

УДК 622.016.222:622.838

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ СПОСОБОВ ОХРАНЫ И ПОДДЕРЖАНИЯ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ И ИХ СОПРЯЖЕНИЙ

Колдунов И. А.

(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

На основі аналізу розвитку способів охорони та підтримання шахтних стволів зроблено висновок, що нині діючі в нормативних документах засоби потребують коригування вирішенням, в першу чергу, питання стійкості сполучень стволів глибоких горизонтів.

On the basis of analysis of development of methods of protection and maintenance of shaft, the conclusion is drawn that is methods operating presently in normative documents require demand updating, by solution, first of all, a question of shaft linking stability at deep levels.

При существующем темпе потребления угля его мировая добыча должна увеличиться как минимум вдвое. Как следствие потребуется дальнейшее развитие мировой и отечественной угольной промышленности со строительством новых и модернизацией действующих угольных предприятий. А так как стволы являются главными горными выработками, обеспечивающими постоянную работу шахт в течение многих десятков лет, на передний план выходит задача сохранения эксплуатационной устойчивости строящихся и существующих вертикальных стволов.

Задача обеспечения устойчивости вертикальных стволов приобретает дополнительную актуальность в связи с возможным последующим использованием их после ликвидации шахты. Во-

первых, для поддержания гидрологического баланса откачивая подземные воды с помощью погружных насосов, расположенных в стволах. Во-вторых, для их эффективной ликвидации, заключающейся не в засыпке ствола, а в последующей его длительной консервации на основе геомеханического анализа длительной устойчивости околоствольного массива горных пород [1].

Сопряжения стволов являются узловыми, наиболее значимыми их составляющими, соединяющими подземные выработки с выходом на поверхность. От состояния сопряжений в первую очередь зависит бесперебойная и безаварийная работа ствола, а ремонт этих сложных и объемных объектов ведет к существенным материальным и финансовым затратам. Расходы при ремонтах сопряжений всех шахтных выработок обычно составляют более половины начальных затрат на их сооружение, при перекреплении сопряжений стволов эти затраты превышают начальные.

Основным способом охраны вертикальных шахтных стволов (в том числе и их сопряжений) от влияния очистных работ, служит оставление предохранительных целиков по разрабатываемым пластам, размеры которых регламентируются «Правилами...» [2]. Способы построения предохранительных целиков совершенствовались по мере широкого развития экспериментальных исследований, научных и практических знаний по вопросам охраны стволов. При этом периодически издавались «Правила охраны сооружений...», в которых для охраны стволов в основном изменялись методики и величины углов сдвижения при построении целиков. Основой для разработки нормативных документов послужили работы: С. Г. Авершина, А. Г. Акимова, В. А. Борисовца, Н. С. Булычева, И. Л. Давыдовича, Д. А. Казаковского, А. М. Козела, М. В. Короткова, С. Б. Кулибабы, Г. А. Крупенникова, А. А. Репко, Н. А. Филатова и др.

Обзор этих работ [3] показал, что развитие уровня науки продолжительный период обеспечивало решение возникших практических задач, связанных с охраной и поддержанием шахтных стволов.

Базовой теорией, применяемой и в настоящее время, было предложение рассматривать формирование краевой части мульды сдвижения под влиянием зоны опорного давления. Размер зоны

опорного давления в плоскости обрабатываемого пласта, над и под пластом были приняты примерно $0,3 H$, где H – глубина, м.

Однако с увеличением глубины стволов качественно меняются условия их охраны и поддержания. Размеры предохранительных целиков под шахтные стволы во многих случаях оказываются не достаточными, чтобы исключить влияние очистных работ, особенно при многократном оконтуривании целиков.

Для совершенствования способов охраны и поддержания стволов важную роль играли систематические их обследования, проводимые с середины прошлого века.

Первую классификацию причин нарушений стволов в Донбассе предложил Г. А. Крупенников [4]. При этом отмечено, что разрушения крепи и деформации армировки происходят, прежде всего, под влиянием очистных работ и околоствольных выработок (примерно 80 %). Другие влияющие факторы следующие: коррозия, обмерзание и некачественность крепи.

А. Г. Акимов [5] предложил свою классификацию причин повреждений крепи вертикальных шахтных стволов, используемую и в настоящее время. В неё вошли: гидрогеологические факторы (гидродинамическое давление, воздействие агрессивных вод и т. д.); геологические факторы (влияние геологических нарушений, давление слабых пород); влияние очистных работ (подработка, опорное давление); влияние околоствольных выработок (концентрация напряжений, деформирование массива вблизи выработок); случайные факторы (плохое качество и обмерзание крепи и т. д.). Отмечено, что степень нарушений стволов возрастает с увеличением их глубины.

После 1975 г. количество глубоких стволов значительно увеличивается. При этом на многих шахтах околоствольные предохранительные целики оказывались оконтуренными очистными выработками с трех и четырех сторон. При ведении очистных работ у границ целиков на глубоких горизонтах крепь стволов на ряде шахт начала разрушаться [6]. По данным систематических обследований проводимых с 1977 г. ВНИМИ и УкрНИМИ по шахтам ПО Артемуголь, Орджоникидзеуголь, Донецкуголь, Макеевуголь, Советскуголь, Красноармейскуголь более 50 % глубоких стволов имели нарушения крепи армировки различной

степени тяжести. Причем около 80 % нарушений приходились на участки сопряжений стволов с околоствольными выработками. Почти такие же результаты были получены при обследовании стволов Донбасса институтом ВНИИОМШС.

Анализ характерных мест распространения и причин разрушений крепи вертикальных стволов шахт Донбасса, а затем и на других месторождениях, показал, что проявление наиболее интенсивных повреждений крепи приурочено к зонам влияния опорного давления. Установлена явная зависимость развития этих деформаций от степени близости очистных работ.

А. М. Козел [6] рассматривает многочисленные материалы исследований горного давления, характеристики условий поддержания вертикальных шахтных стволов с околоствольными выработками состояние их крепей, виды и причины ее повреждений в различных сложных условиях. Автор констатирует: «На напряженность пород, их прочность и состояние у выработки сильнейшее влияние оказывают горнотехнические и технологические факторы. Резко увеличиваются напряжения в зонах опорного давления вблизи очистных выработок, а в зонах разгрузки уменьшаются. Возникают дополнительные вертикальные и иные перемещения и деформации пород, непосредственно воздействующие на крепь и армировку ствола». Он утверждает, что те меры поддержания стволов и их сопряжений, основывающиеся в основном на инженерно-геологических и гидрогеологических свойствах окружающих пород, окажутся недостаточными для устойчивого состояния крепи, так как может существенно измениться НДС околоствольного массива в процессе разработки полезного ископаемого.

На основе исследований разработаны способ построения околоствольных предохранительных целиков и метод определения деформаций пород околоствольного массива, в котором предпринята попытка учета, наряду со сдвижением пород также опорного давления, которое с глубиной становится определяющим.

Современные «Правила охраны» [2], разработанные в части касающейся стволов на основе экспериментальных и аналитических исследований, проводимых в УкрНИИ под руководством

Южанина И. А., Кулибабы С. Б. и Дрибана В. А. [1, 3] имеют существенные отличия от предыдущих документов. В этих работах было введено понятия угла оконтуривания ствола, под которым подразумевается угол, полученный между горизонталью и линией соединяющей ближайшую к стволу границу очистных работ с устьем ствола. Этот угол был использован для анализа влияния на ствол очистных работ, проведенных у границ околоствольных предохранительных целиков, по всем разрабатываемым пластам, суммарное влияние которых оказывает воздействие на состояния глубоких вертикальных шахтных стволов. Принимая во внимание то, что количество сторон оконтуривания предохранительного околоствольного целика может изменяться от 1 до 4, суммарное влияние очистных работ на вертикальный ствол выражено параметром $X = \sum_{i=1}^4 \text{tg}(\chi_k - \delta_0)$, где χ_k – угол оконтуривания ствола с k -ой стороны, градус; δ_0 – некоторый граничный угол, что обозначает фактическую границу мульды сдвижения, градус. Исследованиями установлено, что для каменноугольных районов Донбасса $\delta_0 = 60^\circ$, что увеличивает дальность воздействия очистных выработок на ствол (существующие предохранительные околоствольные целики построены по граничным углам порядка 75°). Также в современных правилах охраны с учетом проведенных исследований установлены размеры предохранительных околоствольных целиков для различных условий Донбасса и впервые указаны параметры, которые характеризуют влияние на состояние стволов: старых очистных работ, разрывных тектонических нарушений и физико-механических характеристик пород околоствольного массива.

Развитие современной геомеханики в значительной степени связано с выполнением во второй половине прошлого столетия институтами УкрНИМИ, ВНИМИ, ИГД им. Скочинского, ДонУГИ, ДГУ, ИГТМ, ЛГИ, МГИ и др. большого объема экспериментальных и теоретических исследований. Процесс изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород в районах протяженных горных выработок, вопросы взаимодействия крепи и породного массива для обеспечения эксплуатационной устойчивости различных объектов многие годы широко

изучались и отражены в работах: Амусина Б. З., Виноградова В. В., Глушко В. Т., Дрибана В. А., Зорина А. Н., Либермана Ю. М., Линькова А. М., Протосени А. Г., Руппенейта К. В., Ставрогина А. Н., Тарасова Б. Г., Фисенко Г. Л. и др. [1].

Важную роль в развитии исследований проявления горного давления в вертикальных стволах и околоствольных выработках играют комплексные работы института ВНИМИ, проводившиеся под руководством Крупенникова Г. А. и Козела А. М. В них важную роль играли натурные исследования. Методика проведения исследований включала измерения нагрузок на крепь с помощью разработанной динамометрической крепи, перемещений и деформаций пород и крепи, лабораторные и аналитические исследования. Ряд шахтных исследований выполнено за рубежом. В частности, были проведены измерения деформаций пород и усилий в крепи стволов с помощью ориентированных датчиков давления, а также проведено сравнение результатов с рядом теоретических моделей. Основные выводы оказались аналогичными полученным ранее ВНИМИ.

Практика строительства шахтных стволов, их охраны и поддержания требовала научного обоснования принимаемых решений по данным вопросам. Они своевременно решались научными организациями. Работы по геомеханике в первую очередь ВНИОМШС, ВНИМИ и УкрНИМИ, в том числе шахтные экспериментальные исследования в вертикальных стволах, создавали условия для качественно новых подходов к проектированию стволов и околоствольных выработок. На их основе были разработаны методы геомеханического прогноза [7], выбора и расчета крепи. В них реализованы данные об экспериментально полученных и статистически обобщенных нагрузках на крепь в обычных горно-геологических условиях, новый подход к оценке устойчивости пород в стволе по относительному развитию зон неупругого деформирования и разрушению пород с сохранением существенной доли их несущей способности. Рассмотрены концепции деформирования крепи в условиях деформирующегося массива под влиянием очистных выработок. В результате проведения комплексных теоретических, экспериментальных и лабораторных работ по изучению проявления горного давления в вертикальных

стволах, значительную часть которых составляют непосредственные замеры нагрузок на крепь при различных условиях поддержания, выделены основные режимы взаимодействия крепи с массивом.

При всем этом основными используемыми данными являются [7] расчётная глубина $H_p = k H$ и расчётное сопротивление пород массива сжатию $R = k_c k_w R_c$, где k – коэффициент концентрации напряжений; H – фактическая глубина, м; k_c – коэффициент, учитывающий дополнительную нарушенность массива пород (структурного ослабления); k_w – коэффициент разупрочнения пород под влиянием воды; R_c – сопротивление образцов пород одноосному сжатию, МПа. Вертикальное напряжение в горном массиве σ_z , МПа определяется по формуле $\sigma_z = \gamma H$, где γ – объёмный вес пород, МН/м³.

В зоне влияния очистной выработки учитывается коэффициент концентрации напряжений k_σ : $\sigma_z = k_\sigma \gamma H$.

Еще в середине прошлого столетия для учета влияния сопряжения при определении устойчивости стенок ствола был предложен локальный коэффициент концентрации напряжений β . Коэффициент принимался равным трем на протяженных участках ствола и равным шести на сопряжении. Вблизи сопряжения на протяжении 20 м: $\beta = 6 - 0,15 Z_c$, где Z_c – расстояние от сопряжения. Позже по исследованиям ВНИМИ оптическими методами на объемных моделях А. И. Сурковым и др. получены примерно такие же результаты. Установлено, что коэффициент напряжений σ_y в районе проемов сопряжения ствола с горизонтальной выработкой почти в два раза больше сравнительно с точкой контура удаленного от сопряжения на расстояние равное примерно трем диаметрам ствола.

Ценные указания (которые в принципе актуальны и в наше время) по определению параметров и конструкций крепи вертикальных шахтных стволов и их сопряжений были разработаны в [8]: «Сопряжения ствола с выработками, как правило, следует располагать в устойчивых породах; необходимо избегать размещения сопряжений в зонах тектонических нарушений. Сопрягающиеся со стволом выработки следует преимущественно ориентировать в крест простирания слоистости или трещиноватости

пород и принимать сводчатой циркульной формы с вертикальными стенами. При выборе конструкций крепи сопряжения необходимо учитывать последовательность проходки ствола. Повышенные нагрузки в рассматриваемых условиях испытывают участки слабых глинистых пород, склонных к пластическому выдавливанию». В этом же документе по степени нагруженности и особенностям напряженно-деформированного состояния крепи в районе сопряжения ствола было выделено четыре зоны: I и II – протяженные 20 м участки ствола выше и ниже узла сопряжения; III зона – узел между проемами сопряжения; IV зона – часть прилегающих выработок околоствольного двора. Описание по зонам характера смещений крепи имеет следующий вид: «Разрушение крепи сопряжений происходит во всех четырех зонах. Деформирование крепи в I и II зонах наблюдается в виде трещин, заколов и отслоений бетона. Разрушенные участки ориентируются, в основном, вдоль оси ствола. В III зоне чаще всего происходит отслоение бетона. Кровля IV зоны сопряжения деформируется в меньшей степени». При расчетах в районе III зоны сопряжения коэффициент концентрации сжимающих напряжений рекомендуется принимать равный двум.

Необходимо отметить, что подобный принцип, основывающийся на выборе параметров крепи, при котором нагрузки на крепь вычисляются умножением соответствующих значений, полученных для протяженной части ствола, на некоторый коэффициент, больший 1, заложен и в современном нормативно-методическом документе [7]. Практика показывает, с увеличением глубины способ для большинства условий не обеспечивает устойчивость сопряжений. Следовательно, нужны другие подходы.

В. А. Дрибаном [1] разработан энергетический подход к определению параметров крепи шахтных стволов. Он заключается в учёте изменения и диссипации упругой энергии околоствольного массива в процессе деформирования зоны неупругих деформаций при проходке ствола до, и после установки крепи. Жесткая крепь после набора прочности рассматривается как приёмник энергии в системе крепь – массив. Получено уравнение для расчёта крепи, в котором увязаны прочностные и деформаци-

онные характеристики пород и крепи, радиус ствола, величина отставания крепи от забоя. Достоинством разработанного подхода является то, что он основывается на конкретных показателях (физико-механические свойства пород, горно-геологические и горнотехнические факторы). При этом влияние на ствол его сопряжений опять учитывается за счёт увеличения фактической глубины ствола на соответствующие коэффициенты концентрации напряжений.

Практика показывает, что устойчивость сопряжений стволов напрямую зависит от решения практических вопросов по расположению, охране и поддержанию не только стволов, но и околоствольных выработок. Это требует знания закономерностей и особенностей геомеханического состояния околоствольного массива пород при проведении и поддержании выработок (включая ствол), проявлений в них горного давления и взаимодействия их крепи с окружающими породами. Проходка выработок вызывает нарушение напряженного состояния массива пород, существовавшего до их проведения. Это выражается в проявлениях горного давления, наблюдаемых в выработках: смещениях окружающих пород внутрь выработок (в частности на сопряжениях стволов); нарушениях целостности пород (трещины, заколы, вывалы); нагрузках на крепь, её деформациях.

Необходимо отметить, что все выше сказанное касалось сопряжений в основном только как составной части стволов в целом. И это было достаточно для устойчивой эксплуатации стволов до увеличения глубины разработки. В современных условиях оказывается, что существующие предохранительные целики не спасают полностью от влияния очистных работ. Глубокий вертикальный ствол, как правило, многократно оконтуренный очистными работами (причем по нескольким пластам) находится в краевых частях мульд сдвижения. При этом узлы сопряжений, традиционно приуроченные к разрабатываемым пластам, попадают в область наложения зон опорного давления (исследования показывают, что коэффициент концентрации напряжений в массиве горных пород при этом может возрасти в несколько раз [1]). Дополнительным влияющим фактором на состояние сопряжений, как было уже сказано выше, может служить проведение и пере-

крепление выработок околоствольного двора. Традиционные способы охраны и поддержания стволов во многих случаях оказываются неэффективными, особенно на участках сопряжений стволов, на которых в основном и происходят повреждения крепи. Как показали долговременные наблюдения и массовые обследования состояния более 200 глубоких вертикальных стволов Донбасса, проведенные УкрНИМИ, более половины из них имеют, или имели нарушения крепи или армировки различной степени тяжести. Причем около 70 - 80 % повреждений приходится на наиболее чувствительные участки – районы сопряжений стволов с примыкающими к ним выработками. В таблице 1 приведены данные по некоторым результатам обследования состояния глубоких вертикальных стволов по характерным объединениям Донбасса.

Таблица 1

Результаты обследования состояния глубоких стволов Донбасса

Объединение	Обследование стволов				
	Всего	Из них нарушено	Процент случаев нарушений	В т. ч. нарушенных в районах сопряжений	Процент случаев нарушений в районах сопряжений
Донецкуголь	56	29	52	15	52
Макеевуголь	11	8	73	8	100
Советскуголь	5	2	40	2	100
Красноармейскуголь	16	11	69	9	82
Дзержинскуголь	14	11	79	11	100
Артемуголь	26	18	69	17	94
Итого:	128	79	62	62	78

Таким образом, для обеспечения безремонтной сохранности современных глубоких стволов, в первую очередь, необходимо решение вопроса устойчивости их сопряжений, что должно послужить основой для корректировки и уточнения, действующих

нормативних документів [2, 7] в частині охорони і підтримки стволів.

Еще одним показателем актуальності вищесказанного слугують, що застосовуються в даний час способи охорони і підтримки повітряподаючого ствола ВВПС № 2 і вентиляційного ствола ВВС № 3 АП "Шахта ім. А. Ф. Засядько", розташованих на відстані 150 м один від одного (рис. 1).

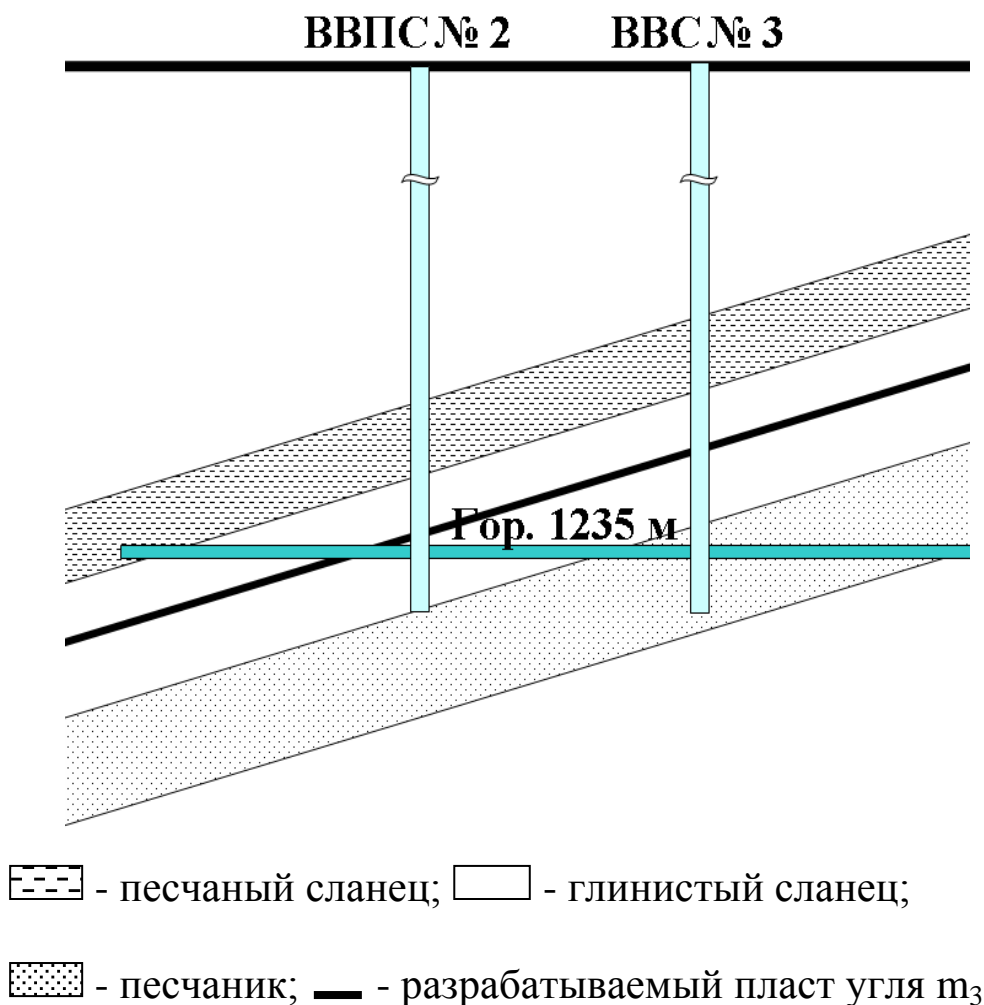


Рис. 1. Вертикальний розріз в районі околовствольного двору горизонту 1235 м (Гор. 1235 м) ВВПС № 2 і ВВС № 3 АП "Шахта ім. А. Ф. Засядько"

Стволи «близнець», пройдені порівняно недавно (після 2000 г.), способи проходки однакові, кріплення ідентичне (в

соответствии с [7]) и в целом протяженные части находятся в удовлетворительном состоянии, охраняются совместным предохранительным целиком согласно [2], сбиты с общим основным горизонтом 1235 м.

Вместе с тем район сопряжения с горизонтом 1235 м неоднократно имел значительные повреждения крепи и армировки и многократно перекреплялся, а район сопряжения с горизонтом 1235 м ВВС № 3 с момента проходки находится в удовлетворительном состоянии. Отсюда следует, что применяемые для обоих стволов в принципе одинаковые способы охраны и поддержания согласно существующим нормативным документам [2, 7] оказались достаточными для ВВС № 3 и не достаточными для сопряжения ВВПС № 2.

Исследованиями было установлено, что при разработке мер не было учтено влияние ряда горно-геологических, геомеханических и горнотехнических факторов, которые играют важную роль для устойчивости именно сопряжений на таких глубинах. А именно: рациональный выбор места расположения сопряжения ствола при проектировании относительно вмещающих пород; применение мероприятий по управлению НДС околоствольного массива горных пород в районе сопряжений; рациональный выбор параметров крепи и конструктивных мер защиты сопряжений; регламент проведения и перекрепления околоствольных выработок (в том числе ствола и его рассечек под сопряжения), сводящий к минимуму их взаимовлияние.

Практически, например, можно было бы место расположения ВВПС № 2 запроектировать таким образом, чтобы вмещающие породы на его сопряжении, были идентичны породам на сопряжение ВВС № 3, расположенного в крепком песчанике (см. рис. 1). Таки простым образом, была бы обеспечена долговременная безремонтная эксплуатация сопряжения, а соответственно ствола, т. е. сохранены десятки миллионов гривен, которые уже потрачены на этом объекте.

Подводя черту анализу развития способов охраны стволов можно констатировать, что некоторые вопросы устойчивости их сопряжений на настоящий момент требуют дополнительных ис-

следований в современных условиях глубоких разработок угольных месторождений. К ним следует отнести следующие вопросы:

- влияние очистных работ на состояние сопряжений;
- комплексное влияние на состояние сопряжений таких факторов, как: показателя геомеханического состояния пород в районе сопряжения, степени изрезанности массива горных пород околоствольными выработками, структуры породного массива, вида крепи;
- нет достаточной дифференциации оценки состояния сопряжений по зонам;
- существующие закономерности деформирования околоствольного массива не учитывают современных условий поддержания сопряжений глубоких горизонтов при неустойчивых окружающих породах;
- недостаточно отражены закономерности взаимовлияния выработок в районе сопряжения при их проведении и перекреплении.

Т.е. нужен комплекс мер для охраны и поддержания одновременно стволов и их сопряжений, включающий: построение предохранительных целиков с возможной корректировкой их для сопряжений; мероприятия по управлению напряженно-деформированным состоянием околоствольного массива горных пород в районе сопряжений; оптимальный выбор параметров крепи, расположения при проходке, конструктивных мер защиты сопряжений.

ВЫВОДЫ

До перехода разработок угля на большие глубины достигнутый уровень знаний обеспечивал решение возникших в свое время практических задач по охране и поддержанию стволов.

В настоящее время существенно ухудшились условия охраны и поддержания стволов, особенно на сопряжениях глубоких горизонтов. Во-первых, существующие предохранительные целики под вертикальные стволы полностью не исключают влияние очистных работ на сопряжения, а увеличение целиков не рационально и не эффективно. Во-вторых, с переходом пород, вмеща-

ющих сопряжения, в предельное состояние изменился характер взаимодействия пород с крепью, меняются параметры взаимовлияния околоствольных выработок (включая ствол) на глубоких горизонтах.

Традиционные способы охраны и поддержания стволов во многих случаях оказываются неэффективными, особенно на участках сопряжений стволов, на которых в основном и происходят повреждения крепи.

Вышеуказанные обстоятельства на основе исследований закономерностей деформирования околоствольного массива требуют разработки комплекса мер для охраны и поддержания одновременно стволов и отдельно для их сопряжений с учетом изменившихся условий. Это касается: рационального выбора места расположения ствола и его сопряжения при проектировании; мероприятий по управлению НДС околоствольного массива горных пород в районах сопряжений; рационального выбора параметров крепи и конструктивных мер защиты сопряжений; регламента проведения и перекрепления околоствольных выработок (в том числе ствола и его рассечек под сопряжения), сводящего к минимуму их взаимовлияние.

Указанные особенности по обеспечению устойчивости сопряжений стволов на глубоких горизонтах должны дополнить и уточнить, действующие в настоящее время нормативные документы [2, 7] в части охраны и поддержания стволов.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Дрибан В. А. Геомеханика управления устойчивостью околоствольного массива горных пород глубоких угольных шахт: дис. на соискание ученой степени д-ра. техн. наук : спец. 05.15.09 "Механика грунтов и горных пород" / В. А. Дрибан. – Днепропетровск, 2004. – 321 с.
2. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.00159226.001-2003. – [Затв. Мінпаливенерго України 28.11.2003]. – К., 2004. – 128 с.

3. Кулибаба С. Б. Маркшейдерское обеспечение охраны вертикальных стволов угольных шахт Донбасса: дис. на соискание ученой степени д-ра. техн. наук : 05.15.01 "Маркшейдерия"/ С. Б. Кулибаба. – Донецк, 2004. – 318 с.
4. Крупенников Г. А. О причинах нарушений крепи вертикальных стволов шахт Донбасса / Г. А.Крупенников, И. Л. Давыдович // Уголь. – 1957. – № 3. – С. 18 – 25.
5. Акимов А. Г. Защита вертикальных стволов шахт от влияния очистных работ / А. Г. Акимов, А. М. Козел. – М. : Недра, 1969. – 179 с.
6. Козел А. М. Геомеханические вопросы проектирования и поддержания шахтных стволов. Книга 1. Условия поддержания, состояние, виды и причины деформаций вертикальных стволов / А. М. Козел. – Санкт-Петербург : Недра, 2001. – 216 с.
7. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. Методические указания: РД 12.01.01.201 – 98 – [Утв. Минуглепромом Украины 25.06.98]. – Донецк: УкрНИМИ, 1998. – 149 с.
8. Указания по определению параметров и конструкций крепи вертикальных шахтных стволов и приствольных камер на больших глубинах в горногеологических условиях Центрального и Стаханово-Первомайского районов Донбасса. – Л. : Печ. цех ВНИМИ, 1981. – 72 с.