

## О РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИКВИДАЦИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ШАХТ КУЗБАССА

А.В. Угляница, К.Д. Солонин

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
Г. Кемерово

В статье предложена технология строительства в стволе сборно-разборной шлакобетонной закладки из цилиндрических автоклавных шлакобетонных блоков, предварительно изготавливаемых на поверхности ствола, обоснованы оптимальные параметры сборно-разборной закладки. Такая закладка в случае, возникновения необходимости восстановления вертикального ствола в будущем, может быть демонтирована. Технология закладки разработана в рамках выполнения НИР по гранту Российского фонда фундаментальных исследований РФФИ-Сибирь (договор № НК 13-05-98025/13) в 2013-2015 гг. на тему: «Обоснование и разработка технологии экологической ликвидации вертикальных вскрывающих горных выработок шахт Кузбасса водоупорным и безусадочным закладочным материалом на основе шлаковых отходов топливно-энергетических предприятий».

Согласно требованию нормативных документов Российской Федерации вертикальные стволы и шурфы, с неудовлетворительной крепью, пройденные в неустойчивых породах, должны быть полностью заполнены водоупорным безусадочным материалом до уровня земной поверхности. Основные требования, предъявляемые к водоупорному безусадочному закладочному массиву: коэффициент фильтрации массива менее 0,001 м/сут; отсутствие компрессионного сжатия закладочного массива в наиболее нагруженной нижней части ствола.

В РФ разработаны способы послойной закладки твердеющими смесями вертикальных стволов. Для создания закладочного водоупорного и безусадочного массива в данных способах применяются дорогие цементные бетоны или твердеющие закладочные смеси на основе тонкомолотых горелых пород, содержащие большое количество цементно-известкового вяжущего и специальных добавок. Предложенные способы не нашли практического применения, вследствие высокой стоимости закладочных работ и исчерпания запасов горелых пород на угольных шахтах.

### Теория и ранее полученные научные результаты

Эффективным закладочным материалом для ликвидации вертикальных стволов будет являться автоклавный шлакобетон, полученный на основе золошлаковых отходов топливно-энергетических предприятий [1-7].

Известно, что при автоклавной обработке шлако-известковой смеси в зависимости от параметров смеси и ее автоклавной обработки можно получить автоклавный шлакобетон с низкой водопроницаемостью и компрессией. Поэтому путем автоклавной обработки шлако-известковой смеси представляется возможным получить водоупорный и безусадочный

автоклавный шлакобетон для закладки ликвидируемых вертикальных стволов на более дешевых, содержащих меньшее количество вяжущего и специальных добавок, закладочных смесях. Применение золошлаковых отходов для закладки вертикальных стволов позволит утилизировать эти отходы, что будет благотворно отражаться на экологическом состоянии территорий.

Выполненные в Кузбасском государственном техническом университете им. Т.Ф. Горбачева (КузГТУ) лабораторные экспериментальные исследования компрессионных и фильтрационных свойств автоклавного шлакобетона показали, что для закладки вертикальных горных выработок можно использовать молотые шлако-известковые смеси автоклавного твердения, однако получение водоупорного и безусадочного закладочного массива возможно только при определенных весовых соотношениях компонентов смеси, её химического состава и режимов автоклавной обработки [8-9].

В табл. 1 приведены установленные в результате данных исследований составы шлако-известковых смесей и параметры их автоклавной обработки для получения водоупорного и безусадочного шлакобетона.

Таблица 1

Коэф. основно-сти смеси $K_{осн}$	Фракция шлака и известки	Водо-вяжущее отношение ВВО	Продолжительность предавтоклавной выдержки, час	Продолжительность подъема давления, час.	Продолжительность автоклавной обработки при давлении 0,9 МПа, час	Продолжительность спуска давления, час
0,3	0,08	0,5	4	0,75	6	5
0,5	0,08	0,5	4	0,75	6	5
0,7	0,08	0,5	4	0,75	6	5
0,7	0,16	0,5	4	0,75	6	5

Для разработки технологии закладки вертикальных стволов автоклавным шлакобетоном в КузГТУ были выполнены лабораторные экспериментальные исследования по приготовлению крупногабаритных автоклавных шлакобетонных блоков через пропарочные скважины [10]. Лабораторные исследования выполнялись на специально разработанном радиальном автоклаве и сводились к установлению зависимости между радиусом распространения автоклавной обработки шлако-известковой автоклавной смеси от пропарочной скважины, параметрами шлако-известковой автоклавной смеси и ее автоклавной обработки.

Лабораторный экспериментальный радиальный автоклав представлял собой сборную металлическую конструкцию, выполненную в виде сектора с углом при вершине 30°, состоящую из рамы, двух крышек. В целом рама и две ее

крышки образуют радиальную автоклавную камеру, которая заполняется шлако-известковой автоклавной смесью. Верхняя крышка выполнена съёмной для непосредственной укладки закладочного материала в радиальную автоклавную камеру. В верхней крышке располагались 11 термометров. Расстояние между термометрами – 100 мм.

Пропарочная скважина диаметром 76 мм, изготовленная из стальной сетки, была выполнена в виде сектора с углом при вершине  $30^0$ . Удаление пароконденсата (воды) из пропарочной скважины в процессе автоклавной обработки производилось самотеком в емкость сбора пароконденсата. Радиус автоклавной обработки определяли по изменению температуры шлако-известковой смеси в форме-автоклаве по мере удаления от пропарочной скважины. Показания термометров фиксировали в конце автоклавной обработки.

Результаты экспериментальных исследований, в которых при заданных составах шлако-известковой смеси и ее автоклавной обработки формировался водоупорный и безусадочный автоклавный шлакобетон для закладки вертикальных стволов, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Радиус автоклавной обработки, м	$K_{\text{осн}}$	Фракция шлака и извести	Водовязущее отношение ВВО	Режим автоклавной обработки, час
0,53	0,3	(-0,08)	0,5	4+0,75+6+5
0,34	0,5	(-0,08)	0,5	4+0,75+6+5
0,42	0,7	(-0,16)	0,5	4+0,75+6+5
0,21	0,7	(-0,08)	0,5	4+0,75+6+5

Как следует из табл. 2 максимальный радиус автоклавной обработки шлако-известковой смеси, равный  $R = 0,53$  м, при котором получается водоупорный и безусадочный автоклавный шлакобетон для закладки вертикальных стволов, достигается при  $K_{\text{осн}} = 0,3$ , фракции шлака и извести «-0,08», водовязущем отношении смеси ВВО=0,5 и режиме автоклавной обработки «4+0,75+6+5».

### 3 Результаты

На основе выполненных исследований в КузГТУ разработан способ закладки ствола цилиндрическими автоклавными шлакобетонными блоками, предварительно изготавливаемыми на поверхности шахты (патент РФ № 2449129, 2012 г.). Закладку вертикального ствола согласно разработанному способу осуществляют следующим образом (см. рис. 1). Производят закладку выработок шахтных горизонтов 1 на участках их сопряжений с вертикальным стволом 2 путем возведения изолирующих бетонных перемычек 3. На поверхности у устья ствола с помощью формы-автоклава изготавливают

цилиндрические автоклавные шлакобетонные блоки 4 и складывают их вблизи устья ствола. Диаметр цилиндрического автоклавного шлакобетонного блока 4 принимают меньше внутреннего диаметра бетонной крепи ствола с учетом неровностей её стенок, из условия, чтобы цилиндрический блок при спуске в вертикальный ствол не заклинил. Закладку ствола цилиндрическими блоками осуществляют заходками, опуская проектное количество шлакобетонных блоков 4 в ствол в пределах заходки.

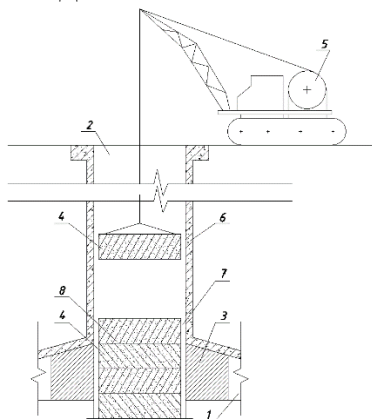


Рисунок 1

В ствол опускают тампонажную емкость 1 на тросе 2, оснащенную автоматическим затвором и манипулятором с бетонопроводом, подают расчетное количество тампонажной смеси в пространство 3 между бетонной крепью ствола 5 и цилиндрическими автоклавными шлакобетонными блоками 4 и тампонируют его (см. рис. 2). При этом тампонажный раствор также затампонирует и горизонтальные щели 6 между уложенными друг на друга цилиндрическими блоками 4. Переходят к закладке цилиндрическими шлакобетонными блоками вышележащей заходки.

Спуск блоков в ствол и тампонажной емкости осуществляют либо стреловым (самоходным или башенным), либо козловым кранами. Процессом тампонажа управляют с помощью видеокамеры.

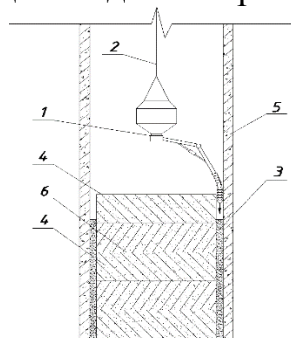


Рисунок 2

Для изготовления цилиндрических крупногабаритных автоклавных шлакобетонных блоков в КузГТУ разработан способ, согласно которому шлакобетонные блоки изготавливают в цилиндрической форме-автоклаве с применением пропарочных скважин (патент РФ № 2562307, 2015 г.). При этом автоклавная обработка бетонной смеси в форме-автоклаве производится как через открытую поверхность бетонной смеси в форме, так и через

пропарочные скважины, которые располагаются в бетонной смеси на заданном расстоянии друг от друга. Расстояние между пропарочными скважинами в форме принимают в зависимости от величины радиуса распространения автоклавной обработки от пропарочной скважины в шлако-известковую смесь.

Разработанная технологии строительства сборно-разборной шлакобетонной закладки вертикальных стволов водоупорным и безусадочным автоклавным шлакобетоном, позволяет обеспечить экологическую безопасность прилегающих к ликвидируемому стволу территорий, утилизировать шлаковые отвалы и обеспечить возможность восстановления ствола в случае необходимости при минимальных трудовых и материальных затратах.

#### Список литературы:

1. Dvorkin L. I., Dvorkin O. L. Stroitelnye materialy iz otkhodov promyshlennosti [ Building materials made of industrial wastes]. Rostov- on- Don, Feniks Publ., 2007. 363p. (In Russian).
2. Mechay A. A., Baranovskaya Ye. I., Lasankin S. V. Autoclaved aerated concrete using electric furnace slag. Trudy BGTU [Proceeding of BGTU], 2011, no 3, Chemistre and Technolodgy of inorganic Substances, 40-44 (In Russian).
3. Mechay A. A., Baranovskaya Ye. I. Modified autoclaved aerated concrete based on electric furnace Slag. Problemy sovremennogo betona i zhelezobetona: materialy III mezhdunar. simpoz. [ Issues of modern concrete and reinforced concrete: materials of internationals ymposium]. Vinsk, 2011, vol. 2, pp/369-387 (In Russian).
4. Kuzmenkov D. M, Sacovich A. A. [Structurally-controlled synthesis of calcium sulfate dehydrate]. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-nekhnicheskoy konferentsii (Resurso- i energosberegaujshie tekhnologii i oborudovanie, ekologicheski bezopasnye tekhnologii) [Materials of the International Scientific and Technical Conference (Resource and energy saving technologies and equipment, ecologically safe technologies)]. Minsk, 2010, pp. 42-46 (In Russian).
5. Micheenkov M. A. Synthetic gypsum based phosphogypsam. Tsement i yego primeneniye [Cement and its application], 2009, no 5, pp.81-82 (In Russian).
6. Dolzhikov P., Kiriya K., Ivlieva E. Research of deformations of the base-fundaments system on underworked and hydroactivated territories by finite elements method. Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane and Ores Mining, CRC Press / Balkema. Leiden the Netherlands, 2014, pp. 217-222.
7. Chen Xiaotong, Shao Jiexin, Zhang Jun, Chen Rongsheng, Don Younian, Zhang Fan. Dongnan daxue xuebao. Ziran kexue ban. = J. Southeast Univ. Natur. Sci. Ed. 2001.31. N 3.
8. Uglyanitca A.V., Khmelenko T.I., Solonin K.D. Slag-alkaline concrete - efficient building material: International journal of applied engineering research (IJAER), India, - Volume 9, Number 22 (2014) – pp. 16837-16842.

9. Uglyanitca A.V., Solonin K.D., Strukova E.A. Charcterization of autoclaved slag concrete for stowing the vertical mine workings under liquidation: «Research Journal of Applied Sciences» , 2015, 10 (2) – pp. 84-91
10. Uglyanitca A.V., Solonin K.D. Filling of the vertical mine workings with the autoclave slag-concrete: Atlantis press: «The 8<sup>th</sup> Russian-Chinese Symposium. Coal in 21<sup>st</sup> Century: Mining. Processing and Safety», 2016, №16-05-20506 – pp. 66-71.