

Мавлянов А.С., Абдыкалыков А.А., Ассакунова Б.Т.

КУЛШЛАК ЦЕМЕНТИН КОЛДОНУУ МЕНЕН ТОЛТУРГУЧ АРАЛАШМАЛАРЫ

Мавлянов А.С., Абдыкалыков А.А., Ассакунова Б.Т.

ЗАКЛАДОЧНЫЕ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ЦЕМЕНТОВ

A.C. Mavlyanov, A.A. Abdykalykov, B.T. Assakunova

LAYING MIXTURES WITH GOLDEN CEMENT

УДК: 622.272

Өзү агуучу режимдеги транспорт үчүн талкаланган, майдаланган толтургучтарды, цемент-кул чапташтыргычтары жана сууну колдонуу менен толтургуч аралашмаларынын тандалма составдарынын жыйынтыктары келтирилди.

Негизги сөздөр: *толтургуч аралашмалары, майдалуулук составы, реологиялык касиети, майда дисперсиялык, бөлүкчөлөр, механо-химиялык активация, кулшлак цемент чапташтыргыч.*

Приведены результаты подбора составов закладочных смесей с использованием дробленого и измельченного заполнителя и цементно-золевого вяжущего и воды для транспорта в самотечном режиме.

Ключевые слова: *закладочные смеси, гранулометрический (зерновой) состав, реологические свойства, мелкодисперсная частица, подвижность, механо-химическая активация, золоцементные вяжущие.*

The results of laying mixtures structures selection using crushed and crushed very small filler and cement – ash astringent for transport in spontaneous regime are given.

Key words: *laying mixtures, particle size (grain) distribution, rheological behavior, fine particle, mobility, mechano-chemical activation, ash-cement astringent,*

Надежное поддержание подрабатываемых руд и пород обеспечивается системой и заполнением разработанного пространства закладочными смесями.

Затраты на закладочные работы достигают свыше 20% себестоимости руды, причем основную часть этих затрат составляет стоимость материалов, в

первую очередь, вяжущие. Поэтому для снижения себестоимости закладочной смеси необходимым является частичная или полная замена портландцемента дешевыми техногенными продуктами.

Для разработки закладочных смесей были использованы гравийно-песчаная смесь (ГПС) месторождения Иштанберды, портландцемент М400 Д20 ГОСТ 10178-85, вода из местных источников, зола Бишкекской ТЭЦ.

Ориентировочный петрографический состав гравийно-песчаной смеси представлен содержанием следующих материалов, в (%): порфирит-37,35; базальт-5,99; гранит-34,74; сланец-6,37; известняк-13,02; кварц-1,61 и другие - 0,91.

Представленная смесь по составу является сложной с превалирующим содержанием гранита и порфирита.

Для уточнения содержания крупной и мелкой фракции был произведен гранулометрический состав в представленном виде, результаты которой приведены в таблице 1.

Анализ гранулометрического состава ГПС показывает значительное содержание в нем фракций размером свыше 70 мм. Методом квартования отобрана проба гравия в количестве 5 кг без учета валунов, размером свыше 40 мм, и определен гранулометрический состав гравия.

Таблица 1 - Гранулометрический состав гравийно-песчаной смеси

Наименование остатков	Номера сит											
	<70	70	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	Дно
Частные, г	752	325	90	1040	610	450	375	185	325	250	310	270
Частные, %	15,04	6,5	1,8	20,9	12,2	9	7,5	3,7	6,5	5	6,2	5,4
Полные, %	15,04	21,54	23,34	44,24	56,44	65,44	72,94	76,64	83,14	88,14	94,34	99,0

Гранулометрический состав песка и гравия из ГПС приведены в таблицах 2, 3.

Таблица 2 - Гранулометрический состав гравия

Наименование остатков	Номера сит				
	40	20	10	5	Дно
Частные, г	100	1407	1362	1030	170
Частные, %	2	28,14	27,24	20,6	3,4
Полные, %	2	30,14	57,38	77,98	99,88

Таблица 3 - Гранулометрический состав песка из гравийно-песчаной смеси

Наименование остатков	Номера сит					
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	Дно
Частные, г	295	125	215	135	165	60
Частные, %	29,5	12,5	21,5	13,5	16,5	6,0
Полные, %	29,5	42,5	63,5	77,0	93,5	99,5

Гранулометрический состав природного песка из ГПС по модулю крупности относится к крупным пескам ($M_k = 3,06$).

Приведенные данные в таблицах 1 и 2 показывают необходимость подготовки материалов путем дробления, просева и корректирования.

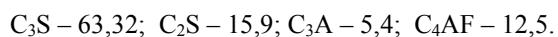
Физико-механические свойства заполнителей приведены в таблице 4.

В таблице 5 представлены результаты химического анализа воды.

Приведенные данные по показателям воды свидетельствуют о ее пригодности для производства твердеющих закладочных смесей ГОСТ 23732-79.

В качестве вяжущих использовались золоцементные вяжущие, составленные из цементов ПЦ М400 Д20 ГОСТ 10178-85 и золошлаковой смеси Бишкекской ТЭЦ, химический состав которых приведен в таблице 6.

Минералогический состав портландцемента характеризуется содержанием клинкерных минералов (в %):



Гранулометрический состав золошлаковой смеси представлен в таблице 7.

Золошлаковая смесь характеризуется плотностью $2,3 \text{ г/см}^3$; насыпной плотностью 850 кг/м^3 .

Для обеспечения высокой подвижности и связности, необходимой для транспортирования смесей по трубам и укладки их в выработанное пространство, а также формирования массива с относительно однородной структурой и требуемыми прочностными характеристиками к закладочным смесям для их транспортирования в самотечном режиме предъявляются следующие требования:

- погружение конуса СтройЦНИЛа должно быть в пределах $11,5 \dots 12 \text{ см}$;
- предельное напряжение сдвига не должно превышать 40 МПа ;
- комплексный реологический показатель «расплыв конуса» должен быть в пределах $190 \dots 210 \text{ мм}$;
- содержание крупного заполнителя в общей массе твердого компонента должно быть не более $15 \dots 20\%$, а мелкодисперсных частиц не менее 30% ;
- коэффициент раслаиваемости должен быть не более $1,3$.

Таблица 4 - Объединенная характеристика заполнителей по ГОСТ 8269.0-97

№ п/п	Наименование параметров показателей	Нормы и допуски по ГОСТ	Наименование пород и фактические значения параметров		Заключение о соответствии ГОСТ
			Песок	Гравий	
1	Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы по массе, %	35	-	2,5	Соответствует требованиям обычной группы щебня
2	Марка щебня при сжатии в цилиндре	Потеря массы, %	-	10,16	Соответствует марке щебня 1200
3	Содержание слабых зерен, %	Высшая категория до 5	-	9,3	Допускается для закладочных смесей с достижением требуемой прочности
4	Содержание пылевидных глинистых или илестых частиц	Высшая категория до 3	-	7	Пригодны для твердеющих закладочных смесей
5	Физико-механические свойства породы: Истинная плотность, г/см^3 Насыпная плотность, кг/м^3 Пустотность, % Влажность, %		2,7 1470 45,5 3,2	2,68 1570 28,8 3,4	Пригодны для твердеющих закладочных смесей
6	Диоксид кремния моль/л Сера сульфиды Органические примеси	50 <1	42,3 <0,3	41,3 <0,3	Пригодны для твердеющих закладочных смесей
			Менее количества, придающего раствору гидроксида натрия окраску, соответствующую цвета эталона по ГОСТ 8735-88, п. 6		

Таблица 5 - Химический состав представленной пробы воды

Показатели	Максимальное допустимое содержание, мг/л								Водородный показатель (pH)	
	Растворимых солей		Ионов SO_4^{2-}		Ионов Cl^{-1}		Взвешенных частиц			
	По ГОСТ	Факт.	По ГОСТ	Факт.	По ГОСТ	Факт.	По ГОСТ	Факт.	По норме	Факт.
Вода	10000	208	2700	19,9	3500	17,0	300	Нет	4...12,5	6,5

Прочность образцов кубов должна соответствовать нормативной прочности закладочного массива принятой для условий рудника.

Дробление и домол отвальной породы и золошлака до требуемой крупности производилось в лабораторной дробилке (щековой) и шаровой мельнице.

Таблица 6 - Химический состав материалов

Содержание												
Номер пробы	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂	MnO	R ₂ O	П.П.П	Σ
ПЦ М400	22,44	4,65	4,11	-	65,69	1,75	0,33	-	-	-	0,2	99,07
Золошлаковая смесь	52,09	20,00	1,44	0,79	5,74	0,74	0,72	0,92	0,02	1,5	15,3	99,26

Таблица 7 - Гранулометрический состав золошлаковой смеси

Наименование остатков	Номера сит										
	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,08	0,05	Дно
Частные, г	307	314	343	274	131	190	124	73	82	32	80
Частные, %	30,7	31,4	34,3	27,4	13,1	19,0	12,4	7,3	8,2	3,2	8,0
Полные, %	30,7	62,1	96,4	123,8	136,9	155,9	168,3	175,6	183,8	187	195

Определение зернового состава заполнителей и золошлаков проводилось с использованием стандартного набора сит по ГОСТ 8269.0-97.

Закладочные смеси приготавливали в лабораторной бетономешалке.

Подвижность смеси определяли по ГОСТ 5802-86 с помощью конуса Строй ЦНИЛа.

Распływ смеси определяли с помощью мерного цилиндра.

Плотность закладочной смеси определяли по ГОСТ 10181.2-81.

Образцы кубы изготавливали в формах размером 70x70x70 мм в соответствии с ГОСТ 10180-90 и хранили на стеллажах во влажных опилках при температуре +20°C.

Прочностные характеристики образцов кубов определяли на испытательной машине МС-100 согласно ГОСТ 10180-901 в возрасте 7, 14, 28 и 90 суток.

Золоцементные вяжущие были составлены из расчета соотношение зола-цемент: 1,5; 1,75; 2,0. Золоцементные вяжущие были изготовлены путем совместного измельчения материалов в течение часа. Вследствие механо-химической активации кислая зола БТЭЦ приобретает свойства вяжущего. Результаты исследований цементно-золяных вяжущих приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Результаты исследования свойств цементно-золошлакового вяжущего

Шифр состава	Состав вяжущего, вес г.		Вода, г	НГ, %	Сроки схватывания, час:мин		Распływ конуса, мм	Прочность балочек, МПа в возрасте 28 сут.	
	З/щ	Ц			начало	конец		На изгиб	На сжатие
ЦР	-	1,0	105	26	3:55	6:10	110	3,5	36,0
3-1	2,0	1,0	155	38	9:30	15:00	125	0,8	2,4
3-2	1,75	1,0	155	38	9:40	16:00	125	1,0	2,8
3-3	1,50	1,0	155	38	9:20	17:00	120	1,0	2,9

Из таблицы 8 следует, что принятое для исследований цементно-золошлаковое вяжущее относится к низкомарочным и может быть использовано в качестве компонента закладочных смесей.

Подбор составов закладочных смесей для лабораторных исследований выполнен с учетом рекомендуемой мельнично-смесительной технологии закладочных работ с использованием дробленого и измельченного заполнителя и цементно-золошлакового вяжущего и воды для транспорта в самотечном режиме.

В качестве заполнителя использовали следующие материалы:

- песок (П) из гравийно-песчаной смеси;

- дробленую и измельченную пробу песчано-гравийной смеси (ПГС) состава: фракций 10...+2,5 мм = 15%; 2,5...+0,051 мм = 55%; менее 0,051 мм = 30%.

В составы с цементно-зольным вяжущим включали измельченную золу с содержанием частиц 0,05мм = 30%.

В таблице 9 приведены результаты исследований составов твердеющих закладочных смесей на основе цементно-золошлакового вяжущего.

Анализ результатов показывает, что исследуемые составы закладки с использованием цементно-золошлакового вяжущего имеют необходимый комплексный показатель реологических свойств в пределах 200...210 мм, удовлетворяющий требованиям трубопроводного транспорта в самотечном режиме.

Прочность образцов закладочной смеси возрастает с увеличением расхода вяжущего и количества активизирующей добавки портландцемента.

Увеличение расхода добавки цемента со 100 до 250 кг/м³ при фиксированной доле золошлака дает прирост прочности в 2,3...2,5 раза.

Установлено, что доизмельчение золошлака до содержания частиц 0,05 мм = 30% повышает прочность на 20...30%.

Прочностные показатели кубов-образцов на основе цементно-золошлакового вяжущего, удовлетворяющие требованиям технологии закладочных работ рудника (R28 = 2...2,5 МПа для формирования искусственного массива), имеют составы 5, 6, 7, 8, которые рекомендуются в качестве рабочих для составления технологического регламента на проектирование БЗК.

Таблица 9 - Результаты исследований составов твердеющих закладочных смесей на основе цементно-золошлакового вяжущего

Состав	Расход материалов, кг/м ³				Рас- плыв смеси, мм	Прочность кубиков, МПа, в возрасте, суток			
	Вя- жу- щее	Ц:З	Запол- нитель Смесь	Вода		7	14	28	90 про- гноз
1	300	1:2	1130	410	200	0,5	0,9	1,6	2,8
2	350	1:1,5	1060	415	200	0,6	1	1,8	3,2
3	400	1:3	970	425	205	0,6	1,2	1,9	3,3
4	325	1:1,5	1100	410	200	0,6	1,1	1,7	3,0
5	375	1:2	1030	415	205	0,7	1,3	2,0	3,5
6	400	1:1,7	990	425	200	0,9	1,6	2,7	4,7
7	450	1:2,0	890	440	205	1	1,7	2,8	4,9
8	400	1:1,0	1015	420	205	0,9	1,7	2,8	4,9
9	450	1:1,25	930	435	205	1,1	1,9	3,0	5,3
10	500	1:1,5	855	440	200	1,1	2,0	3,2	5,6
11	400	1:1	1005	430	200	0,8	1,3	2,2	3,9

Установлено положительное влияние золошлаковой смеси на реологические и прочностные свойства твердеющих закладочных смесей.

Добавка золошлаков в количестве 200...300 кг/м³ позволяет снизить коэффициент раскраиваемости до 1,3...1,25, уменьшает водоотделение, снижает предельное напряжение сдвига.

Литература:

1. Штауб И.В. Обработка алмазных месторождений Якутии подземным способом с закладкой выработанного пространства // Наука и техника в Якутии. – 2013. - № 2 (25).
2. Трубкин И.С., Зубков А.А. Закладочные смеси для горных выработок с применением конвертерных шлаков ммк и хвостов обогащения медно-серных руд// Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2007. - №3.

Рецензент: д.т.н., профессор Сеитов Б.М.