

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622.257.1

А. В. Углиница, А. В. Исаенко, Ю. В. Покатилов, Т. Н. Сантахова

ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЗАКЛАДКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ ГОРЕЛЫМИ ПОРОДАМИ, УПРОЧНЕННЫМИ ВЯЖУЩИМ

В связи с реструктуризацией угольной промышленности в России в последние годы было закрыто 188 угольных шахт, в том числе в Кузбассе 41 шахта и ликвидировано 157 вертикальных стволов. В результате этого на прилегающих к ликвидируемым горным предприятиям территориям произошло резкое ухудшение экологической обстановки, выразившееся в просадке земной поверхности, ее подтоплении, загазованности помещений заглубленных зданий и сооружений, в следствие не качественной технической ликвидации горных выработок, выходящих на дневную поверхность.

Закрытие и реконструкция угольных шахт очень часто сопровождается рекультивацией терриконов, находящихся на их территории.

Управление свойствами и состоянием геологической среды (массива горных пород), подверженной техногенным воздействиям является важнейшей научно-технической задачей горного производства. Одним из широко известных и детально проработанных методов такого управления является заполнение выработанного пространства твердеющей закладкой. Наиболее перспективно использование в качестве заполнителя горелых пород шахтных отвалов (терриконов). При этом достигается несколько целей – нейтрализация опасных деформаций массива, связанных с наличием выработанного пространства, ликвидация экологи-

чески опасных терриконов, и предотвращение выделения вредных газов на дневную поверхность. С одной стороны в настоящее время актуальной является утилизация отвалов горелых пород, скопившихся в огромных объемах на территории угледобывающих предприятий Кузбасса, с другой, – не менее важна задача оздоровления окружающей среды путем изоляции выработанных пространств закрытых шахт выделяющих вредные газы.

Однако применительно к ликвидируемым шахтным стволам вопросы закладки выработанного пространства в научном и техническом плане проработаны слабо. Все выше изложенное свидетельствует об актуальности обоснования и разработки технологии закладки вертикальных горных выработок горелыми породами.

При закладке вертикальных горных выработок возможно применение нескольких вариантов. Технико-экономический анализ возможных вариантов показал, что наиболее эффективным и надежным является послойная укладка сухой смеси вяжущего и инертного заполнителя с проливом каждого слоя водой. Результаты данного анализа подтверждаются исследованиями и выполненными ГОАО "Спецтампонажгеология" работами по погашению горных выработок различного целевого назначения.

Литературный поиск показал, что наиболее эффективным при закладке вертикальных гор-

ных выработок является применение гидратной извести в качестве вяжущего, упрочняющего горелые породы.

Для разработки технологии закладки по данному варианту в КузГТУ выполнены экспериментальные исследования пустотности, компрессионных и фильтрационных свойств бетонов на основе горелых пород, отсева горелых пород и смеси горелых пород с гидратной известью, а также выполнен радиационно-игиенический анализ горелых пород.

Поскольку в вертикальной выработке компрессионное сжатие и водопроницаемость горелых пород обусловлены наличием в них песчаной фракции с размером частиц менее 5 мм, то фракцию горелой породы +5 рассматривали как водонепроницаемый, безусадочный инертный заполнитель закладочного массива.

При этом для закладки рекомендовано применять горелые породы, для которых выполняется соотношение

$$P_{+5} = k(V_{-5} + \Delta V_{-5}),$$

где k – коэффициент запаса, $k = 1,05 \div 1,10$; P_{+5} – пустотность крупной фракции; V_{-5} – объем мелкой фракции; ΔV_{-5} – усадка мелкой фракции.

Если данное требование не выполняется, перед закладкой необходимо производить отсеивание ненужных фракций из горелых пород до достижения требуемого условия.

Компрессию отсева горелых пород измеряли при конечном

давлении 12,5 МПа – для водонасыщенных горелых пород и 1,4 МПа – для сухих, что соответствует глубине до 1000 м. Для проведения эксперимента использовались сухие горелые породы и горелые породы в водонасыщенном состоянии при свободном оттоке отжимаемой воды.

Необходимое число испытаний одинаковых (с одним гранулометрическим составом) образцов определяли после статистической обработки предварительных экспериментов.

Из результатов экспериментов по определению компрессионных свойств следует, что компрессия отсева горелых пород ε фракции -5 при одноосном сжатии без возможности боковых деформаций под давлением, соответствующем глубине до 1000 м, не зависит от гранулометрического состава, изменяется в интервале 29,15–36,45 % и составляет в среднем 33,7 %, причем при водонасыщении горелых пород компрессия возрастает в среднем на 23,2 %, изменяется в интервале 53,05–59 % и составляет в среднем 56,9 %.

Из результатов эксперимента следует, что пустотность горелых пород может достигать $P = 70 \%$, а коэффициент фильтрации $-K_f = 245 \text{ м/сут}$, поэтому горелые породы шахтных отвалов без дополнительных мероприятий по снижению их пустотности и коэффициента фильтрации непригодны для закладки вертикальных выработок.

На основе выполненных исследований разработана методика расчета минимального количества вяжущего, необходимого для активизации горелых пород. Данная методика основана на использовании химических процессов, происходящих при твердении, и с учетом ранее выполненных экспериментов по определению геометрических элементов отсева горелых пород. Сущность данной методики заключается в том, что полученное вяжущее из смеси мелкодисперсной горелой породы, извести и портландцемента обладает свойст-

вами портландцемента, поскольку имеет с ним одинаковый гранулометрический и химический составы.

Кроме этого, выполнены экспериментальные исследования по определению зависимостей компрессионных свойств горелых пород, упрочненных вяжущим, от гранулометрического состава, степени заполнения пустот и сроков твердения полученного материала.

Результаты исследования показали, что компрессия горелых пород, упрочненных вяжущим, прямо пропорциональна скорости нагружения (укладки бетона) и обратно пропорцио-

нальна степени заполнения пустот вяжущим, причем при снижении скорости нагружения ниже критической (0,31 МПа/сут) снижение компрессии не происходит.

После обработки результатов экспериментальных исследований получили зависимости для определения компрессионных свойств горелых пород, упрочненных вяжущим.

На основании полученных уравнений построены графики, позволяющие определить компрессию закладочного массива на основе горелых пород, полученного способом раздельного послойного бетонирования в

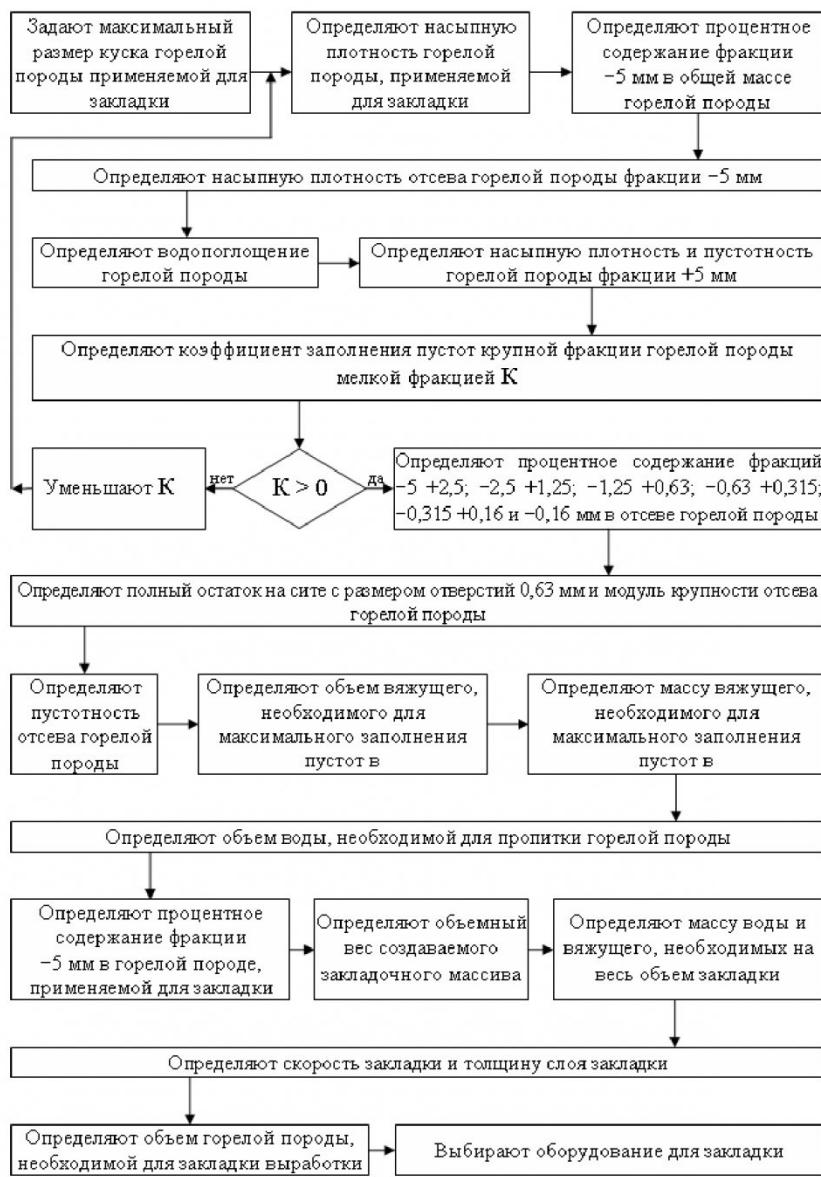


Рис. 1. Алгоритм определения параметров технологии закладки вертикальной горной выработки

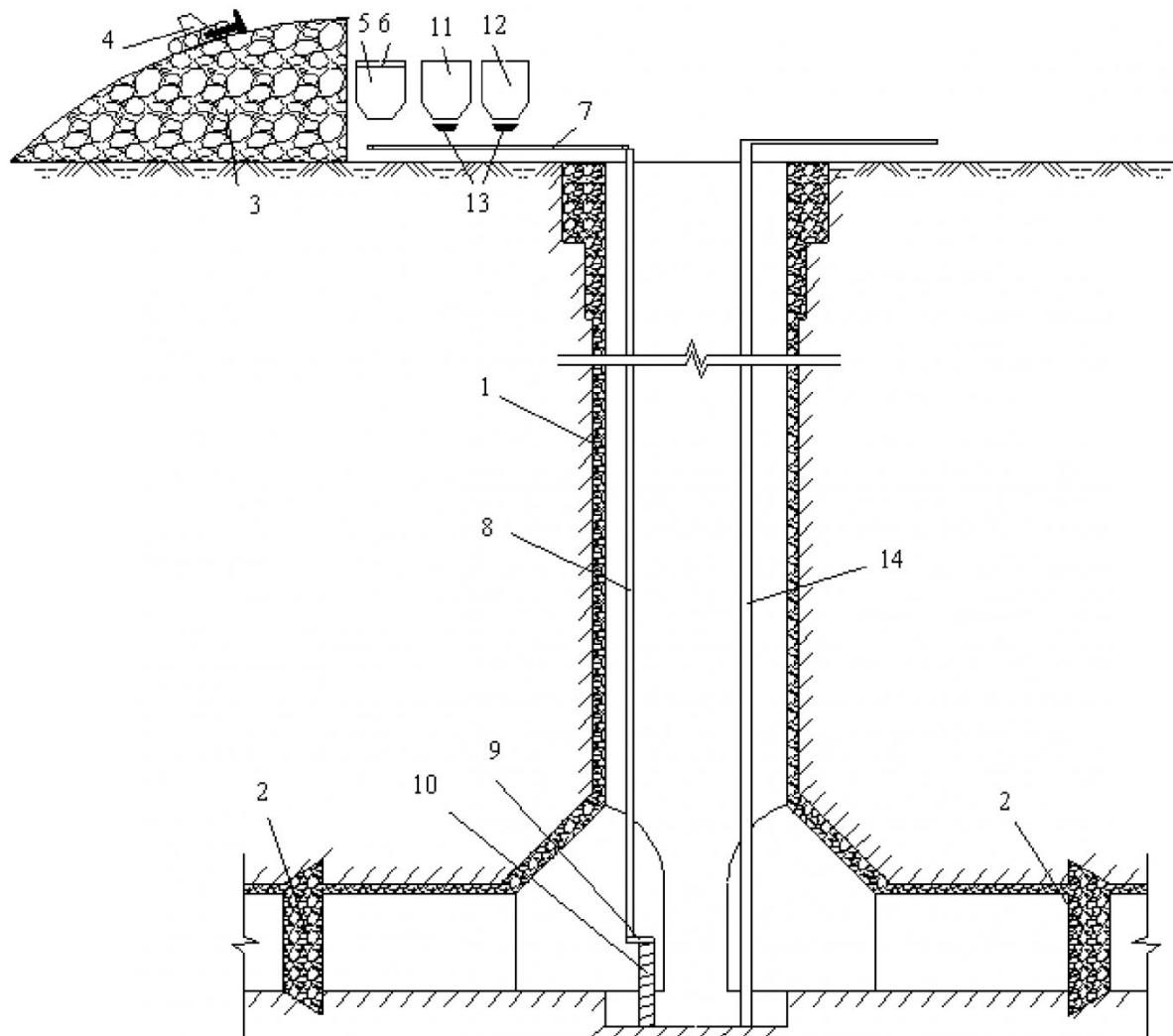


Рис. 2. Технологическая схема ликвидации вертикальной вскрывающей горной выработки:

1 – ликвидируемая вертикальная вскрывающая горная выработка; 2 – изолирующая перемычка из бетонов на основе горелых пород; 3 – террикон горелой породы; 4 – бульдозер (скрепер); 5 – бункер с горелой породой; 6 – решетка для отсева крупных фракций горелой породы; 7 – горизонтальный виброконвейер; 8 – труба для спуска смеси горелой породы и вяжущего; 9 – вибропитатель; 10 – вертикальный виброконвейер; 11 – бункер с известием; 12 – бункер с цементом; 13 – дозаторы; 14 – труба для спуска воды

зависимости от степени заполнения пустот, скорости нагружения и давления вышележащих слоев.

Экспериментальные исследования по определению коэффициента фильтрации горелых пород, упрочненных вяжущим, с заполнением пустот на 100 % производили по стандартной методике.

Результаты исследований показали, что коэффициент фильтрации горелых пород, упрочненных вяжущим с заполнением пустот на 100 %, не зависит от гранулометрического состава и составляет в среднем 4,36 м/сут.

Определение зависимости фильтрационных свойств горелых пород, упрочненных вяжущим, от гранулометрического состава, степени заполнения пустот и сроков твердения полученного материала осуществляли в соответствии с ГОСТ 12730.5–84 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости» по коэффициенту фильтрации.

Исследования показали, что образцы с заполнением пустот вяжущим на 100 % в возрасте 8 месяцев становятся водоупорами ($K_f < 0,001$ м/сут).

На основе проведенных исследований и полученных зави-

симостей был сделан вывод, что горелые породы шахтных отвалов после активизации их известково-цементным вяжущим вполне пригодны для закладки вертикальных вскрывающих горных выработок.

Для определения прочностных параметров бетонов на основе горелых пород выполнены исследования зависимости предела прочности зацементированных горелых пород от размеров и процентного содержания фракций и снижения предела прочности зацементированных горелых пород при их водонасыщении. В результате получены зависимости предела прочно-

сти на сжатие от гранулометрического состава горелой породы.

При этом установлено, что предел прочности на сжатие зацементированных горелых пород зависит от их гранулометрического состава и изменяется от 4,25 до 12,95 МПа, а предел прочности на сжатие зацементированных горелых пород в водонасыщенном состоянии снижается на 9–12 % [2].

На основе выполненных экспериментальных исследований разработана технология по закладке вертикальных вскрывающих горных выработок при ликвидации и реконструкции угольных шахт и методика определения ее рациональных параметров [3].

Разработанная технология закладки вертикальных вскрывающих горных выработок ликвидируемых и реконструируемых угольных шахт принята институтом Кузбассгипрошахт к внедрению при разработке рабочих проектов по ликвидации вертикальных горных выработок в Кузбассе.

Технология основана на методе раздельного бетонирования, использующем доступные и дешевые местные материалы (горелые породы шахтных отвалов, негашеную молотую известь и портландцемент), и совмещении процесса перемешивания и транспортирования за-

кладочной смеси путем использования виброконвейеров.

Разработанная технология может применяться для ликвидации незатопленных вертикальных горных выработок любого поперечного сечения и любой глубины.

Ожидаемый экономический эффект от применения разработанной технологии за счет замены цементного вяжущего известковым составляет 206 руб. на 1 м³ закладочного массива.

Методика определения рациональных параметров разработанной технологии позволяет определить минимальное количество вяжущего, необходимого для закладки, расход закладочных материалов, а также фильтрационные и компрессионные свойства закладочного массива. Алгоритм определения рациональных параметров технологии представлен на рис. 1 [4].

Технологическая схема предложенной технологии представлена на рис. 2.

Технология включает в себя следующие этапы. Первый этап – возведение упорных изолирующих перемычек на сопряжениях вертикальной выработки с горизонтами и подготовку закладочной смеси (доставка, отсев крупных кусков горелой породы и дозирование компонентов смеси). Второй этап – совмещает в себе две технологиче-

ские операции: перемешивание и доставку закладочного материала в забой выработки путем использования горизонтальных и вертикальных виброконвейеров. При этом в качестве вяжущего применяют известково-породное вяжущее, объем которого принимают равным объему пустот горелых пород. Породная фаза вяжущего имеет фракцию –0,16 и является составной частью горелых пород, используемых для закладки. Третий этап – закладка вертикальной выработки с заданной расчетной скоростью подвигания забоя (скоростью укладки). При этом в выработку укладываются слой закладочной смеси расчетной толщины и пропитывают каждый уложенный слой расчетным количеством воды сверху вниз. Укладку последующего слоя производят после полной пропитки нижележащего слоя.

Применение разработанной технологии закладки вертикальных вскрывающих горных выработок угольных шахт горелыми породами, упрочненными вяжущим способом раздельного послойного бетонирования, позволяет обеспечить экологическую безопасность прилегающих к ликвидируемой выработке территорий при минимальных трудовых и материальных затратах [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаенко, А. В. Проблема ликвидации вертикальных вскрывающих выработок / А. В. Исаенко // Проблемы геологии и освоения недр. – Томск, 2002. – С. 383–384.
2. Угляница, А. В. Исследование прочностных свойств зацементированного горельника / А. В. Угляница, А. В. Исаенко // Вестн. КузГТУ. – 2000. – № 4. – С. 115–117.
3. Положительное решение о выдаче патента на изобретение «Способ закладки вертикальной горной выработки угольной шахты» № 2005121726/03(024507) / А. В. Угляница, А. В. Исаенко
4. Угляница, А. В. Рекомендации по закладке вертикальных вскрывающих горных выработок при ликвидации и реконструкции угольных шахт / сост. : А. В. Угляница, А. В. Исаенко ; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2004. – 40 с.

□Авторы статьи:

Угляница

Андрей Владимирович
- докт.техн.наук, проф.,
зав. каф. технологии
строительного производ-
ства

Исаенко

Алексей Владимирович
- ст. преп. каф. техноло-
гии строительного произ-
водства

Покатилов

Юрий Владимирович
-ст. преп. каф. технологии
строительного производ-
ства

Санталова

Татьяна Николаевна
- ст. преп. каф. техноло-
гии строительного произ-
водства