

С. В. БОРЩЕВСКИЙ, К. Н. ЛАБИНСКИЙ, С. Ю. ГАЛЕЧКО (Донецкий национальный технический университет)

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ГИДРОСТОЙКОСТИ БЕТОННОЙ КРЕПИ

Розглянуті основні напрямки щодо підвищення міцностних та гідростійких властивостей бетонного кріплення, що сприяє організації водопритоків при розробці ресурсозберігаючих технологій проходки вертикальних стволів шахт. Розглянуті питання щодо підвищення гідроізоляційних властивостей бетонного кріплення.

Рассмотрены основные направления по повышению прочностных и гидростойких свойств бетонной крепи, способствующих организации водопритоков при разработке ресурсосберегающих технологий проходки вертикальных стволов шахт. Рассмотрены вопросы повышения гидроизоляционных свойств бетонной крепи стволов.

The basic ways on increase durability and hydroproof properties concrete fastening, promoting organization waterleaks are considered at shaft vertical sinking of mines by development resources-protect technologies of shaft sinking. The questions of increase of waterproofing properties concrete of shafts are considered. The results of laboratory researches are submitted and the directions of perfection of technology shaft sinking in conditions raised water flows are offered.

При проходке вертикальных стволов шахт в условиях повышенных водопритоков приходится сталкиваться с решением ряда сложных технических и технологических задач. Решение этих задач необходимо выполнять уже на этапе составления проектов производства работ до начала самой проходки. При этом существует несколько направлений такого решения: тампонаж горных пород с поверхности по периметру будущего ствола в соответствии с данными геологоразведки; тампонаж из забоя ствола при подходе к водоносным горизонтам и организация водопритоков. Первые два направления широко применяются в шахтопроходческой практике, а организации водопритоков уделяется очень мало внимания, но в этом кроются большие резервы и перспективы. Одним из элементов является создание высокопрочной гидравлически стойкой монолитной крепи вертикального ствола, в которой учтены «узкие места», а именно стыковка старого бетона с новым при выполнении работ по возведению монолитной бетонной крепи стволов.

Вертикальные стволы, отнесены к первому классу горных выработок по важности [1], так как их отказ в работе приводит к остановке работы всей шахты. Поэтому эксплуатационная надежность стволов должна быть высокой, а принимаемые конструктивно технические решения по креплению и управлению горным давлением должны обеспечить безремонтную их эксплуатацию.

На наш взгляд, будущее, что подтверждается и зарубежным опытом (ЮАР), за стволами больших диаметров (8...10 м), когда стволы при наличии перемычек могут быть одновременно и вентиляционными и воздухоподающими. При сооружении подобных стволов имеется ряд специфических проблем и особенностей, которые уже проявились на шахте «Красноармейская-Западная № 1» и имени А. Ф. Засядько.

Под влиянием воды понижаются прочностные и повышаются реологические свойства приконтурных пород, к примеру, представленных на ВПС № 2 ш. А. Ф. Засядько в основном аргиллитами и песчаниками, подверженными размоканию. Согласно геологическим характеристикам, на ВПС № 2 происходит снижение прочности песчаников за счет водонасыщения в 2,5...3,0 раза (63,0...20,0 МПа), что соответствует снижению крепости пород забоя по шкале Протодьяконова с 6 до 2 и влечет за собой значительные объемы вывалообразования, а при малых водопритоках на ВВС № 2 реологическая прочность песчаников достаточно высока и колеблется в пределах 65...95 МПа, т.е. стенки ствола устойчивые, вывалообразование минимальное. Наряду с усиленным вывалообразованием на ВПС № 2 ввиду слабых размокших пород, устойчивость стен ствола с увеличением диаметра уменьшается из-за того, что большой диаметр создает большие плоскости обнажения. При этом забой, представляющий собой в плане многоугольник, на малых диаметрах имеет меньшую длину граней, которые более аппроксимированы к кругу, и, следовательно, стенки ствола более устойчивы.

Обильные водопритоки на ВПС № 2 не просто осложняли организацию работ, но исходя из того, что сооружение ствола приводит к изменению водообмена в водоносных горизонтах, вызванного дренирующим влиянием формирующейся полости ствола, провоцируется развитие в продуктивной толще новых областей гидроразгрузки зон водопонижения, в результате чего водоприток в ствол интенсифицируется, прочность пород и, особенно, устойчивость обнаженных стен забоя ствола падают, а это, в свою очередь, приводит к вывалам и удлинению во времени II фазы уборки породы, когда разлагающиеся песчаники размягчаются до «тестообразного» состояния. По данным ГОАО «Трест Донецкшахтопроходка» [2] влияние водопритоков более 15 м³/час на скорость проходки составляет 15...20 %. Вопросы разработки ресурсосберегающих технологий проходки вертикальных стволов в условиях повышенных водопритоков неразрывно связаны с решением ряда сложных технических и технологических задач уже на этапе составления проектов производства работ, до начала самой проходки. При этом существует несколько направлений такого решения: тампонаж горных пород с поверхности по периметру будущего ствола в соответствии с данными геологоразведки; тампонаж из забоя ствола при подходе к водоносным горизонтам и организация водопритоков как в приконтурном массиве, так и по стволу. К сожалению, в этом вопросе еще нет единого мнения. В последние годы нашими учеными и практиками совместно с ПО «Спецтампонажгеология» отработана технология комплексного метода тампонажа пород с целью охраны стволов [3], в которой гидроизоляция водоносных горизонтов осуществляется с поверхности через наклонно-направленные скважины. Создано новое научное направление по физико-механике тампонируемых трещиноватых, пористых и нарушенных пород (Кипко Э. Я., Полозов Ю. А., Фотиева Н. Н., Должиков П. Н., Трупаков Н. Г. и др.). Первые два направления широко применяются в шахтопроходческой практике, а организации водопритоков уделяется очень мало внимания, а ведь в этом кроются большие резервы и перспективы. Одним из элементов является создание высокопрочной гидравлически стойкой монолитной крепи вертикального ствола, в которой учтены «узкие места», а именно:

– стыковка старого бетона с новым при выполнении работ по возведению монолитной бетонной крепи стволов;

– увеличение гидростойкости бетонной крепи в процессе изготовления бетона при помощи всевозможных химических добавок;

– обеспечение водонепроницаемости, защиты и улучшения свойств бетонной крепи после набора бетоном проектной прочности за счет обмазочной гидроизоляции;

– создания системы «породный массив-гидроизоляция-крепь» за счет обмазочной или торкрет-бетонной изоляции обнаженного породного массива и добавок в бетон в процессе его изготовления и укладки за опалубку.

Этим направлениям и посвящены наши разработки.

Прежде всего, необходимо уточнить, что понимать под определением «высокопрочный и гидростойкий бетон». Создание высокопрочного бетона осуществляется в основном за счет повышения активности цемента и применения более совершенной технологии изготовления бетона. При этом совершенно не учитываются реологические свойства компонентов, входящих в состав бетонной смеси на прочностные характеристики бетона [1]. Так, немецкий исследователь А. Хуммель предлагал считать высокопрочным бетон прочностью в 70 МПа и выше [2]. С. А. Миронов считал высокопрочными бетоны марок 300...500 [3]; А. Е. Десов, В. М. Москвин и Б. Г. Скрамтаев предлагали считать бетоны высокопрочными, если предел их прочности при сжатии выше 60 МПа и, кроме того, другие показатели (прочность при растяжении, морозостойкость) должны быть, по их мнению, также соответственно высоки [4]. Международная комиссия по высокопрочному бетону предлагает считать высокопрочными бетоны прочностью выше 100 МПа. Можно было бы продолжить подобные примеры, однако разница будет только в предлагаемой цифре – марке бетона, определяющей понятие «высокопрочный». Таким образом, несмотря на различие в величине прочности бетона, все эти предложения объединяет одно: в качестве определяющего фактора принимается лишь показатель марочной прочности бетона.

По нашему мнению, это не совсем верно, так как количественные характеристики прочности не учитывают целого ряда особенностей высокопрочных бетонов, качественно отличающих их от обычных. Поэтому, несмотря на одинаковую прочность, следует отдать предпочтение бетону более плотному, и, следовательно, более морозостойкому, водонепроницаемому и долговечному. Однако следует учитывать тот факт, что приготовить и уложить такой бетон труднее.

Связывать понятие о высокопрочном гидростойком бетоне с конкретными показателями его прочности без учета марки исходного цемента и технологии приготовления бетона принципиально неверно, так как при этом искажается сам смысл термина «высокопрочный бетон». В это понятие, по нашему мнению, следует вкладывать физический смысл, а не регламентировать его цифровыми различиями. Высокопрочные бетоны следует рассматривать так же как и «высокоплотные».

Работа проводилась в направлении установления доли вклада химических добавок и цементосодержащих гидростойких расширяющихся смесей для гидроизоляции тела бетонной крепи вертикальных стволов и стыков бетонной крепи по методике Донецкого Промстройинипроекта [7]. Для этого выполнялось сравнительное испытание стандартных бетонных образцов, полученных во время возведения монолитной бетонной крепи скипового ствола ш. «Красноармейская-Западная № 1» на поверхности путем отбора в приствольном БРУ и после прохода бетонной смеси по бетонопроводу непосредственно в забое ствола. Прочность контрольных бетонных образцов на сжатие определялась на образцах размером 10х10х10 см по ГОСТ 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». Испытания проводились на прессе П-125 в стройлаборатории кафедры «Строительство шахт и подземных сооружений» Донецкого национального технического университета. В продолжение ранее проведенных исследований по влиянию реологических характеристик заполнителей бетона [4], выполнялись сравнительные испытания образцов обычного тяжелого бетона, образцов этого же бетона с нанесением на их поверхность гидроизоляционного состава «SLURRY» и образцов бетона с введением в его состав добавки «SLURRY ADMIX» СПД – ФЛ Али Фарадж, а также сухой цементной смеси «Пенетрон» [8] для выяснения влияния этих смесей на повышение гидростойкости бетона.

Для сравнительных испытаний перечисленных бетонов приготавливались бетонные смеси. Компонентами бетонных смесей являлись портландцемент марки М400 производства ОАО Краматорского цементно-шиферного комбината «ПУШКА», щебень гранитный фракции 5...20 мм Караньского карьера, песок кварцевый Краснолиманского месторождения, материал химической обработки для обеспечения водонепроницаемости, защиты и улучшения свойств бетонов

добавкой «SLURRY ADMIX» в количестве 1,5% от массы цемента.

Расход компонентов в кг на 1 м³ бетона составлял: 1) портландцемент М400 – 450 кг; 2) щебень гранитный фракции 5...20 мм – 1220 кг; 3) песок Краснолиманский – 580 кг; 4) вода – 200 л; 5) Добавка «SLURRY ADMIX» – 7 кг.

Такой же расход компонентов, но без добавки имел контрольный состав бетона и состав для нанесения на поверхность состава «SLURRY». Нанесение этого состава на поверхность бетонных образцов производилось в соответствии с «Инструкцией по применению гидроизоляционного состава «SLURRY». Этот состав применялся в виде жидкого водного раствора, включающего 3 части сухого состава «SLURRY» на 2 части воды. Бетонная поверхность образцов перед нанесением состава увлажнялась. Добавка «SLURRY ADMIX» применялась в соответствии с «Инструкцией по применению добавки «SLURRY ADMIX». Эта добавка замешивалась в бетонную смесь в количестве 1,5 % от массы цемента, необходимого на замес.

Расчетное количество сухой добавки «SLURRY ADMIX» перемешивалось с песком, щебнем и частью воды затворения, затем в смесь добавлялись цемент и остальное количество воды и снова составляющие тщательно перемешивались.

Из приготовленных бетонных смесей изготавливались стандартные образцы для изучения следующих показателей бетонов: прочности на сжатие и водонепроницаемости.

Все образцы подвергались пропариванию в лабораторной пропарочной камере по режиму 4+4+8+3 при температуре изотермического прогрева + 85 °С.

Для приведения прочности бетона в образцах размером 10×10×10 см к прочности бетона в образцах базового размера применялся коэффициент 0,95.

Результаты испытаний образцов бетона на прочность при сжатии приведены в табл. 1.

Лабораторные испытания бетонных образцов на водонепроницаемость производились 2 способами: а) ускоренным методом в соответствии с ГОСТ 12730.5-84 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости» с использованием фильтратометра ФМ-3 по методике, изложенной в «Руководстве по эксплуатации фильтратометра ФМ-3 и методу определения водонепроницаемости бетона», г. Донецк, 1985 год. и б) с использованием лабораторной установки, разработанной на кафедре «Строительство шахт и подземных сооружений» Донецкого национального технического университета (рис.1).

Результаты испытаний образцов бетона на прочность

Вид бетона	№ п/п	Размеры образцов, см	Масса образцов, г	Плотность, кг/м ³		Разрушающая нагрузка, Н	Предел прочности на сжатие, МПа	
				ед.	среднее		един.	среднее
Обычный тяжелый	1	10×10×10	2419	2420	2422	371250	34,32	34,68
	2	10×10,1×10	2446	2422		368750	34,68	
	3	10×10×10,1	2449	2425		372500	34,43	
Обычный тяжелый с поверхностью, покрытой «SLURRY»	1	9,9×10×10	2426	2450	2437	385000	36,94	37,86
	2	10×10,1×10	2456	2432		402500	38,62	
	3	10×10,1×10,1	2479	2430		396250	38,02	
Обычный тяжелый с добавкой «SLURRY ADMIX»	1	10×9,9×10,1	2427	2427	2431	417000	39,96	39,81
	2	10×10,1×10	2454	2430		409750	39,27	
	3	10×10,1×10,1	2484	2435		426500	40,21	
Обычный тяжелый с поверхностью, покрытой «Пенетрон»	1	10×10×10	2420	2420	2422	375000	35,94	36,59
	2	10×10,1×10	2446	2422		382500	36,76	
	3	10×10×10,1	2449	2425		386250	37,07	
Обычный тяжелый с добавкой «Пенетрон»	1	9,9×10×10	2416	2440	2434	395000	37,95	38,98
	2	10×10,1×10	2456	2432		406750	38,98	
	3	10×10,1×10,1	2479	2430		417500	40,01	

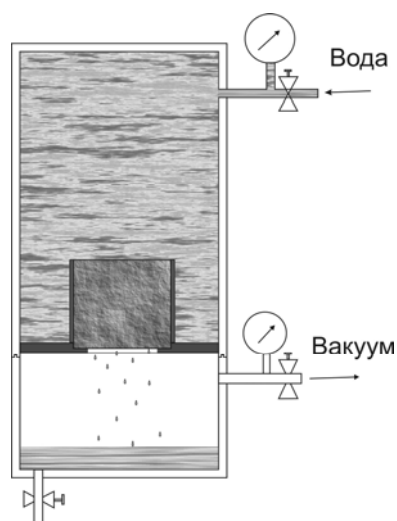


Рис. 1. Принципиальная схема лабораторной установки

В первом случае, фильтратометр устанавливали на нижнюю (при формовании) поверхность образца и закрепляли. Затем поднимали давление воды в камере фильтратометра до 10 МПа вращением ручки насоса и оценивали скорость падения давления. При медленном

падении давления отмечали положение ручки насоса, а время соответствующее этому моменту принимали за начало испытания.

Ручкой насоса делали шесть полных оборотов, поддерживая давление в пределах (10±5) МПа и испытания прекращали. Это время принимали за окончание испытания.

По числу оборотов определяли вес воды, поглощенной бетоном, из расчета, что один полный оборот ручки насоса равен $9,63 \times 10^{-3}$ Н, а так же измеряли диаметр D затемненного круга.

Коэффициент фильтрации бетона K_{ϕ} (см/с) определяли по формуле:

$$K_{\phi} = \left(\mu \cdot \delta^2 / 240 \cdot \tau \cdot P \right)^{1,31},$$

где μ – коэффициент водопоглощения, Н/см³; δ – путь фильтрации, равный $D/2$, см; τ – время испытания образцов, см; P – избыточное давление в фильтратометре, МПа.

Коэффициент водопоглощения M определяли по формуле:

$$M = \frac{Q}{1,08 \cdot V},$$

где Q – вес воды поглощенной бетоном, Н; V – объем бетона, насыщенного водой.

$$V = \pi \cdot D^3 / 12,$$

Среднее значение коэффициента фильтрации бетона определяли по данным шести испытаний.

Во втором случае для испытания также использовался бетонный кубик размером $100 \times 100 \times 100$ мм, приготовленный из бетона, предназначенного для возведения монолитной бетонной крепи скипового ствола шахты «Красноармейская-Западная №1». Стенки образца покрывались небольшим слоем аэрозольной краски, во избежание проникновения воды

с боковых сторон. Верхняя же часть образца оставалась непокрытой краской, для возможности проникновения воды в поры образца. Нижние кромки бетонного образца, которые в последствии будут контактировать с днищем установки, покрывали слоем силикона, во избежание проникновения воды между образцом и днищем в приемный лоток. Затем к лабораторной установке с помощью гибких шлангов под давлением 4 атм. нагнетали воздух в верхнюю камеру и создавали вакуум в 2 атм. в нижнем приемном лотке. В течение 6 часов с интервалом в 30 мин производились замеры количества воды, прошедшей через образец в нижний приемный лоток. Результаты испытаний на водонепроницаемость приведены в таблице 2. Результаты обрабатывались статистическими методами и анализировались.

Таблица 2

Результаты испытаний образцов бетона на водонепроницаемость

Вид бетона	№ образцов	Коэффициент фильтрации бетона, см/с	Среднее значение	Марка бетона по водонепроницаемости	Среднее значение
Обычный тяжелый	1	$2,34 \times 10^{-9}$	$1,74 \times 10^{-9}$	W4	W6
	2	$1,38 \times 10^{-9}$		W6	
	3	$1,44 \times 10^{-9}$		W6	
	4	$2,1 \times 10^{-9}$		W4	
	5	$1,24 \times 10^{-9}$		W6	
	6	$1,9 \times 10^{-9}$		W6	
Обычный тяжелый с поверхностью, покрытой «SLURRY»	1	$0,42 \times 10^{-11}$	$0,52 \times 10^{-11}$	W20	W20
	2	$0,34 \times 10^{-11}$		W20	
	3	$1,07 \times 10^{-11}$		W16	
	4	$0,41 \times 10^{-11}$		W20	
	5	$0,36 \times 10^{-11}$		W20	
	6	$0,47 \times 10^{-11}$		W20	
Обычный тяжелый с добавкой «SLURRY ADMIX»	1	$3,17 \times 10^{-11}$	$2,17 \times 10^{-11}$	W16	W16
	2	$1,56 \times 10^{-11}$		W12	
	3	$3,22 \times 10^{-11}$		W16	
	4	$2,17 \times 10^{-11}$		W16	
	5	$1,14 \times 10^{-11}$		W12	
	6	$1,77 \times 10^{-11}$		W16	
Обычный тяжелый с поверхностью, покрытой «Пенетрон»	1	$2,97 \times 10^{-11}$	$2,05 \times 10^{-11}$	W16	W16
	2	$1,56 \times 10^{-11}$		W12	
	3	$2,89 \times 10^{-11}$		W16	
	4	$2,07 \times 10^{-11}$		W16	
	5	$1,24 \times 10^{-11}$		W18	
	6	$1,67 \times 10^{-11}$		W16	
Обычный тяжелый с добавкой «Пенетрон»	1	$0,40 \times 10^{-11}$	$0,51 \times 10^{-11}$	W20	W20
	2	$0,36 \times 10^{-11}$		W20	
	3	$1,08 \times 10^{-11}$		W18	
	4	$0,38 \times 10^{-11}$		W20	
	5	$0,36 \times 10^{-11}$		W20	
	6	$0,47 \times 10^{-11}$		W20	

Таким образом, в результате испытаний установлено, что применение состава «SLURRY» для нанесения его на поверхность бетона увеличивает прочность последнего на 9,17 %, водонепроницаемость увеличилась с марки W6 до марки W20.

Бетон с добавкой «SLURRY ADMIX» по сравнению с бетоном без добавки увеличил прочность на 14,79 %, водонепроницаемость бетона увеличилась с марки W6 до марки W16.

Из табл. 1, 2 следует, что покрытие поверхности бетона составом «Пенетрон» увеличивает его прочность при сжатии на 5,51 %, водонепроницаемость бетона увеличилась с марки W6 до марки W16. Бетон же с добавкой «Пенетрон» увеличивает его прочность на 12,39 % по сравнению с прочностью бетонов, где эти добавки не применяются, водонепроницаемость увеличилась с марки W6 до марки W20.

Следовательно, «Пенетрон», состоящий из портландцемента, очень тонко измельченного кремниевое песка и различных активных химических добавок, является уникальным материалом химической обработки для обеспечения водонепроницаемости, защиты и улучшения свойств бетона вертикального ствола. Эти активные добавки вступают в реакцию с влагой в только что приготовленном бетоне с побочными продуктами гидратации цемента, вызывая каталитическую реакцию, в результате которой создается нерастворимая кристаллическая структура в порах и капиллярных каналах бетона и вмещающих ствол породах. «Пенетрон» становится составной частью бетона, формируя с ним единое целое. Гидроизоляционная и защитная система «Пенетрон» на 100 процентов совместима с бетоном, а кристаллические новообразования «Пенетрона» блокируют проникновение воды. Таким образом, бетон становится герметичным от проникновения воды или жидкостей с любой стороны. Бетон также защищается от коррозии при воздействии окружающей среды.

Для герметизации стыков старого и нового бетона возможно применение «Пенекрита» [8] – цементной водостойкой укрепляющей строительной сухой смеси, применяемой для гидроизоляции стыков и примыканий, швов и трещин, имеющих в бетонных конструкциях. Она состоит из портландцемента, специально обработанного кварцевого песка и набора активных химических элементов. «Пенекрит» является вспомогательным, безусадочным, шовным материалом, однако о применении его в шахтном и подземном строи-

тельстве можно говорить только после лабораторной стендовой и шахтной экспериментальной проверки.

Самокритично отметим: пока ещё разнообразие условий строительства стволов не позволило создать универсальный метод изоляции обводненных пород с различными фильтрационными свойствами и надежно защищающий ствол, который бы базировался на единых технологических особенностях и в этом плане нашим специалистам надо много поработать. Представляется, что поиск новых технических решений по креплению стволов в обводненных породах должен ликвидировать недостатки технологии крепления при наличии водопритоков путем возведения заходок временной крепи с нагнетанием тампонажного раствора и образованием противофильтрационного ограждения перед сооружением крепи постоянной с последующим устройством закрепных гидроизоляционных завес современными материалами. Такие технологии обеспечат существенное снижение трудоемкости работ и повышение качества.

Подчеркивая важность литолого-геомеханических и горнотехнологических характеристик при сооружении стволов, укажем, что базисными здесь являются: масштабность и глубина управляющих воздействий, предопределяемых энергетической компонентой. Это прежде всего извлечение пород при проходке, привнос массы строительных материалов для создания конструкции крепи, перенос потоков воды и растворенных в ней солей за счет её фильтрации через породы и крепи, перераспределение массы пород в связи с деформационными и геофильтрационными процессами вблизи стволов. Интенсивность этих процессов, их взаимосвязь и взаимовлияние возрастает при организациях скоростных проходок – квинтэссенции принятых проектных, технологических и производственных решений.

Это достаточно убедительно прослеживается, например, на выборе видов крепления в увязке с планированием темпов проходки и представлениями о геомеханических процессах, имеющих место в породах вблизи стволов в зависимости от скорости их проведения, с выбором рациональных параметров погрузки породы, ведения БВР, типа и конструкции крепи, места заложения стволов.

Выводы

1. Вопросам организации водопритоков как в приконтурном массиве, так и по стволу при

разработке технологий проходки вертикальных стволов необходимо уделять особое внимание.

2. Сооружение стволов больших диаметров требует новых подходов к проектированию как видов крепей, так и их конструкций, совершенствования организации проходки (точный геологический прогноз, повышенная надежность оснащения, усовершенствованные методы водоподавления и водоотлива, уточненная нормативная база). Доказано, что диаметр ствола – это комплексный системный показатель, влияющий на скорость проходки с точки зрения ее организации и учета геомеханических условий.

3. Необходимо максимальное использование новых нетрадиционных материалов и технологий, позволяющих повышать механические свойства бетонной крепи, в том числе их гидроизолирующую способность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи / ВНИМИ, ВНИИОМШС Минуглепрома СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 272 с.
2. Звягильский Е. Л., Байсаров Л. В., Ильяшов М. А., Новик Е. Б., Левит В. В. Геомеханические и организационные особенности проходки стволов большого диаметра // Уголь Украины, 2003. – № 7. – С. 3–8.
3. Кипко Э. Я. Исследование и тампонаж обводненных трещиноватых горных пород через скважины, пробуренные с поверхности, при сооружении капитальных горных выработок: Автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.15.04 / ДГИ. – Днепропетровск. – 1989. – 33 с.
4. Шевцов Н. Р., Борщевский С. В., Антоневич Ю. И., Бабичев В. А., Новиков С. А. Влияние реологических характеристик заполнителей на получение сверхпрочной бетонной крепи // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Гірничо-геологічна». Випуск 72. – Донецьк, ДонНТУ, 2004. – С. 97–102.
5. Хуммель А. О технологии высокопрочного бетона / Сборник иностранных переводов, 1955. – № 2.
6. Миронов С. А., Аробелидзе Г. А. Вопросы технологии высокопрочного бетона. «Бетон и железобетон», 1955. – № 4.
7. Заключение Донецкого Промстройинипроекта о результатах определения основных сравнительных параметров гидроизоляционных составов. Договор №7/110-05 от 12.03.2005г.
8. <http://www.syrina.com>.

Поступила в редколлегию 03.04.2007.