

УДК 91.100.15  
**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЗОЛО-ШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ**

профессор А.И.Хамидов  
 Наманганский инженерно-строительный институт, Узбекистан  
 E-mail: [adxamjon1954@gmail.com](mailto:adxamjon1954@gmail.com)

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы использования золо-шлаковых смесей при производстве строительных материалов, приведены результаты исследований по определению физико-механических характеристик растворов, приготовленных из различных составов.

**Abstract.** The article deals with the use of ash-slag mixtures in the production of building materials, presents the results of studies to determine the physical and mechanical characteristics of solutions prepared from various compositions.

**Ключевые слова.** Бетон, вяжущее, цемент, золо-шлаковые смеси, пластифицирующие добавки, сульфитно-дрожжевая барда, супер-пластификаторы, наномодификаторы, наночастицы, прочность,

**Keywords.** Concrete, binder, cement, ash-slag mixtures, plasticizing additives, sulfite-yeast stillage, super-plasticizers, nanomodifiers, nanoparticles, strength.

**Введение.** Основная задача материаловедения – для эффективного использования бетона, совершенствование его состава и улучшения физико-механических свойств. Современные бетоны по сравнению с обычным, должны быть долговечными, при этом уменьшения расхода материалов без потери эксплуатационных свойств.

Среди промышленных отходов одно из первых мест по об'емам занимают золы и шлаки от сжигания твердых видов топлива (уголь разных видов, горючие сланцы, торф) на тепловых электрических станциях.

Золо-шлаковые отходы (ЗШО), отрицательно воздействуют на окружающую среду, их накопление приводит к загрязнению грунтовых вод и земельных ресурсов.

Необходимо отметить, что ЗШО не вывозятся с территории ТЭС, они соединяясь с оборотными водами образуют гидроульпы.

Территории отведенные под ЗШО становятся непригодными для использования в сельском хозяйстве или для других целей, становятся зонами отчуждения.

Для создания зон отходов (золоотвалов) для золо-шлаковых примесей (ЗШП) в ТЭС, работающих на углях приведенные затраты, платежи на экологию, инвестиционные расходы составляют 5-7% от стоимости вырабатываемой электроэнергии.

В частности для создания новых золоотвалов расходы могут составить 2-4 миллиарда рублей, для строительства ограждающих дамб более 1 миллиарда рублей, и эти расходы оплачиваются потребителями энергии и тепла.

В связи с этим обеспечение экологической безопасности ТЭС – это утилизация ЗШП.

В большинстве развитых странах уделяется большое внимание использованию ЗШП для производства строительных материалов: в Германии и в Дании около 100%, в США, Великобритании, Польше и в Китае около 50-70%. Однако в странах СНГ только 8-10% ЗШП подвергается утилизации и используется при производстве строительных материалов.

На рынке товаров основные потребители ЗШО – строительная индустрия и промышленность строительных материалов. Использование ЗШП уменьшает

себестоимость строительных материалов (цемента, сухих строительных смесей, бетона, строительных растворов и др.) минимум на 15-30%.

Наибольший интерес вызывают технологии применения золо-шлаковых отходов в следующих производствах [1]:

- в производстве портландцемента (как активные кремнеземистые добавки) в количестве 10-15 процентов, в производстве пуццолановых портландцементов марок 300-400 – до 30-40 процентов (золопортландцемент);
- при изготовлении строительных растворов – как активная добавка в количестве 10-30 процентов от массы цемента, при использовании в строительных растворах портландцемента высоких марок (400-500) применение пылевидной золы может сократить его расход до 30 процентов;
- в качестве активного микронаполнителя в тяжелых бетонах, что позволяет снизить расход цемента от 6-10 процентов в бетонах нормального твердения до 12-25 процентов в пропариваемых;
- в производстве силикатного кирпича;
- в жаростойких бетонах – в качестве наполнителя вместо шамотного порошка, что существенно снижает себестоимость таких бетонов;
- при изготовлении зольного и аглопоритового гравия;
- в производстве мелкозернистого аэрированного золобетона и изделий на его основе, в качестве мелкой фракции легких бетонов на пористых заполнителях плотной и поризованной структуры;
- в качестве сырьевых материалов для дорожной промышленности;
- использование золо-шлаковых отходов с повышенным содержанием частиц несгоревшего топлива в производстве глиняного кирпича, что не только улучшает его качество, но и снижает расход технологического топлива на обжиг.

При производстве бетонных смесей и строительных растворов в качестве минеральной добавки, частично заменяющей цемент, а также для частичной или полной замены мелкого заполнителя могут использоваться зола-унос и золо-шлаковый материал. Наиболее эффективно применение золы-уноса в бетонах низких классов (до В20), в частности в бетонах, применяемых для строительства плотин, фундаментов, оснований. Количество вводимой золы колеблется от 30 до 90 кг на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси.

В последние годы проведены много исследований по использованию золы-уноса в производстве строительных материалов.

Введение в состав вяжущих, используемых для бетона, тонко измельченной золы-уноса – одно из перспективных и эффективных направлений уменьшения расхода цемента и решения экологической проблемы. В результате использования золы для бетона решаются основные задачи: экономия энерго-материальных ресурсов, утилизация промышленных отходов, улучшение экологических условий.

Химический состав золы близок составу клинкера цемента, в связи с чем, его с успехом можно использовать в качестве добавок при производстве цемента. В таблице-1 приведены примерный состав оксидов золы и клинкера цемента.

Таблица-1. Состав золы и клинкера цемента

Состав золы	В проценте, %	Состав клинкера цемента	В проценте, %
SiO <sub>2</sub>	35 – 60	SiO <sub>2</sub>	19-24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15 – 35	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4-8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2-6
CaO	30	CaO	63-68

Качество применяемой в бетонах и строительных растворах золы-унос должно соответствовать требованиям ГОСТ 25818–91 «Золо-шлаковые материалы».

ГОСТ 25818–91 распространяется на золу-унос, которая применяется в качестве компонента для изготовления тяжелых, легких, ячеистых бетонов и строительных

растворов, а также в качестве тонкомолотой добавки для жаростойких бетонов и минеральных вяжущих для приготовления смесей и грунтов в дорожном строительстве.

Для изготовления тяжелых и легких бетонов, строительных растворов золы-унос применяют для снижения расхода цемента и заполнителей, улучшения технологических свойств бетонных и растворных смесей, повышения качества бетонов и растворов [2].

**Проблемы.** Недостаточный объём использования ЗШП объясняется следующими их недостатками – повышенное содержание зол (до 53%), пористость (до 1600 м<sup>2</sup>/кг), повышенное водопотребность, приводящая к снижению прочности строительных материалов и изделий на их основе.

Необходимо отметить, что совместный помол цементного клинкера и ЗШО приводит не только к уменьшению фракции цемента, но и к повышению их удельной поверхности, что увеличивает взаимодействие цементных частиц с водой. Однако, помол смесей снижает эффективность производства, а также использование ЗШО в бетонных смесях приводит к увеличению водопотребности, что приводит к снижению прочности бетонов.

**Исследования.** На кафедре “Строительные материалы и изделия” Наманганского инженерно-строительного института проводятся научно-исследовательские работы для получения строительных материалов на основе золо-шлаковых примесей.

Для этих целей из различных компонентов приготовлены образцы размером 70х70х70 мм. В качестве добавок использован суперпластификатор Джалилова-СДж-3 [4]. Водоцементное отношение принято 0,5. В качестве эталона использован портландцемент марки 400 (без добавок). После 28-суточного твердения в нормальных условиях, образцы испытаны в лабораторных условиях для определения физико-механических характеристик. В исследованиях использованы результаты научных работ В.С.Прокопеца [5].

В таблице 2 приведены результаты исследований по определению физико-механических характеристик растворов, приготовленных из различных составов.

Таблица – 2. Физико-механических характеристики образцов

№ остава	Содержание компонентов в вяжущем, %				Плотность, г/см <sup>3</sup>	Время схватывания, начало- конец, мин. - час.	Предел прочности после 28- суточного твердения, МПа	
	Цемент (М400)	Зола	Шлак	Добавки			При сжатии	Растяжении при изгибе
1	100	-	-		3,1	45 - 10	40,2	6,2
2	70	30	-		3,2	50 - 11	34,8	3,2
3	27	40	30	3	3,04	52 - 11	39,5	6,4
4	36	40	20	4	3,05	53 - 13	40,7	6,5
5	47	29	19	5	3,07	55 - 14	41,5	6,6

Из таблицы видно, что при добавлении в состав растворной смеси только золы (2 состав) уменьшает его прочность.

При добавлении в состав растворной смеси (5-состав) золы, шлака и добавок - суперпластификатор Джалилова-СДж-3 показатели образцов выше (по сравнению с 1 составом).

Перспективные направления снижения водопотребности смесей - это использование пластифицирующих добавок и наномодификаторов (углеродные астралены, фуллерены и нанотрубки, оксиды металлов, известь, наночастицы и др.).

Введение в состав бетона пластифицирующих добавок и наномодификаторов улучшает их физико-механические характеристики, повышает прочность и величину модуля упругости, водонепроницаемость, и морозостойкость, снижает значения предельной деформации усадки [6].

Применение наномодификаторов для улучшения свойств бетонов на основе золошлаковых смесей открывает широкие возможности целенаправленного управления экономическими, технологическими и физико-механическими свойствами бетонов.

**Выводы.** Использование золо-шлаковых примесей (ЗШП) при производстве строительных материалов в настоящее время является весьма актуальной как с экономической так и с экологической точки зрения. Цементные растворы на золошлаковых отходах имеют достаточную прочность и могут быть использованы для приготовления бетонов.

Комплексный подход к переработке золо-шлаковых отходов способен дать большой экономический эффект. Для этого необходимо разработать промышленные технологии использования золо-шлаковых отходов, а также выработать комплекс маркетинговых мероприятий по продвижению продукции на основе ЗШО. Необходимо всестороннее изучение рынка строительных материалов (производителей, их возможности и желание использовать золо - шлаковые отходы в своем производстве), а также поиск и налаживание контактов с потенциальными потребителями нового продукта.

#### Литература:

А.Бернацкий, Н.Машкин. Золошлаковые отходы: опыт и перспективы использования. Новосибирский архитектурно-строительный университет. [\Газета "Энергетика и промышленность России" \№ 10 \(102\) май 2008 года \Энергетика.](#)

1. Copyright © 2012 - ООО ЭнергоЗолоРесурс.
2. ГОСТ 24211-03 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия»
3. Samigov N.A, Karimov M.U, Mazhidov S.R, Mirzaev B.K. Physico-chemical structure of expanded clay concrete properties with complex chemical additive KDj-3 of the “relaxol” series//International Journal.
4. В.С.Прокопец. Использование золо-шлаковых отходов для бетонов. // Вестн. СибАДИ. - 2008. - Вып.7. - 22-30 с.
5. А.Хамидов, Б.Шаропов, М.Мухторалиева. Определение свойств бетона на основе золо-шлаковых отходов. Материалы международной конференции “Инновации в строительстве, энергосберегающие технологии и сейсмическая безопасность конструкций сооружений”, Наманган, 7-8 ноября 2019.– 188-190 с.