

А.М. Абдыров¹, Р.К. Ниязбекова², Н.С. Серикбаев², Ж.Т. Ибраева²,
Л.С. Шаншарова², Н.М. Оспанова², С.С. Алдабергенова¹

¹ НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им.
С. Сейфуллина», Астана, Казахстан

² РГП на ПХВ «Казахстанский институт стандартизации и метрологии»
Комитета технического регулирования и метрологии

Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан «, Астана, Казахстан

E-mail: zhanna.83-01@list.ru

Воздействие золошлаковых отходов на сроки схватывания цементного теста и паст

Аннотация. В данной работе описан принцип получения цементного композиционного теста и пасты на основе смесей золошлаковых отходов. Проведен анализ химического состава образцов золошлаковых смесей. Проведено изучение по определению основных физико-механических свойств вяжущего. Исследованы разные методы вступления золошлаковых отходов в разные сроки схватывания и изучено их воздействие на основные свойства композиционного материала.

Ключевые слова: техническое сырье; золошлаковые смеси; смешение; измельчение; композиционные вяжущие; гидравлическая активность; дисперсность, водопотребность, прочность.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-145-4-98-110

1. Введение

Различные исследования в области низко эмиссионного бетона, так же известного как «зеленый бетон», направлены на переработку отходов производства и снижение количества портландцементного клинкера в составе бетона без ухудшения его механических свойств [1]. Для этих целей используются такие добавки к бетону, как зола-унос и доменный шлак. Летучая зола является побочным продуктом процесса сжигания угольной пыли на ТЭС и электростанциях и может быть использована в качестве добавки в цемент после прохождения процедуры сертификации. Использование летучей золы в качестве добавки к цементу и бетонным смесям позволяет утилизировать отходы, снизить затраты на производство строительных материалов, уменьшить углеродный след и положительно влияет на некоторые физические свойства бетона [2]. Кроме того, в ряде экспериментальных испытаний было показано значительное увеличение прочности материала после добавления летучей золы. Данная работа была подготовлена с целью определения воздействия отходов, в частности летучей золы, на процесс образования конструкций и постижения воздействия добавки на сроки схватывания.

Целью работы было определение воздействия добавки летучей золы на свойства цементных камней, вид и схему продуктов гидратации, а еще разделение и структурные свойства летучей золы в условиях обычного схватывания.

Были исследованы технические свойства цементных суспензий и паст. Определены показатели нормальной плотности и времени схватывания цементного полотна.

Экспериментальные данные представлены в виде выводов о влиянии добавок (золы-уноса) на сроки схватывания цемента. В качестве образцов использовались портландцемент 500 без добавок и ПЦ 500 с добавками. Стандартную плотность и сроки схватывания определяли по ГОСТ 310.3-76 [4].

2. Методы

Для изучения возможностей использования золы, собранной с золоотвалов и золоуловителей, был определен элементный состав золы с помощью рентгено флуоресцентного анализатора. Анализ проводится на рентгено флуоресцентном энерго дисперсионном спектрометре модели Epsilon1. Принцип действия спектрометра основан на методе энерго дисперсионной рентгеновской флуоресценции. Вторичное (в том числе характеристическое) излучение, возбуждаемое в образце, регистрируется энерго дисперсными каналами, построенными на кремниевом дрейфовом детекторе высокого разрешения. Сигналы детектора обрабатываются многоканальным амплитудным анализатором. Источником рентгеновского излучения для спектрометра служит первичная фильтрованная рентгеновская трубка ($U = 50$ кВ, $I = 0,5$ мА, максимальный выход 5 ВА, материал анода - серебро). Рентгено флуоресцентный анализ является одним из самых современных спектроскопических методов исследования материалов с целью получения элементного состава, т.е. элементного анализа. Это позволяет обнаружить широкий спектр элементов. Рентгено флуоресцентный анализ основан на сборе и последующем анализе спектров, получаемых при облучении исследуемого материала рентгеновскими лучами [5].

Результаты анализа состава 1 образца (Зола (Экибастузский ТЭЦ)) указаны в таблице 1.

Таблица 1. Элементный анализ золы Экибастузского угля

Элемент %	Зола (Экибастузский ТЭЦ)
Al	20.932
Si	56.737
S	0.298
Cl	0.136
K	1.597
Ca	3.844
Ti	2.718
V	0.057
Cr	
Mn	0.214
Fe	11.656
Sr	0.183
Ba	0.22
Eu	0.076

Соединения основных элементов (Si, Al, Fe, O, Ca, Ti, Mg, S, K, Na) образующих основную золу, составляют до 98-99 процентов золошлаковых отходов. При этом, Al=20.932%, Si=56.737%, Fe=11.656%, Ca=3.844%, Ti=2.718%, K=1.597%, S=0.298%. Фактически все остальные элементы (микроэлементы) присутствуют в золе в концентрации менее 0.1 % и менее. При сжигании угля у некоторых микроэлементов, как (Sr, Ba, Sc, Y, La, Ti, Zr и др.)

концентрируется в шлаке. Помимо того, иные элементы (к примеру, Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb и др.) при температурах выше 1000 °С улетучиваются из зоны высоких температур и оседают в электрофильтрах, ураганах (при 110–120 °С). Причем химические свойства ЗШО сильно варьируются в зависимости от типа угля, температуры сжигания, спецтехнологии сжигания, соотношения воздух - горючее и размера частиц угля [6].

Обзор полученных итогов показывает, что добавка летучей золы с Экибастузских ТЭЦ снижает типичную плотность с двадцати семи % до 24.5 % в зависимости от дозировки и изменяет сроки начала схватывания с 3 часов до 1.6 часа, а конца с 5.5 до 3.1 часов. Можно предположить, что сочетание суперпластификатора С-3 и ускорителя твердения тиосульфата натрия подобрано в оптимальных соотношениях.

Индивидуальное использование отдельных компонентов универсальных комплексных добавок не может одновременно предоставлять составное влияние на типичную плотность и сроки схватывания цементного полотна [7.8].

Эксперименты по изучению свойств цементных паст и затвердевших композиционных материалов показывают, что цементы с оптимальным количеством добавки золы – уноса имеют более высокую прочность по сравнению с цементами без добавки.

Значимо установить воздействие добавок на сроки схватывания цемента.

Таблица 2 - Итоги изучения воздействия добавок на сроки схватывания цемента

Наименование вяжущего	Вид, количество добавки, % от сухого цемента	Начало схватывания, ч. мин.	Конец схватывания, ч. мин.
Портландцемент М400		1ч. 47 мин.	4 ч. 20 мин
Портландцемент с добавкой	Летучая зола		
	10	1 ч. 45 мин.	4 ч. 30 мин.
	15	1 ч. 50 мин	4 ч. 35 мин.

Изучения по определению типичной плотности цементного теста, содержащего в своем составе добавку золы-уноса, представляют существенный интерес.

Итоги изучений приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Итоги определения типичной плотности цементного теста

Вид композита	Вид, количество добавки, % от сухого цемента	Нормальная, густота, %
1	2	3
ПЦ М500	-	26
ПЦ+ 5% золы уноса	10	27
ПЦ+10% золы уноса	15	27,8
ПЦ+15% золы уноса	20	28

В исследованных составах наблюдалось удлинение сроков схватывания вяжущих. Это связано с тем, что зола – унос влияет на процесс начального структурообразования цементных суспензий и паст, способствуя повышению когезии частиц [9].

Процесс гидратации в начальный период схватывания (до 3 суток) дополнительно исследовался по интенсивности пиков в фазе гидратации. Анализируемые данные представлены в виде микро фотографий образцов золы, отвержденных в течение 3 суток, и рентгенограмм образцов золы, отвержденных в течение 3,7 и 28 суток.

Представленные на рисунке микрофотографии отвержденных образцов свидетельствуют о том, что частицы летучей золы, содержащие алюминат кальция, способствуют образованию гидросульфоалюмината кальция, который активно адсорбируется на поверхности частиц. Добавление золы - уноса, содержащей алюминаты кальция, приводит к образованию гидросульфоалюмината кальция в результате гидратации, что способствует повышению прочности. Об образовании гидросульфоалюмината кальция свидетельствуют данные рентгено структурного анализа, представленные на рисунке 1-5 [10,11,12].

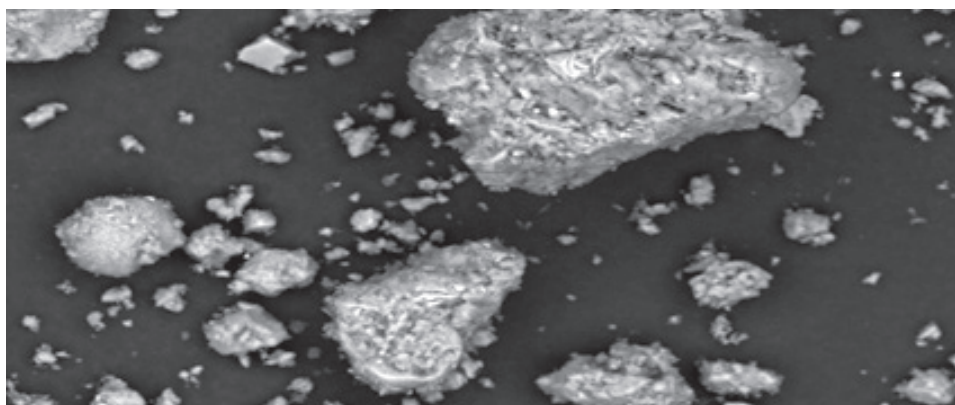


Рисунок 1. Микрофотографии твердевших образцов без добавки, х в 1000

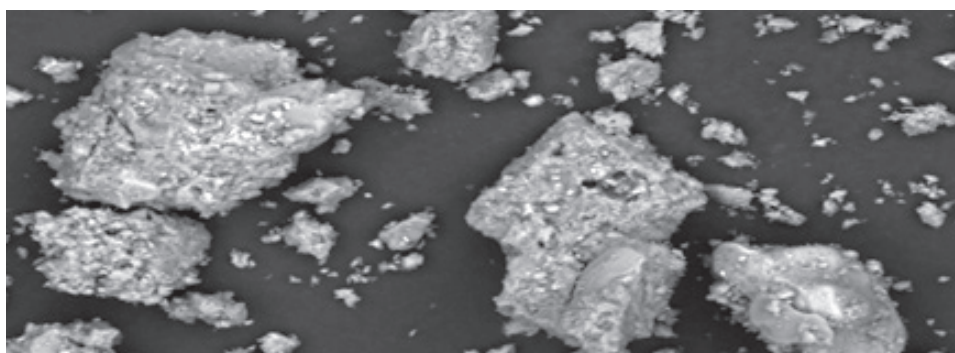


Рисунок 2. Микрофотографии твердевших образцов ПЦ+15% золы уноса

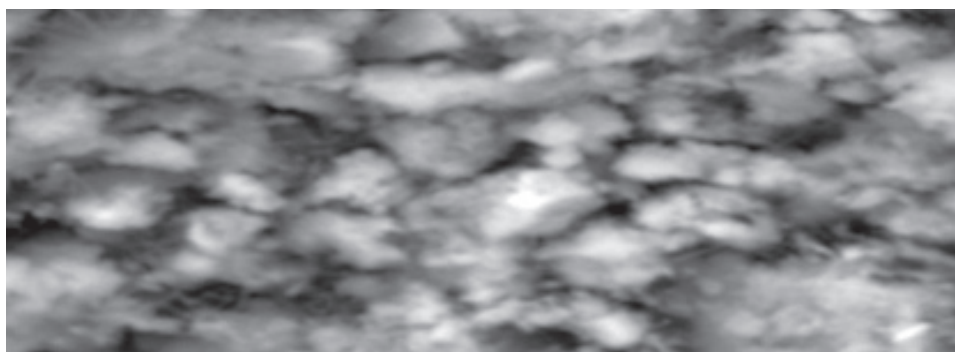


Рисунок 3. Микрофотографии твердевших образцов ПЦ+15% золы уноса, х в 7000

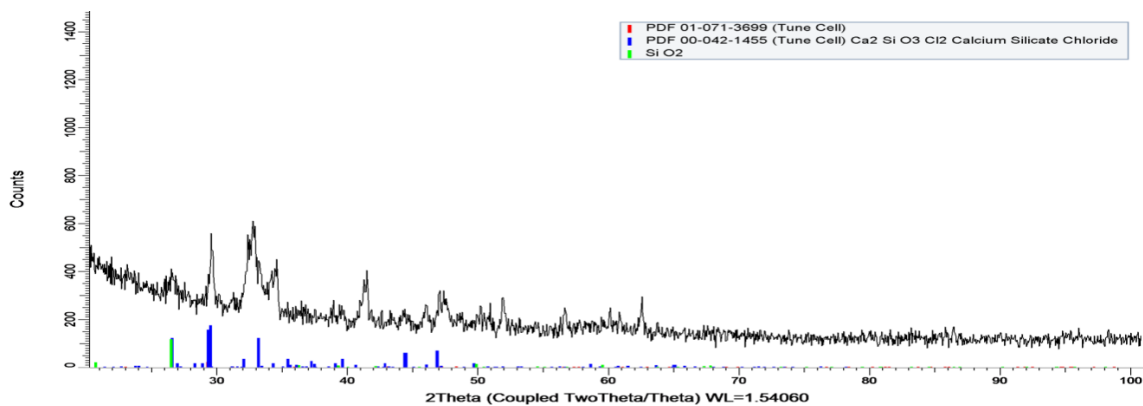


Рисунок 4.Ренгенограммы образцов с золой уноса 15%, твердевших в течение 3 суток

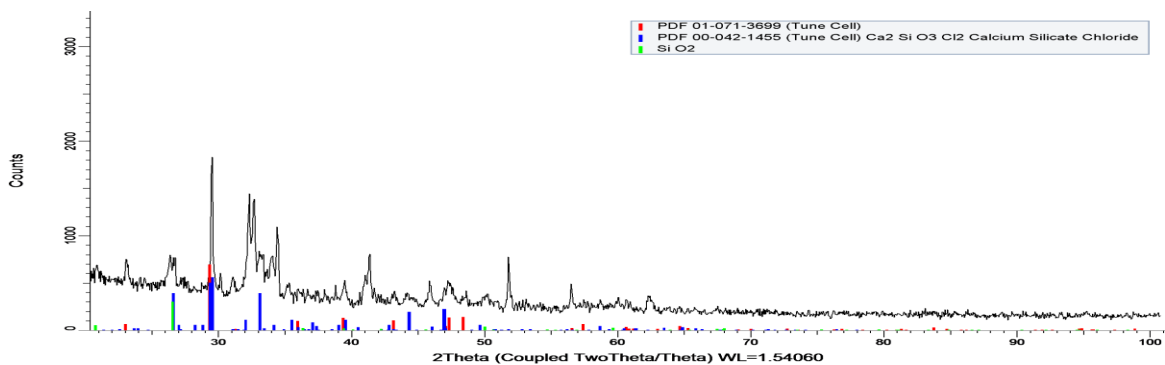


Рисунок 5. Ренгенограммы образцов с золой уноса 15%, твердевших в течение 7 суток

Считается, что зола - унос как добавка также изменяет схему и пористость цементного камня. Отличия в микроструктуре цементных камней с золой - уносом и без нее свидетельствуют о том, что цементные камни без добавок (рисунок один) имеют больше трещиноватую схему и менее плотную упаковку гидратных новообразований [четырнадцать]. Помимо того, отслеживалось существенное число усадочных трещин, что можно объяснить высыханием в периоды твердения - 3, 7 и 28 суток в природных условиях. Цементные примеры с золой - уносом имеют больше высокую плотность упаковки кристалло гидратов и фактически не имеют усадочных трещин.

Для определения влияния кремния на структуру цементного камня в цементную пасту добавляли кремний в количестве от 2% до 8% от массы вяжущего. Результаты показали, что присутствие кремния + алюминия влияет на плотность, пористость, однородность и новообразования структуры цементного камня. Добавление большого количества золы - уноса от массы вяжущего позволило подтвердить наличие новообразований в цементном камне с помощью рентгеновского оборудования [15].

В таблице 4 приведены результаты испытаний цементных тестов на нормальную плотность и сроки схватывания.

Таблица 4. Воздействие летучей золы на типичную густоту и сроки схватывания цементного теста

Вид добавки	Количество от массы цемента, %	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, ч	
			начало	конец
ПЦ+5% лет.золы	–	26%	3,0	5,5
ПЦ+10% лет.золы	2	27%	2,6	5,1
ПЦ+15% лет.золы	3	27,80%	2,3	4,6
ПЦ+20% лет.золы	4	28%	2,1	3,65
ПЦ+30% лет.золы	5	28,40%	1,6	3,1
ПЦ+40% лет.золы	0,6	28,30%	3,6	5,1

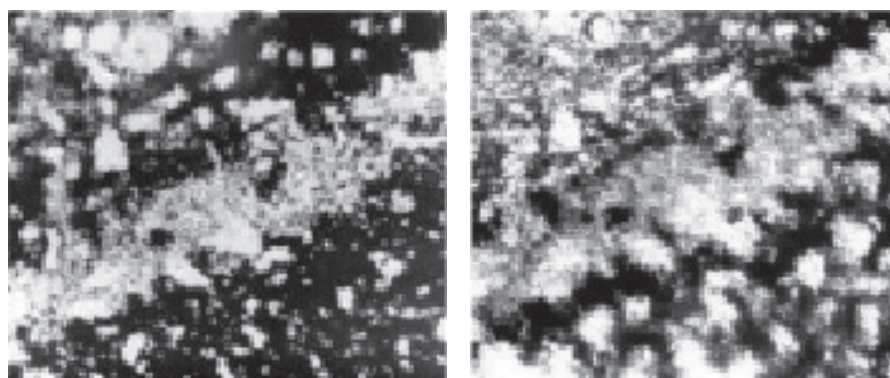
Обзор итогов рентгено структурного обзора разрешает предположить, что в итоге взаимодействия летучей золы с вяжущим образуются соли гио сульфата кальция, которые больше устойчивы, чем соли тиосульфата натрия.

Отслеживается также диспергирующее действие на зерна шлака (рисунок 3), что содействует возрастанию прочности цементного камня [16]. Петрографический обзор цементной ткани показывает, что кристалличность цементного камня с добавками золы - уноса выше, чем без них (рисунок 4) и (рисунок 5). Кристаллы с добавками больше мелкие и лучше кристаллизуются, видны отчетливые силуэты новообразований в массе цементного камня.

Помимо того, определение пористости цементного камня показало, что поры композиции с добавками имеют положительную округлую форму и равномерно распределены по всему объему [17].

Пористость рассчитывалась по способу окклюзионной сетки. При применении добавки всеобщая пористость уменьшилась на 0.шесть процентов, что свидетельствует об уплотнении цементного камня. Помимо того, изменился и добротный состав пор. В итоге число пор до 0.пять - 10-2 см увеличилось на пять процентов, а число пор до 1.0 - 10 - 2 см также увеличилось на 5% [18].

Итоги литологических изучений были подтверждены данными по прочности цементного камня. От того что спец технология монолитного бетона предусматривает послойное возведение конструкций с перерывами в укладке бетона, представляет интерес освоение контактных швов древнего и нового бетона, показанных на рисунке 6 а и 6 б [19.20].



а)

б)

Рисунок 6. Петрография контактного шва цементного камня: а) верхняя граница контакта; б) нижняя граница контакта

В реальное время работы по обеспечению контактного шва между слоями бетона при постоянном бетонировании больше трех суток выполнялись в основном полимерными композициями либо коллоидными цементными клеями.

3. Результаты и обсуждения

По суждению Н.В. Михайлова, основными факторами, влияющими на схватывание древнего и нового бетона, являются обстоятельства образования и свойства кристаллического материала в зоне контакта. Изучения свойств контактной зоны проводились в «чистом виде», без учета других факторов, которые могут предоставлять значительное воздействие на крепкость шва, впрочем физико-химические процессы, происходящие при соединении бетонных швов, не были определены [21,22]. Для сопоставимости экспериментальных итогов все операции со всеми составами цементных паст повторялись в одном и том же порядке.

В.И. Соловьев предложил метод бесшовного возведения монолитных конструкций, разрешающий предоставить монолитность контактных швов [23]. В процессе экспериментов было найдено, что при обработке поверхности затвердевшего бетона разными солями происходит постепенное растворение солей на поверхности. Эксперимент был повторен в условиях, исключающих смачивание солей за счет влажности воздуха, но итоги остались бывшими. Дальше было определено время твердения бетона, приводящее к смачиванию соли на поверхности бетона. Было установлено, что смачивание происходит на цементном камне, а период твердения находится в пределах 3 суток. Перенос влаги с цементного камня на растворенную соль приводит к освобождению контактного пограничного слоя, реализации в нем небольшого осмотического давления и проникновению образовавшегося раствора в камень. Это приводит к сшиванию пограничного слоя в затвердевшую массу. В данном случае поверхностный слой карбоната кальция уже не оказывает значительного воздействия на образование нового заполнителя в затвердевшем цементном камне. Освоение осмотических свойств цементного камня разрешило применять это явление для склеивания древнего цементного камня с новым.

Помимо того, было найдено, что если в момент растворения вибрировать поверхность цементного камня, контактирующую с растворенной солью, то она разжижается, превращаясь в цементный гель. После прекращения вибрации разжиженный слой затвердевал как обыкновенный цементный камень. Полученные цементные камни не имели знаков повторного уничтожения и не теряли прочности по сопоставлению с контрольными примерами. Аналогичная операция была допустима и с цементными камнями, затвердевшими в природных условиях.

С помощью итогов этих экспериментов был разработан способ бетонирования монолитных конструкций, который лег в основу доктрины бесшовного бетона. Эксперименты с бесшовным бетоном проводились дальнейшим образом: подготавливался цементный раствор с В/Ц 0.35.

После этого подготавливался тот же цементный раствор, на поверхность затвердевшего примера в опалубке наносился порошкообразный тиосульфат натрия и вибрировался микрошариками до образования на поверхности гелеобразной массы. После этого 2-й слой распределялся по вибростолу обыкновенным методом и уплотнялся. Число тиосульфата натрия составляло 0.5 г на см².

Из отвержденных образцов были изготовлены образцы и сделаны фотографии [24,25]. На рисунке 6 а, б показаны контактные швы древнего и нового цементных камней, забетонированных по разработанной методике. На рисунке 6 а, б показаны контактные швы нового и древнего цементных камней, забетонированных по разработанной методике. Заметно, что гидраты оксида кальция распределены как в древнем, так

и в новом объеме цементного раствора. Отлично заметно, что контактные швы не имеют отчетливых границ ни в зоне контакта, ни внутри швов.

Цементный камень выглядит монолитным, а в контактном слое содержится некоторое избыточное число тиосульфата натрия, который гораздо диспергирует кристаллы гидраты, уплотняя и консолидируя цементный камень.

4. Выводы

Обзор полученных итогов показывает, что уничтожение цементного камня происходит по примера, а не по стыкам контактных слоев. Это можно объяснить больше высокой прочностью контактного слоя древнего и нового бетона: увеличение В/Ц приводит как к незначительному снижению контактной прочности, так и к снижению прочности примеров на сжатие.

Результаты данного исследования показывают, что зола-унос может быть использована в качестве частичной замены цемента в бетоне и может улучшить такие свойства бетона, как долговечность и прочность. Комбинированный состав летучей золы и цемента позволяет использовать отходы летучей золы в таких отраслях строительной индустрии, как производство цемента, дорожное строительство, возведение плотин и стабилизация склонов. Например, по данным ADA Australia, в Австралии угольная зола повторно используется в производстве различных продуктов, таких как битум, цемент, бетон, при строительстве дорог и насыпей [8]. Кроме того, сокращение производства цемента позволяет экономить ресурсы и избегать негативных последствий его производства, в том числе выбросов парниковых газов. Агентство по охране окружающей среды США провело оценку использования летучей золы в бетоне и определило, что она не представляет большей опасности для здоровья и окружающей среды, чем использование цемента. Поэтому в Казахстане необходимо увеличить долю утилизируемой летучей золы за счет ее применения в различных отраслях промышленности [9].

Работа выполнена в соответствии с Программой BR12967699 «Создание нормативной документации, научно-технических основ эффективных композиционных smart материалов на основе отходов промышленности».

This research has been/was/is funded by the Ministry of Trade and Integration of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR12967699 "Creation of regulatory documentation, scientific and technical foundations for effective composite smart materials based on industrial waste")

Данное исследование финансировалось Министерством торговли и интеграции Республики Казахстан (Грант № BR12967699 «Создание нормативной документации, научно-технических основ для эффективных композитных интеллектуальных материалов на основе промышленных отходов»).

Список литературы

1. Smarzewski P. Mechanical properties of ultra-high performance concrete with partial utilization of waste foundry sand. Buildings. 2020;10:11. doi: 10.3390/buildings10010011.
2. Kubissa W., Jaskulski R., Reiterman P. Ecological concrete based on blast-furnace cement with incorporated coarse recycled concrete aggregate and fly ash addition. J. Renew. Mater. 2017;5:53–61. doi: 10.7569/JRM.2017.634103.
3. Байджанов Д.О., Хан М.А., Садирбаева А.М., Икишева А.О., Дивак Л.А. ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ НА СРОКИ СХВАТЫВАНИЯ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА И СТРУКТУРУ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 2. – С. 17-22; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12100> (дата обращения: 05.06.2023).
4. Лермит Р. Проблемы технологии бетона / Р. Лермит. – М.: Российское Общество оценщиков, 2017. – 296 с.

5. Рахимов М.А. Влияние комплексного модификатора СС-ЗТН на свойства бетонной смеси / М.А. Рахимов, Е.В. Ткач, Г.М. Рахимова, М.К. Дадиева, М.А. Хан, Б.М. Тоиббаева // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 1–1. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18137> (дата обращения: 27.01.2018).
6. Зоткин А.Г. Бетоны с эффективными добавками / А.Г. Зоткин; ред. Зайцев А.Н. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2014. – 160 с.
7. Серова Р.Ф. Влияние модифицирования на морозо- и коррозиестойкость цементных материалов. / Р.Ф. Серова, А.К. Кожас, Б.М. Тоимбаева, А.М. Рахимов // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 9–3. – С. 690–693.
8. S. Slesinger, Coal Ash: Why it is better recycled than as a waste (Feb. 13, 2014) <https://www.nrdc.org/experts/scott-slesinger/coal-ash-why-it-better-recycled-waste>; US EPA, Methodology for Evaluating Encapsulated Beneficial Uses of Coal Combustion Residuals (2014), <https://www.epa.gov/coalash/methodology-evaluating-encapsulated-beneficial-uses-coal-combustion-residuals>.
9. US EPA, Coal Combustion Residual Beneficial Use Evaluation: Fly Ash Concrete and FGD Gypsum Wallboard, February 2014, available at: https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/ccr_bu_eval.pdf
10. Рахимов М.А. Исследование влияния комплексных гидрофобизирующих органо-минеральных модификаторов на эксплуатационные свойства тяжелого бетона / М.А. Рахимов, Г.М. Рахимова, А.М. Рахимов, А.М. Садирбаева, Е.К. Иманов // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 2–2. – С. 294–298.
11. Дмитриев И.И., Кириллов А.М. Золошлаковые отходы в составе бетона // *СтройМного*, 2017. №3 (8). URL: <http://stroy mnogo.com/science/tech/zoloshlakovy-e-otkhody-v-sostave-bet/>
12. Волженский А. В. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов [Текст] / А. В. Волженский, И. А. Иванов, Ю. Н. Виноградов. - М.: Стройиздат, 1984. - 198 с.
13. Дворкин Л. И. Физико-механические свойства активированных цементно-зольных вяжущих [Текст] / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин // *Технологии бетонов*. - 2010. - № 11- 12. - с. 35-37.
14. Malhotra V.M., Mehta P.K. High-Perfor- mance, Fligh-Volume Fly Ash Concrete. Supple- mentary Cementing Materials for Sustainable Development Inc., Ottawa, Canada, 2005, 124 p.
15. Энтин З.Б., Стржалковская Н.В. Еще раз о золах-уноса ТЭС для производства цемента // *Цемент и его применение*. 2009. № 2. С. 106–111.
16. Энтин Э.Б., Нефедова Л.С., Стржалковская Н.В. Золо ТЭС – сырье для цемента и бе- тона // *Цемент и его применение*. 2012. №2. С. 40–46.
17. Tang Van Lam, Boris Bulgakov, Olga Aleksandrova, Oksana Larsen and Pham Ngoc Anh. Ef- fect of rice husk ash and fly ash on the compressive strength of high performance concrete, E3S Web of Conferences 33, 02030 (2018), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183302030>.
18. ASTM C 618:15. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, 5 p.
19. TCVN 6017: 2015. Cements. Methods for testing the timing of setting and uniformity of changes in the volume of the cement paste. Publisher construction. Hanoi. 2015, 17 p.
- TCVN 6016: 2011. Cements. Methods for determining the ultimate strength in bending and compressing cement. Publisherconstruction. Hanoi. 2011, 37 p.
20. Naik T.R., Ramme B.W. High early strength concrete containing large quantities of fly ash. *ACI Mater. J* 1989. № 86, pp. 111–116.
21. Dinakar P., Babu K.G., Santhanam M. Dura- bility properties of high volume fly ash self-compact- ing concretes. *Cem. Concr. Compos.* 2008. № 30. Pp. 880–886.
22. Satish H. Sathawane, Vikrant S. Vairagade, Kavita S Kene. Combine Effect of Rice Husk Ash and Fly Ash on Concrete by 30 % Cement Replace- ment. *Procedia Engineering*. 2013. № 51, pp. 35–44.
23. Narde A.R., Gajbhiye A.R. Durability studies on concrete with fly ash, rice husk ash and quarry sand. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2018. № 9(2). Pp. 587–595.
24. Tang Van Lam, Boris Bulgakov, Sofia Ba- zhenova, Olga Aleksandrova, Pham Ngoc Anh and Vu Dinh Tho. Effect of Rice Husk Ash and Fly Ash on the Workability of Concrete Mixture in the High- Rise Construction, E3S Web of Conferences 33, 02029 (2018), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183302029>.
25. ИТС НДТ 15-2016. Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания терми- ческим способом (сжигания отходов) // Бюро НДТ, М., 2016, 208 с.

Күл-қож қалдықтарының цемент қамыры мен пастаны орнату уақытына әсері

А.М. Абдыров¹, Р.К. Ниязбекова², Н.С. Серекбаев², Ж.Т. Ибраева²,
Л.С. Шаншарова², Н.М. Оспанова², С.С. Алдабергенова¹

¹ «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу
университеті» КеАК, Астана, Қазақстан

² «Қазақстан стандарттау және метрология институты» ПВХ РМК
Техникалық реттеу және метрология комитеті

Қазақстан Республикасы Сауда және интеграция министрлігі, Астана, Қазақстан

Аңдатпа. Бұл жұмыста үйінді күл-қож қоспалары негізінде цементті композициялық қамыр мен пасталар жасау принциптері келтірілген. Күл-қож қоспасы сынамаларының химиялық құрамына талдау жүргізілді. Тұтқыр заттардың негізгі физика-механикалық қасиеттерін анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді. Күл-қож қалдықтарын орнатудың әртүрлі кезеңдерінде енгізудің әртүрлі әдістері қарастырылып, олардың композициялық материалдың негізгі қасиеттеріне әсері зерттелді.

Түйін сөздер: техногендік шикізат; күл-қож қоспасы; араластыру; ұнтақтау; композициялық тұтқыр; гидравликалық белсенділік; дисперсия, су қажеттілігі, беріктік.

The effect of ash and slag waste on the setting time of cement dough and paste

A.M. Abdyrov¹, R.K. Niyazbekova², N.S. Serekbayev², Zh.T. Ibrayeva²,
L.S. Shansharova², N.M. Ospanova², S.S. Aldabergenova¹

¹NJSC «Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin», Astana, Kazakhstan

²RSE on PVC «Kazakhstan Institute of Standardization and Metrology» Committee
for Technical Regulation and Metrology Ministry of

Trade and Integration of the Republic of Kazakhstan «, Astana, Kazakhstan

Annotation. This paper presents the principles of creating cement composite doughs and pastes based on waste ash and slag mixtures. Analysis of chemical composition of ash and slag mixture samples was carried out. Studies have been carried out to determine the basic physical and mechanical properties of binders. Various methods of introducing ash and slag waste at different setting times are considered and their effect on the basic properties of the composite material is studied.

Keywords: technogenic raw materials; ash-slag mixture; mixing; grinding; composite binder; hydraulic activity; dispersion, water demand, strength.

References

1. Smarzewski P. Mechanical properties of ultra-high performance concrete with partial utilization of waste foundry sand. buildings. 2020;10:11. doi: 10.3390/buildings10010011.
2. Kubissa W., Jaskulski R., Reiterman P. Ecological concrete based on blast-furnace cement with incorporated coarse recycled concrete aggregate and fly ash addition. J. Renew. mater. 2017;5:53–61. doi: 10.7569/JRM.2017.634103.
3. Baidzhanov D.O., Khan M.A., Sadirbaeva A.M., Ikisheva A.O., Divak L.A. INFLUENCE OF A COMPLEX ADDITIVE ON THE SETTING TIME OF THE CEMENT DOUGH AND THE STRUCTURE OF THE CEMENT STONE // International Journal of Applied and Fundamental Research. - 2018. - No. 2. - P. 17-22;
URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12100> (date of access: 06/05/2023).
4. Lermi R. Problems of concrete technology / R. Lermi. – M.: Russian Society of Appraisers, 2017. – 296 p.

5. Rakhimov M.A. Influence of the complex modifier SS-3TN on the properties of the concrete mixture / M.A. Rakhimov, E.V. Tkach, G.M. Rakhimov, M.K. Dadiyeva, M.A. Khan, B.M. Toibaeva // *Modern problems of science and education*. - 2015. - No. 1-1. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18137> (date of access: 01/27/2018).
6. Zotkin A.G. Concrete with effective additives / A.G. Zotkin; ed. Zaitsev A.N. - Vologda: Infra-Engineering, 2014. - 160 p.
7. Serova R.F. Influence of modification on frost and corrosion resistance of cement materials. / R.F. Serova, A.K. Kozhas, B.M. Toimbaeva, A.M. Rakhimov // *Fundamental research*. - 2012. - No. 9-3. - S. 690-693.
8. S. Slesinger, Coal Ash: Why it is better recycled than as a waste (Feb. 13, 2014) <https://www.nrdc.org/experts/scott-slesinger/coal-ash-why-it-better-recycled-waste>; US EPA, Methodology for Evaluating Encapsulated Beneficial Uses of Coal Combustion Residuals (2014), <https://www.epa.gov/coalash/methodology-evaluating-encapsulated-beneficial-uses-coal-combustion-residuals>.
9. US EPA, Coal Combustion Residual Beneficial Use Evaluation: Fly Ash Concrete and FGD Gypsum Wallboard, February 2014, available at: https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/ccr_bu_eval.pdf
10. Rakhimov M.A. Study of the influence of complex water-repellent organo-mineral modifiers on the operational properties of heavy concrete / M.A. Rakhimov, G.M. Rakhimova, A.M. Rakhimov, A.M. Sadirbayeva, E.K. Imanov // *Fundamental research*. - 2016. - No. 2-2. - S. 294-298.
11. Dmitriev I.I., Kirillov A.M. Ash and slag waste in the composition of concrete // *StroyMnogo*, 2017. No. 3 (8). URL: <http://stroymnogo.com/science/tech/zoloshlakovye-otkhody-v-compose-bet/>
12. Volzhensky A. V. Application of ashes and fuel slags in the production of building materials [Text] / A. V. Volzhensky, I. A. Ivanov, Yu. N. Vinogradov. - M.: Stroyizdat, 1984. - 198 c.
13. Dvorkin L. I. Physical and mechanical properties of activated cement-ash binders [Text] / L. I. Dvorkin, O. L. Dvorkin // *Tekhnologii betonov*. - 2010. - No. 11-12. - p. 35-37.
14. Malhotra V.M., Mehta P.K. High-Performance, High-Volume Fly Ash Concrete. Supplementary Cementing Materials for Sustainable Development Inc., Ottawa, Canada, 2005, 124 p.
15. Entin Z.B., Strzhalkovskaya N.V. Once again about fly ash from thermal power plants for the production of cement // *Cement and its application*. 2009. No. 2. P. 106-111.
16. Entin E.B., Nefedova L.S., Strzhalkovskaya N.V. Ashes of thermal power plants - raw materials for cement and concrete // *Cement and its application*. 2012. №2. pp. 40-46.
17. Tang Van Lam, Boris Bulgakov, Olga Aleksandrova, Oksana Larsen and Pham Ngoc Anh. Effect of rice husk ash and fly ash on the compressive strength of high performance concrete, E3S Web of Conferences 33, 02030 (2018), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183302030>.
18. ASTM C 618:15. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, 5 p.
19. TCVN 6017: 2015. Cements. Methods for testing the timing of setting and uniformity of changes in the volume of the cement paste. Publisher construction. Hanoi. 2015, 17 p.
- TCVN 6016: 2011. Cements. Methods for determining the ultimate strength in bending and compressing cement. publisherconstruction. Hanoi. 2011, 37 p.
20. Naik T.R., Ramme B.W. Early quantities of large quantities of flyash. A.C.I. Mater. J 1989. No. 86, pp. 111-116.
21. Dinakar P., Babu K.G., Santhanam M. Durability properties of high volume fly ash self-compacting concretes. *Cem. Concr. compos*. 2008. No. 30. Pp. 880-886.
22. Satish H. Sathawane, Vikrant S. Vairagade, Kavita S Kene. Combine Effect of Rice Husk Ash and Fly Ash on Concrete by 30% Cement Replacement. *Procedia Engineering*. 2013. No. 51, pp. 35-44.
23. Narde A.R., Gajbhiye A.R. Durability studies on concrete with fly ash, rice husk ash and quarry sand. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2018. No. 9(2). pp. 587-595.
24. Tang Van Lam, Boris Bulgakov, Sofia Bazhenova, Olga Aleksandrova, Pham Ngoc Anh and Vu Dinh Tho. Effect of Rice Husk Ash and Fly Ash on the Workability of Concrete Mixture in the High-Rise Construction, E3S Web of Conferences 33, 02029 (2018), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183302029>.
25. ITS NDT 15-2016. Utilization and neutralization of waste (except for thermal neutralization (waste incineration)) // Bureau of NDT, M., 2016, 208 p.

Сведения об авторах:

А.М. Абдыров – д.п.н., профессор, Член Правления Первый проректор НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», пр. Женис 62, Астана, Казахстан, 87017301576, e-mail: abdyrov@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0875-5788>

Р.К. Ниязбекова – д.т.н., профессор кафедры «Стандартизации, метрологии и сертификации» НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», пр. Женис 62, Астана, Казахстан, 87751343630, e-mail: rimma.n60@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8688-1408>

Б.Н. Салимов – доктор PhD, директор ТОО "SRK Consulting (Kazakhstan) Ltd", пр. Туран 75, Астана, Казахстан, 87774795034, e-mail: Aveslam@mail.ru

Ж.Т. Ибраева – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация» НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», пр. Женис 62, Астана, Казахстан. 87015943314, e-mail: zhanna.83-01@list.ru

Л.С. Шанишарова – магистр технических наук, научный сотрудник РПП «Казахстанский институт стандартизации и метрологии», Астана, Казахстан. 87781116530, e-mail: l.sarsenbayevna@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-5666-9884>

Н. Оспанова – магистр технических наук, научный сотрудник ТОО "SRK Consulting (Kazakhstan) Ltd", пр. Мангилик ел 11, Астана, Казахстан, 87003322515, e-mail: nargizaospanova@gmail.com

С.С. Алдабергенова – доктор PhD, старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация» НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», пр. Женис 62, Астана, Казахстан, 87078544961, e-mail: ass_1982@mail.ru

А.М. Абдыров – п.ғ.д., профессор, Басқарма мүшесі - Бірінші проректор КеаҚ «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті», Женис даңғылы 62, Астана, Қазақстан, 87017301576, e-mail: abdyrov@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0875-5788>

Р.К. Ниязбекова – т.ғ.д., «Стандарттау, метрология және сертификаттау» кафедрасының профессоры, КеаҚ «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті», Женис даңғылы 62, Астана, Қазақстан, 87751343630, e-mail: rimma.n60@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8688-1408>

Б.Н. Салимов – PhD докторы, ЖШС «SRK Consulting (Kazakhstan) Ltd» басшысы, Тұран даңғылы 75, Астана, Қазақстан, 87774795034, e-mail: Aveslam@mail.ru

Ж.Т. Ибраева – техникалық ғылымдарының магистрі, «Стандарттау, метрология және сертификаттау» кафедрасының аға оқытушысы, КеаҚ «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті», Женис даңғылы 62, Астана, Қазақстан, 87015943314, e-mail: zhanna.83-01@list.ru

Л.С. Шанишарова – техникалық ғылымдарының магистрі, РМК «Қазақстандық стандарттау және метрология институты» ғылыми қызметкері, Астана, Қазақстан. 87781116530, e-mail: l.sarsenbayevna@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-5666-9884>

Н. Оспанова – техникалық ғылымдарының магистрі, ЖШС «SRK Consulting (Kazakhstan) Ltd» ғылыми қызметкері, Мәңгілік ел даңғылы 11, Астана, Қазақстан, 87003322515, e-mail: nargizaospanova@gmail.com

С.С. Алдабергенова – PhD докторы, «Стандарттау, метрология және сертификаттау» кафедрасының аға оқытушысы, КеаҚ «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті», Женис даңғылы 62, Астана, Қазақстан, 87078544961, e-mail: ass_1982@mail.ru

А.М. Абдыров – PhD, Professor, Member of the Board, First Vice-Rector of NAO «Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin», 62 Zhenis Ave., Astana, Kazakhstan, 87017301576, e-mail: abdyrov@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0875-5788>

Р.К. Ниязбекова – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification of the Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, 62 Zhenis Ave., Astana, Kazakhstan, 87751343630, e-mail: rimma.n60@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8688-1408>

B.N. Salimov – PhD, Director of "SRK Consulting (Kazakhstan) LLP Ltd", 75 Turan Ave., Astana, Kazakhstan, 87774795034, e-mail: Aveslam@mail.ru

Zh.T. Ibraeva – Master of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department «Standardization, Metrology and Certification» of the Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, 62 Zhenis Ave., Astana, Kazakhstan, 87015943314, e-mail: zhanna.83-01@list.ru

L.S. Shansharova – Master of Technical Sciences, Researcher at the RSE «Kazakhstan Institute of Standardization and Metrology», Astana, Kazakhstan, 87781116530, e-mail: l.sarsenbayevna@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-5666-9884>

N. Ospanova – Master of Technical Sciences, Researcher at "SRK Consulting LLP (Kazakhstan) Ltd", 11 Mangilik El Ave., Astana, Kazakhstan, 87003322515, e-mail: nargizaospanova@gmail.com

S.S. Aldabergenova – PhD, Senior Lecturer of the Department «Standardization, Metrology and Certification» of the Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, 62 Zhenis Ave., Astana, Kazakhstan, 87078544961, e-mail: ass_1982@mail.ru