуравновешенность эпюр нагрузок на крепь отнесена к числу важной характеристики их неравномерности, что свидетельствует о действии на ствол радиальных (нормальных) и касательных к поверхности ствола нагрузок. Неоднозначна точка зрения относительно влияния угла залегания пластов пород на асимметрию нагрузок на стволы. Некоторые исследователи отмечают увеличение (в 2-4 раза) давления на крепь со стороны восстания вскрываемых пластов. Максимально зафиксированные нагрузки в стволах достигают 4 МПа.

На участке, со слабыми породами, было проведено измерение интенсивности электромагнитной эмиссии. Результаты представлены на рис. 1. На графике проявляется явная асимметрия интенсивности излучения по контуру ствола. Помня о сложности механизма естественного электромагнитного излучения, зависимости его от множества факторов, можно, все же, увидеть ориентацию более интенсивного излучения в направлении более нарушенного участка массива. Аналогичный результат был получен для незакрепленного участка массива. Отсюда следует достаточно интересный вывод, что бетонная крепь, являясь источником собственного излучения, не экранирует полностью излучение из более глубоких слоев. Таким образом, по интенсивности электромагнитной эмиссии в различных направлениях можно сделать косвенный вывод о степени трещиноватости приконтурной зоны, наблюдаемой внешне и традиционно исследуемой только путем бурения шпуров. Из данного рисунка можно сделать также вывод о более высокой интенсивности излучения при более слабых породах контура. Характерной является также более высокая степень асимметрии излучения.

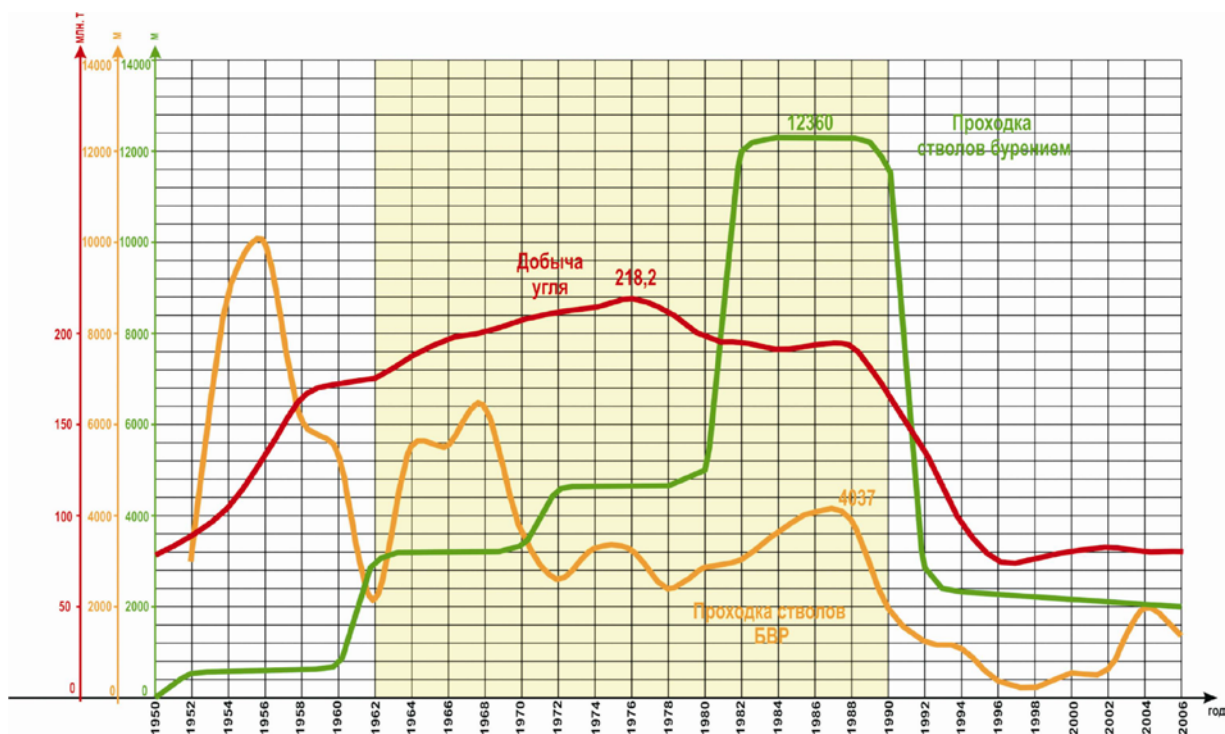


Рис.1. Проходка вертикальных выработок и рост добычи угля

В нашем случае более резко выражена неравномерность нагрузки на бетонное кольцо, вследствие чего его собственное излучение имеет значительную асимметрию с ориентацией, совпадающей для диаграммы излучения собственно массива. Дополнительным фактором могло явиться образование трещин в бетоне на границе с породным слоем еще на стадии его твердения из-за неравномерной усадки, технологических перерывов в бетонировании, ставших впоследствии концентраторами механического напряжения, а, следовательно, и локальными источниками электромагнитного излучения.

Изначальная неравномерность нагрузки на бетонную крепь, даже при правильной технологии ее возведения является следствием не только естественных факторов, но и качеством выполнения буровзрывных работ и оборки заголов, темпов проходки, водопритоков. Приведенные выше результаты показали отрицательное влияние трещиноватости в приконтурной зоне на длительную устойчивость крепи. Дополнительным фактором с отрицательным воздействием на крепь является проникновение на границу раздела «бетон - породный массив» агрессивных шахтных вод.

Исследования, выполненные на протяженном участке вентиляционного ствола № 5 шахты им. А.Г. Стаханова (отметка сечения 922 м), где породный массив представлен песчаником, свидетельствуют что и в случае более прочных пород контура наблюдается асимметрия нагрузок на крепь в горизонтальной плоскости. На рис. 2. показана круговая диаграмма интенсивности электромагнитной эмиссии на указанном участке. Характерно, что ориентация вытянутости диаграммы близка к направлению падения пород.

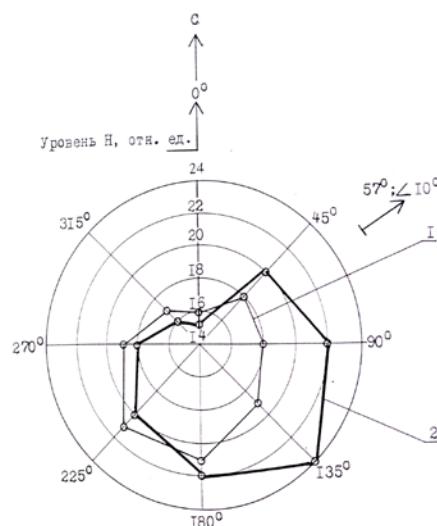


Рис. 2 - Интенсивность электромагнитной эмиссии на различных участках слабых пород при использовании бетонной крепи 1- участок с песчано-глинистым сланцем; 2- участок с глинистым сланцем.

В том же стволе было выполнено изучение состояния бетонной крепи с различным сроком эксплуатации. Глубина отметки, где бетон длительно подвергался воздействию

механических напряжений и агрессивных шахтных вод - 945 м. На соседнем участке (глубина 949 м) бетон был заменен новым, и срок его эксплуатации составлял около месяца. Исследования выполнялись с использованием методов регистрации естественного электромагнитного излучения [1].

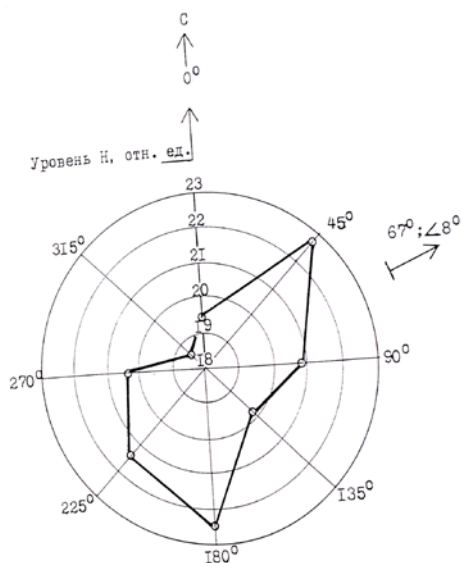


Рис 3. - Интенсивность электромагнитной эмиссии на протяженном участке бетонной крепи при прочных породах контура

Степень асимметрии на участке со старым бетоном выражена очень резко, а для вновь уложенного бетона - более умеренно. Ориентация диаграмм по отношению к рассматриваемому ранее сечению на отметке 922 м, повернута на 90° .

Напрашивается предположение о закономерности формирования поля напряжений в системе «монолитная бетонная крепь - породный массив» в процессе эксплуатации. Если после возведения крепи податливость бетона способствует выравниванию в нем напряжений, то в дальнейшем, по мере увеличения жесткости крепи, асимметрия свойств породного массива обуславливает увеличение неравномерности нагрузок на бетонный цилиндр.

Существует неоднозначность в вопросе формирования зон неупругих деформаций (пластичности) в породах вблизи стволов, существенные расхождения в количественных показателях зон, прямо противоположные выводы делают в части зонального снижения прочности пород, связанного с неоднородностью поля напряжений и дезинтеграции массива вокруг ствола. По данным ВНИМИ степень нарушенности крепи стволов имеет зональный характер по их глубине. В интервале глубины до 500 м показатель поврежденности уменьшается во времени, а в интервалах $500 < H < 950$ м этот показатель во времени возрастает. Это важный для практики вывод: долговременная устойчивость стволов угольных шахт является функцией реологических процессов, характеризующего напряженность породного массива, а также величинами и продолжительностью смещений пород в полость ствола. В связи с этим ключевой задачей в шахтной геомеханике остается качественное и количественное изучение закономерностей протекания деформационных процессов вблизи стволов, при индивидуальном подходе и проектировании на основе типовых решений, особенно в породах с различной прочностью на их контактах.

Так при организации скоростной проходки ВПС-3 ш/у «Покровское» в январе 2014г проходчики столкнулись с редким явлением пучения пород в протяженной части ствола. В обнаженной части забоя прослеживались вертикальные трещины раскрытием до 40 мм, расположенные со стороны восстания и падения. Именно между трещинами сформировался активный процесс выдавливания внутрь ствола зоны перемятых пород. Горное давление проявилось настолько сильно, что это привело к защемлению опалубки в отметках 580-610м, а обнаженная часть забоя на глазах меняла геометрию. После демонтажа опалубки в бетонной крепи также были обнаружены заколы и трещины.

В интервале глубин геологических нарушений (по мере развития очистных работ вблизи околоствольного целика) следует ожидать увеличения расчетных радиальных нагрузок на крепь ствола на 25...30% [2]. Скачок нагрузок на крепь ствола в данной зоне, рассчитанный по методике УкрНИМИ, прослеживается длительный застой в динамике развития технико-экономических показателей строительства вертикальных стволов, продолжительное время не наблюдается развитие и совершенствование технологических схем ведения работ, не происходит модернизация оборудования, что противоречит тенденции развития шахтного строительства в мире.

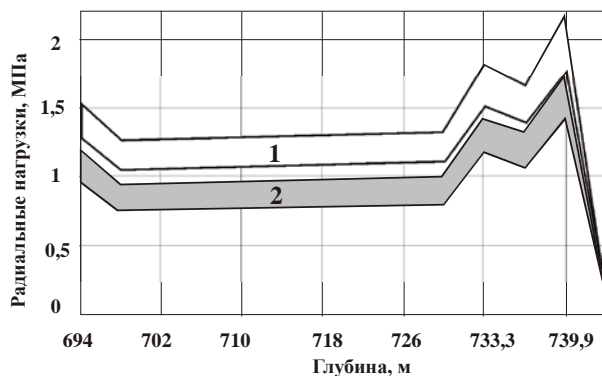


Рис.4. Область изменения радиальных нагрузок на крепь ствола.

- 1 - без учета влияния очистных работ;
- 2 - с учетом влияния очистных работ

Принятые технические решения (уменьшение обнажения до 1м, металлические кольца в бетоне совместно с анкерной крепью, могут стать типовыми , для следующих условий:

- несколько систем трещиноватости;
- вмещающие горные породы склонные к выдавливанию;
- наличие перемятых участков;
- повышенные водопритоки и т.п.

Конкретные параметры конструкции и технологии должны приниматься на основании узаконенной методики проектирования технологии и конструкции крепи вертикальных шахтных стволов в сложных гидрогеологических условиях.

Одной из важнейших характеристик структурной неоднородности толщ горных пород, влияющей на систему «ствол-массив является слоистость. Неоднородность массива определяется ассоциацией составляющих его литотипов, различающихся по структурно-текстурным и механическим характеристикам, развитием естественной и искусственной трещиноватости в породных слоях, образованием различного рода включений, зон расслоения, наличием водоносных горизонтов. Чередование разнопрочных пород является одной из причин распространенного вывалообразования в стволах. При оценке влияния массива пород на закрепленную и обнаженную части ствола современные подходы предполагают применение «принципа Парето». В данном случае принцип определяет наибольшее влияние на формирование нагрузок на ствол тех слоев породы, которые в общем объеме пересекаемой толщи занимают наименьшую часть. Это очень перспективное направление изучение системы «ствол-массив».

Именно неравномерная и колеблющаяся в больших пределах механическая прочность горных пород в совокупности с особенностями структуры толщи, вскрываемой стволами (различная мощность слоев, слабая связность при их перемежаемости, влияние тектоники и кливажа), создают значительные затруднения для горно-капитальных работ, решения вопросов крепления стволов и управления горным давлением в них, эксплуатации этих важных капитальных сооружений.

Скорость и качество проходки ствола прямо или опосредованно зависят и от водонасыщенности вмещающих пород табл.1.

Отметим, что общепринятая толщина крепи (500 мм) не редко не соответствует расчетной, это связано с тем, что учет гидравлической нагрузки обосновывает увеличение толщины крепи на 7...10%, а взятая в расчет прочность пород предусматривает высокие темпы проходки, хотя на практике при простоях и длительно не закрепленном обнажении забоя, прочность водонасыщенных пород будет резко уменьшаться. Это еще раз подчеркивает взаимосвязь технологии и конструкции крепи.

Таблица 1 - Геотехнические характеристики проходки некоторых стволов
(ГОО «Трест Донецкшахтопроходка»)

Наименование шахты, ствола	Геологическая характеристика проходки				Скорость проходки, м/мес
	аргиллиты, алевролиты %	песчаники, %	прочие, %	водоприток, м ³ /час	
ш. «Шахтерская – Глубокая», скиповый ствол	59,7	32,6	7,7	6,6	39,5
ш. «Шахтерская – Глубокая», клетевой ствол	59,5	36,7	3,8	6,6	39,0
ш. «Красноармейская – Западная №1» воздухоподающий ствол	59,5	28,6	11,9	35,6	23,7
ш. «Красноармейская – Западная №1» вентиляционный ствол	60,3	28,1	11,6	16,7	22,8
ш. «Красноармейская – Западная №1» скиповый ствол	64,2	28,1	9,7	24,3	22,2
ш. «Красноармейская – Западная №1» клетевой ствол	62,1	27,2	10,7	12,0	24,6
ш. им. А.Ф.Засядько, вентиляционный ствол	65,3	31,3	3,4	1,6	56,1
ш. «Октябрьский рудник», западный воздухоподающий ствол	54,3	42,5	3,2	10,0	53,4
ш. «Октябрьский рудник», клетевой ствол	56,7	38,2	5,1	10,5	36,2
ш. им. А.Ф.Засядько, воздухоподающий ствол	66,8	30,6	2,6	3,5	94,5

Наличие водоносных горизонтов в углепородной толще Донбасса не только усложняет строительство стволов, но проявляется негативно и в экологическом аспекте. Сооружение ствола приводит к изменению водообмена в водоносных горизонтах, вызванного дренирующим влиянием формирующейся полости ствола. Это сопровождается развитием в продуктивной толще новых областей гидроразгрузки зон водопонижения, в результате чего интенсифицируется водоприток в ствол, осложняющий строительство. Под влиянием воды понижаются прочностные и ухудшаются реологические свойства приконтурных пород, что связано с проявлением адсорбционного понижения прочности пород в слоях и сцепления на их контактах. В результате водопонижения изменяется гидрогеомеханическая ситуация на участке строительства ствола: снижение напоров приводит к сжатию пород и их осадке. В совокупности развивающиеся процессы значительно осложняют защиту стволов, их крепление и негативно влияют на их долговременную эксплуатацию.

Приведенные геомеханические и гидрогеологические условия определяют выбор типа крепи и технологию проходки. При сооружении шахтных стволов, в основном, применяют бетонную и железобетонную монолитные крепи, реже крепят стволы металлическими или железобетонными тубингами, крайне редко применяют анкерную, деревянную и бетонитовую крепь.

Учитывая высокий уровень механизации возведения и адаптации к условиям применения монолитной бетонной крепи, по-прежнему стремятся приблизить ее технические характеристики к чугунной, а экономические - к железобетонным тубинговым крепям. Поэтому, необходимо указать на разработку различных способов повышения несущей способности бетонной крепи стволов за счет улучшения механических характеристик бетона (насыщение фибрами, химдобавками, использование спеццементов, новых технологий приготовления бетона). Попытки исключить применение железобетона, чугунных и

железобетонных тубингов инициировали изменение технологических и конструктивных решений по возведению бетонной крепи. В частности, к ним относится формирование двухслойной монолитной бетонной крепи с отставанием во времени и пространстве возведение второго слоя, что, по мнению специалистов, повышает ее несущую способность на 20% по сравнению с крепью, возводимой в один слой.

Стремление создать крепи, сопоставимые по стоимости с монолитно бетонной и обладающие достоинствами крепи из чугунных тубингов, стало предпосылкой разработки сборных железобетонных тубинговых крепей.

Создана прогрессивная концепция охраны стволов в условиях интенсивного горного давления, предполагающая охрану стволов конструкциями высокой несущей способности с регламентируемой податливостью за счет приконтурной пригрузки массива и наличия элементов податливости.

Пустотелые шлакоблоки при невысокой несущей способности ($(1,34 \pm 0,43)$ МПа) допускают значительные продольные деформации - 3,5-4,5%. Деформирование шлакоблоков в условиях бокового подпора и потеря прочности ими происходит медленно, при наличии на участке квазиупругого деформирования - повышения жесткости, а в запредельном режиме - наличие участков повышения прочности. Эффект деформационного разупрочнения и последующего упрочнения в шлакоблоках при нагрузке-нужная предпосылка для создания радиально- податливых крепей. Один из вариантов такой крепи, показан на рис. 4.1. Модельное представление конструкции радиально-податливой крепи дано на рис. 4.2. Расчеты крепи такой конструкции показали, что при переходе работы шлакоблоков в режим податливости - 38- 57 см) окружные напряжения составят 14,8 МПа, что ниже допустимых, равных 16 МПа.

Отказ от традиционных объемно-планировочных решений в пользу новых, обладающих высокой несущей способностью, радиальной податливостью и ремонтпригодностью позволило в деформирующемся породном массиве обеспечить эффективное поддержание крепи в районе сопряжения [3]. К настоящему моменту, после перекрепления ствола, нарушений крепи не наблюдается.

По характеристикам податливости сборная железобетонная тубинговая крепь допускает в семь раз большую вертикальную деформацию, чем монолитный бетон. Такие крепи выдерживают повышенные нагрузки и компенсируют деформации окружающего массива 1 -2 мм/мес. Горизонтальные деформация таких крепей достигают 2-3 мм/м, тогда как при монолитной бетонной крепи не превышают 0,5-1,0 мм/м.

Пустотелые шлакоблоки при невысокой несущей способности ($(1,34 \pm 0,43)$ МПа)



Рис. 4. - Схемный фрагмент радиально-податливой крепи
1 - сопряжение; 2 - шов податливости; 3 - цементно-песчаный раствор;
4 - шлакоблок; 5 - бетон класса В25 (В 15); 6 - тубинг железобетонный;

допускают значительные продольные деформации - 3,5-4,5%. Деформирование шлакоблоков в условиях бокового подпора и потеря прочности ими происходит медленно, при наличии на участке квазиупругого деформирования - повышения жесткости, а в запредельном режиме - наличие участков повышения прочности. Эффект деформационного разупрочнения и последующего упрочнения в шлакоблоках при нагрузке-нужная предпосылка для создания радиально- податливых крепей. Один из вариантов такой крепи, показан на рис. 4 [4]. Расчеты крепи такой конструкции показали, что при переходе работы шлакоблоков в режим податливости - 38- 57 см) окружные напряжения составят 14,8 МПа, что ниже допустимых, равных 16 МПа.

Отказ от традиционных объемно-планировочных решений в пользу новых, обладающих высокой несущей способностью, радиальной податливостью и ремонтпригодностью позволило в деформирующемся породном массиве обеспечить

эффективное поддержание крепи в районе сопряжения К настоящему моменту, после перекрепления ствола, нарушений крепи не наблюдается.

По характеристикам податливости сборная железобетонная тубинговая крепь допускает в семь раз большую вертикальную деформацию, чем монолитный бетон. Такие крепи выдерживают повышенные нагрузки и компенсируют деформации окружающего массива 1 -2 мм/мес. Горизонтальные деформация таких крепей достигают 2-3 мм/м, тогда как при монолитной бетонной крепи не превышают 0,5-1,0 мм/м.

Главным резервом решения двуединой задачи обеспечения гидрозащиты ствола и его долговременной устойчивости в таких условиях является совмещение в едином технологическом цикле его сооружения возведение регулятивных элементов, обеспечивающих гидрозащиту ствола и защиту крепи от флюидодеструкции приконтурных пород, вызывающей интенсификацию смещения пород в полость ствола

Геомеханическое обоснование способа сводится к расчету двух параметров, определяющих протяженность участка на цилиндрической части ствола, на котором следует применить технологию и глубину анкерования породного массива. Принимая воздействие водоносного горизонта как ослабление структурно-прочностных связей приконтурных пород вычисляется размер зоны воздействия т.е. высота по стволу. При мощности водоносного слоя больше 4,0 м «окно» оценки зоны повторяется. Второй показатель характеризует параметры анкерования массива. Определяется глубина анкерования для первой активной геомеханической зоны. Как правило, длина анкеров составляет 1,5-2,0 м при установке 1 анк./м². Высота обрабатываемого участка ствола 12—16 м.

Технология включает в себя возведение временной крепи из металлических сеток, прикрепленных к породе анкерами с подхватами. К сеткам крепится тонкая растворопроницаемая оболочка из мешковины или стеклоткани. В зазоре между временной крепью и породой, равным 0,05-0,2 м, создается фильтрующий слой 6 из несвязного материала-керамзита, с коэффициентом фильтрации 10-1 -10-3 см/с. После образования фильтрующего слоя по всему периметру ствола выполняется постоянная крепь из бетона 4 класса В25. При этом стыки временной и постоянной крепи рассогласовываются на величину 0,5 м. Работы по нагнетанию химического гелеобразующего раствора ведутся после возведения постоянной крепи на величину не менее двух заходов с тем, чтобы образующиеся между заходками крепей стыки оказывались загерметизированы тампонажным раствором. Предложено два варианта гелеобразующего раствора на основе неорганического вяжущего.

Немаловажная сторона, касающаяся всего комплекса строительства, это технологические схемы, как проходки ствола, так и строительства стволовых комплексов в целом. Ускоренное выполнение каждого этапа строительства и максимальное совмещение процессов цикла приводит к сокращению продолжительности сооружения вертикальных стволов. Поэтому технологии с последовательным и прерывным выполнением производственных циклов и технологических процессов в подготовительно-переходном и основном периоде приводят к потерям общего времени работ до 50% и оказывают негативное влияние на интенсивность строительства стволов и рациональное использование основных ресурсов производства [2].

Параллельная схема проходки ствола дает кроме организационных геомеханические преимущества устойчивости ствола в целом. Это связано с условиями схватывания бетона. При совмещенной схеме бетон укладывается в призабойном пространстве и схватывается в условиях повышенного давления и подвижек массива. При параллельной схеме бетон укладывается на расстоянии 20-30 метров от забоя в разгруженной зоне обнаженных стен ствола.

Параллельная схема предполагает максимальное совмещение операций проходческого цикла и повышение темпов проходки до 200-220 метров в месяц.

Выводы. Наиболее проблемными направлениями сооружения вертикальных стволов угольных шахт , совершенствование в которых должно стать первоочередными задачами, являются:

1.Индивидуальный подход к строительству каждого ствола, сведение к минимуму типовых решений;

Каждый ствол является уникальным сооружением, и доля типовых решений при выборе техники и технологии его сооружения должна быть сведена к минимуму.

2. Научное обоснование основных параметров строительства .

Теоретическое обоснование необходимости и рациональности каждого принимаемого решения с учётом передового российского и международного опыта, широкое привлечение к участию не только на стадии проектирования, но и на стадии реализации специализированных проектных организаций, обеспечение полного соответствия выполняемых работ проекту.

3. Применение многослойных крепей, снижение затрат и повышение безопасности работ

Формирование двухслойной монолитной бетонной крепи с отставанием во времени и пространстве возведение второго слоя, что, по мнению специалистов, повышает ее несущую способность на 20% по сравнению с крепью, возводимой в один слой. Так же необходимо совершенствование конструкций крепей и повышение эффективности их работы; упрочнение приконтурных пород и тампонаж, закрепленного пространства; разгрузка окружающих ствол и сопряжение пород;

4. Выбор рациональных объемно-планировочных решений по заложению стволов и их конструктивным элементам.

Выбор рациональной формы и субоптимальных параметров крепи, соответствующих (комплементарных) геомеханическим (в большей степени реологическим) свойствам приконтурных пород и режиму их взаимодействия со стволом;

5. Высокая степень организации, позволяющая минимизировать потери времени от простоев;

Этого можно достигнуть, в первую очередь, за счёт разработки и внедрения новых типов ресурсосберегающих крепей, учёта при их проектировании особенностей горного массива, а также улучшения качества их возведения. Широкое внедрение параллельной схемы проходки.

6. Высокая степень механизации проходческих работ на всех этапах строительства;

Приобретение новой стволопроходческой техники и развитие почти не применяющейся у нас сейчас, но широко используемой, высокоразвитой за рубежом технологии бурения вертикальных стволов.

И последнее. До тех пор пока руководители отрасли и частные инвесторы не осознают жизненную необходимость обновления шахтных фондов, увеличение капитализации шахт, возрождение престижности шахтостроительного труда, шахты будут умирать и тяжелая промышленность будет полностью зависеть от зарубежных носителей.

Библиографический список

1. Левит В.В. Результаты диагностики состояния вертикальных стволов методом электрометрии// Уголь Украины, 1997. – № 6. – С. 50-53.
2. Борщевский С.В. Физико-технические и организационные основы интенсивных технологий сооружения стволов в условиях повышенной водоносности породного массива: Автореф. дис....докт. техн. наук: Национальный горный университет. – Днепропетровск, 2008. – 31 с.
3. Левит В.В. Новые технические решения при строительстве вертикальных стволов и сопряжений в сложных условиях. Материалы отраслевой научно-технической конференции «Прогрессивные решения по креплению и поддержанию горных выработок». – Павлоград, 1996. – С. 44-46.
4. В.В. Левит. Геомеханические основы разработки и выбора комбинированных способов крепления вертикальных стволов в структурно неоднородных породах: Автореф....докт. техн. наук. Днепропетровск. 1999. – 36 с.