

Рис. 5. Схема извлечения керна приемной трубы на НИС «Топаз»

шений, направленных на совершенствование ТВО с обеспечением механизации операции извлечения и монтажа колонкового набора ПБС.

На рис.5 показана схема технического решения для извлечения колонковой трубы и перемещения ее на рабочую палубу с помощью цепного захвата 1, соединенного с роликовой опорой 2, свободно перемещающейся по натянутому вдоль борта канату 3, и стропильного троса 4, связанного с грузовым канатом 5. Применение такого простейшего средства на НИС «Топаз» позволило снизить трудоемкость и время выполнения операций более чем в 2 раза.

### Библиографический список

1. **Архангельский И.В.** Морское бурение инженерно-геологических скважин. — Л.: Недра, 1980. — 263 с.
2. **Истошин С.Ю., Дробаденко В.П., Контарь Е.А.** Техника морских геологоразведочных и горно-разведочных работ. — М.: МГРИ, 1990. — 189 с.
3. **Калиниченко О.И.** Испытания гидроударного снаряда для бурения подводных скважин // Науковий вісник НГА України. — Дніпропетровськ, 2000. — Вип. 4. — С.73–75.
4. **Лукошков А.В.** Техника исследования морского дна. — Л.: Судостроение, 1984. — 264 с.
5. **Опыт отбора проб донных отложений установками с гидроударным приводом / Неудачин Г.И., Калиниченко О.И., Блинов В.И., Квашин Е.В.** // Межвузовский сборник научных трудов. Геологические исследования Океана. — М., 1991. — С. 206–213.
6. **Совершенствование технологии однорейсового бурения подводных скважин с НИС «Топаз» / Калиниченко О.И., Каракозов А.А., Русанов В.А. и др.** // «Бурение скважин в осложненных условиях». — Донецк: ДонГТУ, 1996. — С. 44–47.
7. **Фальков И.М., Тукацинский А.И.** Техника морских инженерно-геологических исследований, используемая за рубежом (набортное и погружное оборудование) // Геология и разведка морских нефтяных и газовых месторождений. Обзор/ ВНИИЭгазпром. — М., 1982. — Вып.3. — 35 с.

© Калиниченко О.И., 2003

УДК 622.273.2

Докт. техн. наук ЯРЕМБАШ И.Ф., кандидаты техн. наук ВОРХЛИК И.Г., МОРОЗ В.Д. (ДонНТУ), инж. ЯРЕМБАШ М.И. (ИФГП НАН Украины)

## О ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДКЕ КАК ГАРАНТЕ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РАЙОНЕ ЛИКВИДИРОВАННОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО СТВОЛА

Известно, что на устойчивость закладочного столба в ликвидированном вертикальном стволе большое влияние оказывает гранулометрический состав закладочного материала [1]. Закладка является не только важнейшим определяющим фактором устойчивости геомеханической системы «ликвидированный вертикальный ствол», но, что особенно важно, и одним из наиболее поддающихся учету, расчету и инженерно-техническому регулированию.

Путем подбора материала с определенными физико-механическими свойствами, оптимальным гранулометрическим составом можно добиться минимальной усадки закладки в стволе, что в итоге и при прочих благоприятных условиях обеспечит его долговременную устойчивость.

Однако наибольшая, практически стопроцентная надежность стабильности геомеханической системы «ликвидированный вертикальный ствол» достигается при использовании твердеющей закладки. Это, по сути, наиболее вероятный способ обеспечения экологической безопасности предотвращения техногенных аварий на земной поверхности в районе ликвидированных вертикальных стволов.

В то же время следует заметить, что если исследованиям сыпучей закладки посвящено значительное число научных работ, то изучению характеристик твердеющих закладочных материалов — значительно меньше. И многие важные для практики аспекты, особенно в условиях «стесненности» ствола, остаются недостаточно ясными.

Хотя хорошо известно, что твердеющая закладка по сравнению с сухой сыпучей имеет лучшие прочностные и компрессионные характеристики, а это благоприятно влияет на устойчивость с ее применением погашенного ствола. Однако хорошо известно и то, что твердеющая закладка по стоимости ее составляющих, приготовлению и технологии ведения закладочных работ значительно дороже обычной сыпучей. И это обстоятельство нередко априори становится преградой ее рассмотрения и использования при ликвидации вертикальных стволов угольных шахт.

А между тем такой подход совершенно не очевиден. Во-первых, в определенных условиях дополнительные, сверх обычных при сыпучей закладке, затраты могут и являются вполне оправданными (например, при возведении упорных сооружений на сопряжениях стволов с выработками ОД во избежание утечек закладки в их выработки), а во-вторых, есть реальные пути удешевления производства твердеющей закладки. Тем более, что для различных целей и различных участков ствола требуется закладка с разными прочностными характеристиками, а следовательно и различной стоимости.

Классическим и на практике идеальным видом твердеющей закладки является бетон на основе портландцементов. Однако он и самый дорогой. Этот вид закладки видимо следует применять только в самых ответственных местах, главным образом при возведении опорных сооружений в стволах. В других местах можно использовать и более дешевые материалы.

Одним из способов снижения стоимости закладочного материала является применение крупнокускового заполнителя и отходов металлургических заводов и электростанций. Отходы энергетической и металлургической промышленности, песок обладают практически идеальными характеристиками уплотнения пустот крупнодробленого заполнителя. При этом максимальный размер частиц крупнокускового заполнителя не должны превышать 20...45 мм и составлять 60%. Остальные 40% — мелкие фракции [2, 3]. Такое соотношение, по мнению авторов, обеспечивает максимальную плотность твердеющей закладки. А это важно.

Но не менее важно определить как при этом меняются прочностные свойства закладки с изменением содержания в ней цемента.

С этой целью проведены специальные лабораторные исследования. Были использованы смеси с различными соотношениями массы заполнителя и содержания цемента (табл. 1 и 2).

**Табл.1.** Параметры испытываемых смесей закладки

Компоненты смеси (масса в %)	Отношение общей массы заполнителя к содержанию цемента			
	6,5:1	12:1	18:1	37:1
Цемент	11	6,5	4	2
Общая масса заполнителя	72	76	78	80
Вода	17	17	17	17
Водоцементное отношение	1,5	2,6	4,2	8,5

Исследования проводились по следующей методике. Компоненты смеси (табл.2) замешивались в 50-литровой мешалке с вращающимся барабаном. Подготовленная масса помещалась в цилиндрические формы 10×20 см. Для каждого соотношения общей массы заполнителя и цемента с целью последующего эксперимента на сжатие было подготовлено по 10 образцов. Длительность затвердевания смеси принята равной 30 суткам. Первые 5 суток образцы выдерживались в своих формах, затем извлекались и оставлялись для дальнейшего затвердевания в обычных атмосферных условиях. Для испытания образцов на одноосное сжатие использовалось стандартное оборудование и хорошо известные (широко применяемые) методики. Подобным же образом проведены экспериментальные исследования смесей без крупнокускового заполнителя.

**Табл. 2.** Составляющие компоненты твердеющей закладки при ее плотности 2300 кг/м<sup>3</sup>

Компоненты смеси (масса в %)	Отношение общей массы заполнителя к содержанию цемента			
	6,5:1	12:1	18:1	37:1
Цемент, кг/м <sup>3</sup>	253	149,5	92	46
Общая масса заполнителя, кг/м <sup>3</sup>	1656	1748	1794	1840
Вода, кг/м <sup>3</sup>	391	391	391	391
Водоцементное отношение	1,55	2,62	4,25	8,5

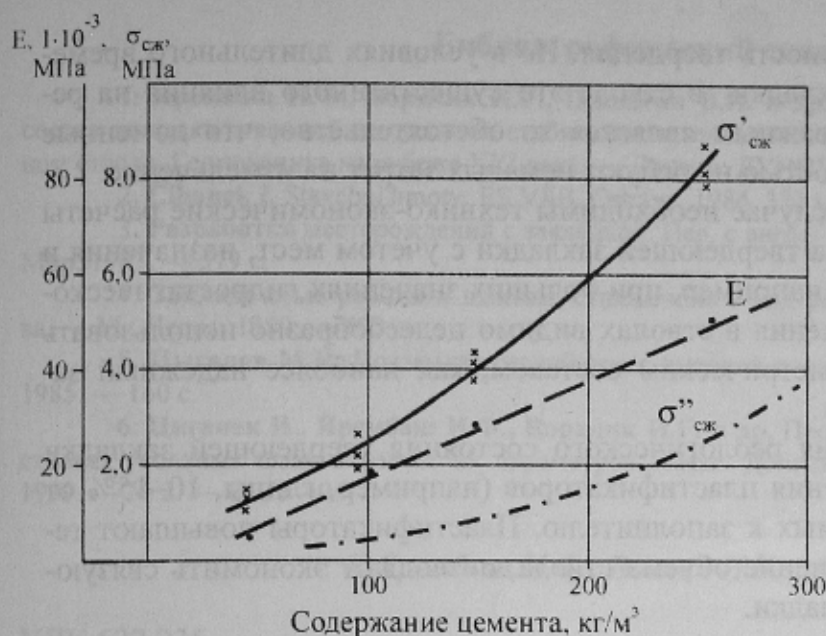
Результаты испытаний приведены на рис.1.

Как видно из графиков (рис.1) прослеживается четко выраженная количественная связь между прочностными характеристиками закладки и содержанием цемента, которая позволяет для конкретных условий выбрать требуемую твердеющую закладку (с необходимым  $\sigma_{сж}$ ) при минимальном расходе вяжущего.

Несомненный практический интерес представляют соотношения прочностных характеристик закладки при наличии в смеси крупнокускового заполнителя и без него. Как видно из графиков предел прочности, полученный в испытаниях на сжатие при применении крупнокускового заполнителя, в 3–4 раза больше, чем без него.

Предел прочности закладки на сжатие, равный 1,0 МПа, при крупнокусковатом заполнителе достигается при содержании цемента 50 кг/м<sup>3</sup>, а в песчаноцементной закладке — при более 100 кг/м<sup>3</sup>. То есть расход цемента для достижения одного и того же предела прочности путем включения крупнокускового заполнителя можно уменьшить более чем в 2 раза, значительно снизив при этом общие затраты на возведение твердеющей закладки.

В целом же закладочный материал, содержащий крупнокусковатый заполнитель и 2–10% (масса в сухом состоянии) цемента, достигает предела прочности на одноосное сжатие 1–8 МПа соответственно. Твердеющая закладка с нижними из по-



**Рис.1.** Зависимость прочностных характеристик от содержания в смеси цемента:  $\sigma'_{сж}$  — предел прочности на сжатие твердеющей закладки с крупным наполнителем (крупные 60%, мелкие — 40%);  $\sigma''_{сж}$  — предел прочности на сжатие твердеющей закладки со 100% мелким наполнителем; E — модуль упругости закладки

основой закладки, которая в свою очередь уменьшает усадку, повышает плотность смеси и, следовательно, прочность твердеющей закладки. Заполнитель, таким образом, должен быть по своим характеристикам выше прочности закладки, нерастворимым в воде, разумеется, без вредных примесей и сравнительно дешевым.

С этих позиций для условий ликвидации вертикальных стволов шахт Донбаса наиболее привлекательными являются отвальные породы. Но их использованию должны предшествовать испытания на прочность, размягчение при увлажнении и исследования на наличие вредных примесей, склонность к самовозгоранию. Но в условиях незначительной газопроницаемости последним можно пренебречь. Весьма важно оценить гранулометрический состав породных отвалов и соотнести его с оптимальным для твердеющей закладки. Как видно из табл. 3, в которой представлен усредненный гранулометрический состав отвалов шахт Донецкой области, примерно 25% отвальных пород требуют дополнительного дробления, что связано с достаточно большими затратами.

**Табл.3.** Средний фракционный состав породных отвалов

Выход (%) фракций, мм					
500	300	200	100	50	25 и менее
10	15	22	19	25	< 9

Менее затратны металлургические шлаки, которые характеризуются повышенной плотностью, но требуют сравнительно больших затрат на их транспортирование. Однако, решение об отказе от использования, в частности, доменных шлаков по этой причине не однозначно. Дело в том, что в ряде случаев возможно и целесообразно использование доменного шлака в качестве вяжущего вместо цемента. Минеральный состав портландцемента и доменного шлака отличаются только разным содержанием трикальций-силиката и алюмината, что обуславливает меньшую ско-

лученных пределами прочности вполне приемлема для заполнения линейных частей ликвидированного ствола), а верхние пределы прочности материала достаточны для сооружения из них опорных конструкций в стволе и на сопряжениях ствола с примыкающими к нему выработками (изменяется физико-механическая характеристика при всестороннем сжатии).

Таким образом, правильно подобранный заполнитель не только увеличивает прочность закладки, но одновременно и снижает ее стоимость. При выборе заполнителя надо иметь в виду, что он служит жесткой

рость и большую продолжительность твердения. Но в условиях длительного времени неподвижного состояния закладки в стволе это существенного влияния на результаты не оказывает. Более важным является то обстоятельство, что доменные шлаки обладают большой твердостью и требуют немалых затрат на измельчение.

Поэтому в каждом конкретном случае необходимы технико-экономические расчеты получения оптимального состава твердеющей закладки с учетом мест, назначения и объемов ее использования. Так, например, при больших значениях гидростатического давления на опорные сооружения в стволах видимо целесообразно использовать щебень с однородным гранулометрическим составом, как наиболее надежный заполнитель твердеющих закладок.

Существенного улучшения реологического состояния твердеющей закладки можно достичь за счет применения пластификаторов (например, глины, 10–15% от массы вяжущего) [4], добавляемых к заполнителю. Пластификаторы повышают текучесть смеси, улучшают заполнение объема ствола, позволяют экономить связующие и повышают прочность закладки.

Повысить гидравлическую активность вяжущих веществ в твердеющей закладке, сократить время ее затвердевания и повысить прочность способны некоторые добавки — активизаторы. Для условий Донбасса наиболее приемлемым активизатором являются отходы производства каменной соли. По нашим исследованиям 1% NaCl при прочих равных условиях обеспечивает прирост прочности закладки примерно на 10%.

Однако проведенные отдельные лабораторные исследования требуют более представительных экспериментов для определения рациональной величины содержания хлористого натрия в смеси различных составов твердеющей закладки.

Важное место в эффективном использовании твердеющей закладки занимает технология возведения закладочного массива. Наиболее полно эти вопросы представлены в работе Цыгалова М.Н. [5]. Закладочный материал при закладке линейной части вертикального ствола заполняет ее под действием гравитационных сил. На сопряжениях же ствола с горизонтальными выработками сооружение опор может осуществляться путем выкладки специально изготовленных блоков, скрепленных вяжущим раствором, или путем подачи твердеющей закладки по трубам. Закладка подбирается с такими характеристиками, чтобы несущая способность опор и перемычек превышала давление вышерасположенной закладки. [6].

Возможен и отдельный способ возведения массива твердеющей закладки в стволе, когда сухой материал заполнителя и вяжущих подается в ствол совместно и взаимодействует с водой при ее притоке, образуя монолит за определенный промежуток времени. При этом в случае необходимости возможно применение пластификатора (глины) и ускорителя твердения (хлорида кальция, сульфата натрия и др.). Этот способ возведения твердеющей закладки эффективен в линейных частях вертикального ствола, особенно в условиях слабых вмещающих пород.

В устья вертикальных стволов, расположенных в наносах, возможен инъекционный способ упрочнения сыпучей закладки путем ее пропитывания вяжущими растворами.

Обобщая выше сказанное, следует подчеркнуть, что твердеющая закладка является одним из основных гарантов долговременной устойчивости земной поверхности в районе стволов, а ее оптимальный состав, рациональная технология могут обеспечить и экономическую целесообразность ее применения.

### Библиографический список

1. Ярембаш И.Ф., Ворхлик И.Г., Пилюгин В.И. и др. Оптимальный гранулометрический состав закладки – важнейшее условие стабильности закладочного массива в погашенном вертикальном стволе. Геомеханика на рубеже XXI века. — Донецк: ДУНПГО, 2001. — Т.1 — С. 8–13.
2. Cihánek I. Stavební hmoty. ES VŠB, Ostrava, 1984. 331 s. Kapitola 8231 — Zrnistost kameniva.
3. Разработка месторождений с закладкой. Пер. с англ. / под редакцией С.Гранхольма. — М.: Мир, 1987. — 519 с.
4. Закладочные работы в шахтах: Справочник / под ред. Д.М. Бронникова, М.Н. Цыгалова. — М.: Недра, 1989. — 400 с.
5. Цыгалов М.Н. Подземная разработка с высокой полнотой извлечения руд. — М.: Недра, 1985. — 160 с.
6. Циганек И., Ярембаш И.Ф., Ворхлик И.Г. и др. Проектирование опор в ликвидируемых стволах угольных шахт и расчет их параметров // Изв. Донецкого горного института. — Донецк, 1999. — № 2. — С. 36–40.

© Ярембаш И.Ф., Ворхлик И.Г., Мороз В.Д., Ярембаш М.И., 2003

УДК 622.235

Докт. техн. наук ШЕВЦОВ Н.Р., инж. ЛАБИНСКИЙ К.Н. (ДонНТУ), канд. техн. наук КАЛЯКИН С.А. (ООО «СНЭЙК»)

### ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОДУКТОВ ДЕТОНАЦИИ С ГИДРОЗАБОЙКОЙ

Развитие угольной промышленности Украины происходит при постоянном увеличении глубины ведения горных работ. При этом ухудшаются горно-геологические условия проведения выработок: возрастает крепость пород и опасность взрывов метана и угольной пыли.

Перспективным способом повышения эффективности ведения взрывных работ является использование гидрозабойки как частный случай гидровзрывания. Теоретические основы гидровзрывания рассмотрены в работах [1–3].

Цель проведения экспериментов — установление влияния конструкции гидрозабойки на эффективность действия взрыва для определения ее оптимальных параметров.

Основными параметрами патронированной гидрозабойки, влияющими на ее эффективность, являются ее длина и диаметр. Для установления количественного влияния данных параметров на эффективность действия гидрозабойки в шпурах (рис. 1) нами использован метод моделирования взаимодействия продуктов детонации и гидрозабойки, т.к. в производственных условиях такой процесс наблюдать очень трудно. Кроме того, изучение процесса методом моделирования [4] связано с наименьшими затратами средств и времени, и появляется возможность проведения более гибкого эксперимента.

Основой для характеристики модели послужил диаметр шпуров, наиболее часто применяемый при проведении выработок в Донбассе по буро-взрывной технологии.

В качестве материала для модели нами принята металлическая труба с наружным диаметром 43 мм и толщиной стенок 1,5 мм. Таким образом, внутренний диаметр трубы составляет 40 мм, что является максимально приближенным к реальным условиям.