

5. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 4-yanvardagi “Toshkent shahrining uy-joy kommunal infratuzilmasini boshqarishni takomillashtirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi 5-sonli qarori
6. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020-yil 7-fevraldagi “Toshkent shahrining Yakkasaroy tumani, Jizzax va Marg‘ilon shaharlarida O‘zbekiston Respublikasining «Ko‘p kvartirali uylarni boshqarish to‘g‘risida»gi qonuni normalarini aprobatsiya qilish yuzasidan huquqiy eksperiment o‘tkazish to‘g‘risida”gi 64-sonli qarori
7. <https://kommunal.uz>
8. <https://kun.uz/news/2021/05/28>

УДК 622.273

## ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЕЦИАЛЬНЫХ ЦЕМЕНТНЫХ СМЕСЕЙ

*PhD, доц.Рахимов Ш.Т., асс.Самадов Х.С., асс.Бахритдинова С.Б. (ТАСУ)*

**Аннотация:** мақолада саноат чиқиндилари асосидаги тўлғазувчи қоришмаларнинг математик моделлари, оптимал таркиби ва хоссалари келтирилган. Тўлдириши тизимларини ривожлантиришда асосий йўналиши бу саноат чиқиндиларидан тўлғазувчи қоришмалар сифатида ишлатиши ҳисобланади.

**Аннотация:** в статье приведены математические модели, оптимальные составы и свойства закладочных смесей на основе отходов промышленности. Основным фактором развития систем с закладкой стало использование в качестве закладочных материалов твердеющих смесей, отходов промышленности.

**Abstract:** the article presents mathematical models, optimal compositions and properties of filling mixtures based on industrial waste. The main factor in the development of backfill systems was the use of hardening mixtures and industrial waste as backfill materials.

**Калим сўзлар:** цемент, тўлғазувчи қоришмалар; саноат чиқиндилари; математик модел; учувчан кул; мис эритиши тошқоллари; тоғ бўшиқлари.

**Ключевые слова:** цемент, закладочные смеси; отходы промышленности; математический модель; зола-унос; шлаки медеплавильного производства; выработанная пространства.

**Key words:** cement, filling mixtures; industrial waste; mathematical model; fly ash; copper smelting slag; mined out space.

**Введение.** В мире в строительстве и в горнорудной промышленности увеличивается доля использования эффективных энергосберегающих технологий. В частности в таких развитых странах мира как США, Германия, Япония, Китай, Россия всё очень важное значение имеет применение систем разработки с закладкой выработанного пространства не из природного сырья, которая представляет собой смесь инертных материалов с вяжущими веществами, а различных отходов и попутных продуктов промышленности, в первую очередь, горнодобывающей, топливо-энергетической, химической и металлургической, так как при этом обеспечивается их прочность и устойчивость. В этом отношении особое внимание уделяется разработке составов новых строительных материалов, в частности закладочных смесей на основе местного сырья и промышленных отходов и созданию энергосберегающих технологий для их производства [1].

Анализ ранее выполненных исследований показал, что в области повышения энергоэффективности и создания ресурсосберегающих технологий при производстве закладочных смесей для заполнения выработанных пространств образуемые при добыче цветно-металлургических руд были достигнуты очень важные положительные результаты [2, 3].

**Методы.** Для этой цели разработаны математические модели получения закладочных смесей с предварительно заданными свойствами на основе корреляционно-регрессивным анализом.

Варьируемые факторы:

$x_1$ -расход портландцемента в закладочной смеси, кг;

$x_2$ - расход золы в закладочной смеси, кг;

$x_3$ - расход суперпластификатора FREM C-3, кг

Процесс оптимизации описывается полиномом второго порядка, для чего был выбран ортогональный план полного факторного эксперимента (табл. 1).

Уравнение, которым описывается процесс оптимизации, имеет вид:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 - a_{1,2}x_1x_2 + a_{1,3}x_1x_3 + a_{2,3}x_2x_3 + a_{1,2,3}x_1x_2x_3 + a_{1,1}x_1^2 + a_{2,2}x_2^2 - a_{3,3}x_3^2 \quad (1)$$

Таблица 1

Ортогональный план полного факторного эксперимента

| Исходные данные планируемого эксперимента | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ |
|---|-------|-------|-------|
| Центр эксперимента                        | 120   | 30    | 3     |
| Интервал варьирования                     | 40    | 10    | 1     |
| Верхний уровень ( $x_i=+1$ )              | 160   | 40    | 4     |
| Нижний уровень ( $x_i=-1$ )               | 80    | 20    | 2     |

где,  $Y = R_{28 \text{ сут}}$  – предель прочности на сжатие (28 сут.) закладочного смеси, МПа.

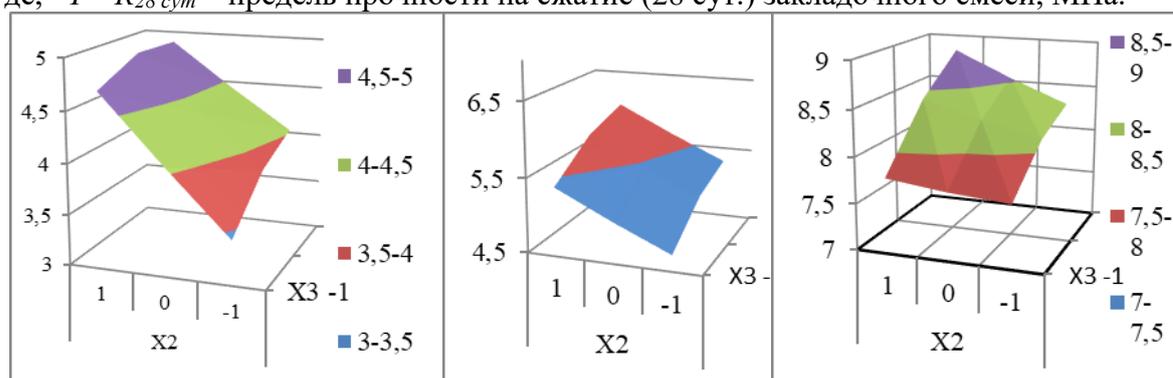


Рис.1. График зависимости прочности закладочного смеси на количестве портландцемента ( $x_1$ ), золы ( $x_2$ ) и добавки ( $x_3$ ): а)  $x_1=-1$ ; б)  $x_1=0$ ; в)  $x_1=1$

Для выявления процессов структурообразования в цементных и золоцементных композициях нами исследовались образцы твердевшие 28 суток в камере нормального твердения при температуре 20 °С и влажности воздуха 95%.

Твердение закладочной смеси с золой-унос обусловлено гидратацией оксида кальция, ангидрида и взаимодействием указанных продуктов с гидролизующимся в щелочной среде стеклом золы, а также с аморфизованным глинистым веществом. Увеличить число новообразований продуктов гидратации, а значит и увеличить прочность закладочного массива, возможно при введении в состав смеси на золе-уносе обычного портландцемента.

Таким образом, во время твердения закладочной смеси в нормальных условиях происходит гидратация оксида кальция (CaO) золы, гидратация минералов портландцемента, взаимодействие гидроксида кальция с аморфизованным глинистым веществом золы и карбонизация цементирующего состава. В связи со значительным содержанием оксида кальция (CaO) в исходной золе сухого отбора, полного усвоения Ca(OH)<sub>2</sub> при твердении не достигается, что является резервом роста прочности

закладочной смеси во времени. Это подтверждается изменением прочности закладочной смеси в результате испытания образцов после 7, 28 и 60 суток.

**Результаты.** Разработка оптимальных составов закладочных смесей производилось расчетно-экспериментальным способом на основании данных математического метода планирования, с дальнейшим уточнением при изготовлении пробных замесов закладочных смесей в лабораторных условиях с испытанием фактических реологических и физико-механических свойств смесей и затвердевших образцов (рис.2) [4, 5].

Подтверждена возможность получения закладочных смесей с вяжущим композиций с использованием зола-уноса и шлака медеплавильного производства. При этом процессы структуры образования в изучаемых композициях обеспечивают формирование плотных и прочных контактов за счет реализации свойств всех компонентов системы, обеспечивающей не только их физическое, но и химическое взаимодействие.

**Заключения.** С помощью методов математического планирования экспериментов предложены зависимости, связывающие прочность с количественными характеристиками компонентов закладочной смеси. На основе установленных закономерностей разработана оптимизационная модель, минимизирующая расход вяжущего и устанавливающая связь между составом и свойствами смеси. В результате получена эффективная закладочная смесь с плотностью 1950-2060 кг/м<sup>3</sup>, прочностью на сжатие 1,79-8,94 МПа, подвижностью 11-12 см, пористостью 8-10 %, влажностью 7-11 % и позволила сократить расход цемента на 20-25 %.

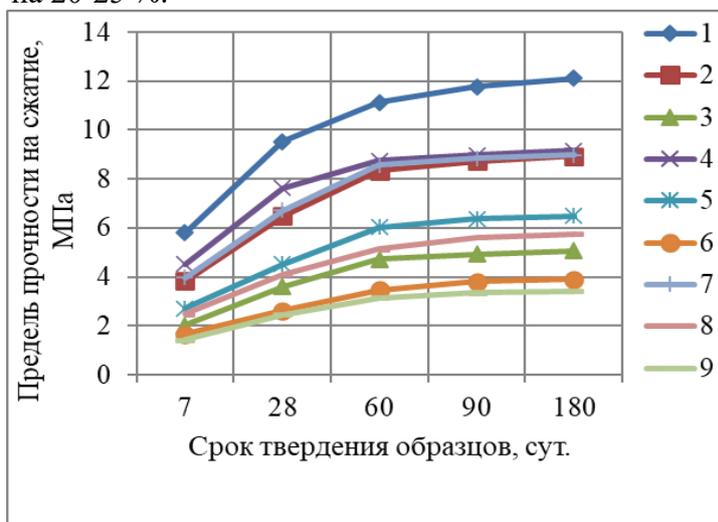


Рис.2. Прочностные характеристики закладочных смесей оптимального состава:  
 1- контрольный образец, цемент-200 кг; 2- контрольный образец, цемент-150 кг;  
 3- контрольный образец, цемент-100 кг; 4-цемент-160 кг, зола-унос-40 кг; 5- цемент-120 кг, зола-унос-30 кг; 6- цемент-80 кг, зола-унос-20 кг; 7- цемент-160 кг, шлак-40 кг; 8- цемент-120 кг, шлак-30 кг; 9- цемент-80 кг, шлак-20 кг

#### Список литературы

1. Рахимов Ш.Т. Отходы горнорудной промышленности для заполнения выработанного пространства/Газиев У.А., Рахимов Ш.Т./ Материалы международной научно-практической конференции “Исследование в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении”. - Саратов. -19-20 ноябрь. -2016. -С.87-89.
2. Rakhimov, S. T., Normurodov, A., & Nomozov, I. (2021). DEVELOPMENT OF COMPOSITIONS OF FINE-GRAINED CONCRETE BASED ON INDUSTRY WASTE. *Oriental Journal of Technology and Engineering*, 1(01), 10-14.
3. Gaziev, U.A., & Rakhimov, Sh. T. (2020). Filling mixtures with the use of waste from the mining and smelting plant of Uzbekistan. *Modern Industrial and Civil Engineering*, 16(3), 109-115.
4. Gaziev, U. A., & Rakhimov, Sh. T. (2015). Development of optimal compositions of stowing mixtures using waste from the mining and metallurgical industry. In *Modern technologies in construction, heat supply and energy supply* (pp. 78-80).
5. ГОСТ 5802-86. Растворы строительные. Методы испытаний. /М: Изд-во Госстандарта. – Переиздание. -2010.