

EDN: ALPSCA

УДК 691.335

Д. Ю. БУКИНА, Н. М. ЗАЙЧЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ЩЕЛОЧНЫЕ ВЯЖУЩИЕ И БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ЗОЛ И ШЛАКОВ ТЭС

Аннотация. Исследованы составы и свойства щелочных цементов и бетонов из золошлаковых отходов тепловых электростанций (ТЭС). Приведены результаты сравнительного исследования зависимости активности щелочных вяжущих от вида золошлакового отхода, концентрации раствора щелочи и длительности твердения в нормальных условиях, при пропаривании и автоклавировании. Установлено, что при твердении в нормальных условиях активность вяжущих незначительна и составляет 2,5...12,0 МПа. При тепловлажностной обработке, особенно автоклавной, она существенно возрастает. Активность щелочных вяжущих на основе шлаков ТЭС в 1,5–2,0 раза превышают активность аналогичных составов на основе золы-уноса. На основе разработанных вяжущих можно получать пропаренные и автоклавированные бетоны соответственно марок 100-200 и 300-400. Выполнено исследование гидрофизических свойств бетонов (усадка, набухание при водонасыщении, кинетика водопоглощения, капиллярный подсос и морозостойкость).

Ключевые слова: щелочные бетоны, пропаривание, автоклавирование, прочность, усадка, набухание при водонасыщении, водопоглощение, капиллярный подсос.

ФОРМУЛИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Одним из многотоннажных отходов промышленности Донбасса являются золошлаковые отходы тепловых электростанций (ТЭС). На шести ТЭС Донецкой области при работе на полную мощность ежегодно образуется около 6 млн тонн золошлаковых отходов. Максимальный уровень утилизации их в конце и начале XX века не превышает 4...5 %.

Отвалы золошлаковых материалов занимают большие площади, а их содержание требует значительных эксплуатационных затрат, которые влияют на повышение себестоимости производства энергоносителей. Они являются источником загрязнения окружающей среды, представляют опасность для здоровья населения и угрозу растительному и животному миру близлежащих районов.

Исследование направлено на разработку технологии изготовления бетонных мелкоштучных изделий (кирпич рядовой, плиты бетонные тротуарные, камни бетонные стеновые и т. п.), сборных бетонных и железобетонных конструкций с потенциальным использованием золошлаковых отходов до 98,0...98,5 % по массе, что существенно увеличит уровень их утилизации, снизит себестоимость продукции на 20...40 %.

Цель исследования – разработка технологии получения щелочных цементов и бетонов на основе золошлаковых отходов ТЭС путем установления закономерностей влияния их вида (зола, шлак) на процессы синтеза прочности при различных условиях твердения.

Задачи исследований:

- обосновать возможность получения двухкомпонентных вяжущих состава: «золошлаковый отход ТЭС и щелочной компонент»;
- исследовать зависимость активности вяжущих из дисперсных зол-уноса и молотого шлака ТЭС, затворенных растворами щелочного компонента различной концентрации и условий твердения;
- установить зависимость прочности бетонов от расхода щелочных золошлаковых цементов, способа формирования и условий твердения.



ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Теоретические предпосылки исследований

Новым направлением широкого применения зол и шлаков ТЭС может стать производство бетонов на основе щелочных цементов (аналоги шлакощелочных). Расход золошлаков в них может достигать 98,5 %. Теоретические основы таких цементов разработаны в 1960–1980 годы профессором В. Д. Глуховским. Щелочные цементы и бетоны подробно изучены в работах отечественных (П. В. Кривенко, Р. Ф. Рунова, Е. К. Пушкарева, А. Н. Ефремов, В. И. Гоц) и зарубежных ученых (J. Davidovits, A. Fernandez-Jimenez, A. Palomo). Одними из основных структурообразующих соединений этих цементов являются щелочные гидроалюмосиликаты – аналоги природных цеолитов. Их синтез происходит при взаимодействии раствора щелочного компонента (ЩК) с дисперсными аморфными алюмосиликатами. За рубежом щелочные цементы получили название – геополимерных [1–4].

Зола-уноса по структуре существенно отличается от шлака ТЭС. В золе-уноса до 50 % материала закристаллизовано, в то время как шлак жидкого удаления на 100 % остеклован (рис. 1). Это должно быть решающим фактором большей растворимости глинозема шлака в щелочных растворах, т. е. большей активности щелочных цементов.

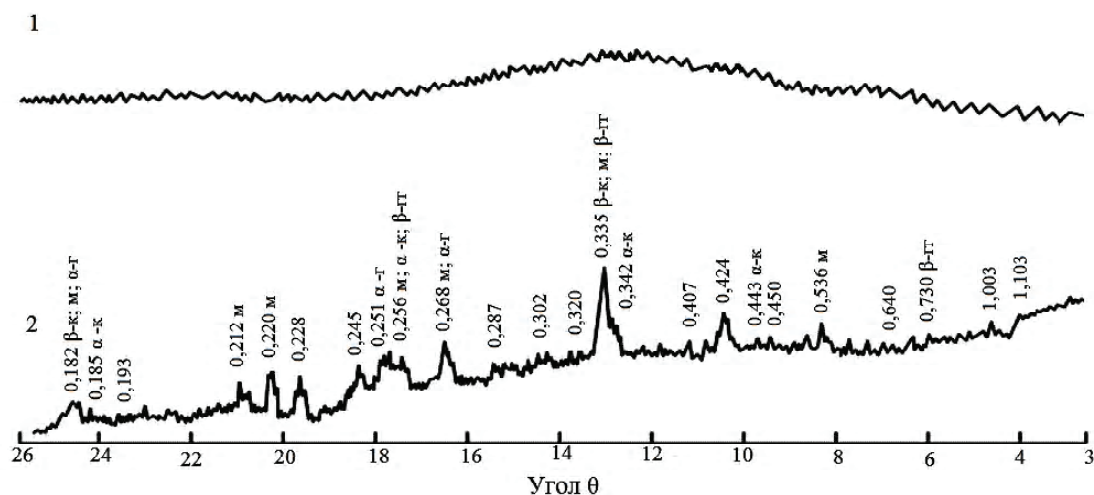


Рисунок 1 – Дифрактограммы шлака ТЭС – 1 и золы-уноса ТЭС – 2: α-К – высокотемпературный кварц ($\sigma\text{-SiO}_2$), β-К – низкотемпературный кварц ($\beta\text{-SiO}_2$), М – муллит ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$), α-Г – гематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), β-гидрогематит ($\beta\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Ранее в исследованиях щелочных вяжущих на фактор различной степени аморфизации оксида алюминия в золе-уноса и шлаке ТЭС внимание не акцентировалось. Международным институтом ASTM, в июне 2012 года был организован симпозиум по геополимерным материалам [5], обсуждалась проблема стандартизации геополимеров. Компанией Geopolymer R&D было предложено создать стандарты по двум категориям геополимеров:

- геополимеры из смеси шлака и зол-уноса;
- геополимеры на основе ферросилатов; основу вяжущих составляет минеральное сырье с высоким содержанием железа.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Характеристика материалов и методов, принятых для исследования

В исследованиях использовался портландцемент ПЦ I марки 500. Шлак ТЭС получали отсевом из золошлаковой смеси фракции крупнее 0,315 мм с последующим помолом в лабораторной шаровой мельнице до остатка на сите 0,08 мм 12 %. Зола-уноса отсеивалась из той же золошлаковой смеси через сито 0,08 с добавлением 12 % фракции 0,08...0,16 мм. Кроме особо оговоренных случаев, затворение смесей производилось раствором гидроксида натрия плотностью 1,25 г/см³. Рентгенограммы шлака и золы показали, что шлаковая составляющая практически полностью аморфизирована. В

золе присутствует значительное количество кристаллических фаз. Причем глинозем в ней находится в виде кристаллического муллита. Определение предела прочности при сжатии выполнено на образцах – кубах с ребром 0,02 м, изготовленных из теста нормальной густоты. Образцы твердели в нормальных условиях в камере с гидрозатвором, при пропаривании и автоклавировании по режиму 2,5 + 6 + 3 часа (температура изотермической выдержки соответственно 95 и 173 °С).

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты сравнительного исследования зависимости активности вяжущих от вида отхода, концентрации раствора щелочи и длительности нормального твердения, приведенные на рисунках 2, 3, свидетельствуют о низкой активности вяжущих. Однако они показывают:

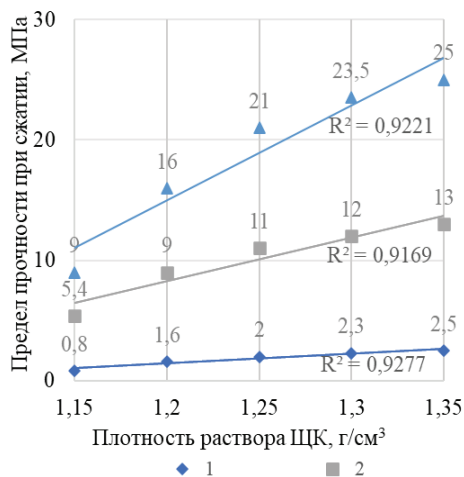


Рисунок 2 – Зависимость предела прочности зольных вяжущих от плотности раствора щелочного компонента и условий твердения (1–28 суток твердения в нормальных условия, 2 – пропаривание при 95 °С, 3 – автоклавирование при 173 °С (0,8 МПа).

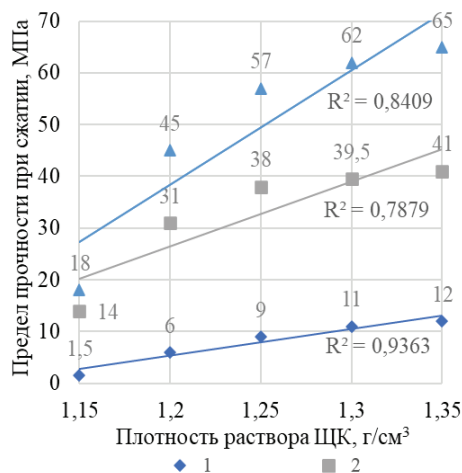


Рисунок 3 – Зависимость предела прочности и шлаковых вяжущих от плотности раствора щелочного компонента и условий твердения (1 – 28 суток твердения в нормальных условия, 2 – пропаривание при 95 °С, 3 – автоклавирование при 173 °С (0,8 МПа).

- активность вяжущих на основе шлака существенно превышает активность соответствующих композиций на золе-уноса;
- с увеличением концентрации раствора щелочи прочность образцов, особенно шлаковых, заметно возрастает;
- с повышением плотности раствора щелочного компонента и длительном твердении прочность вяжущих непрерывно растет.

Результаты аналогичных исследований пропаренных вяжущих свидетельствуют о существенном росте активности вяжущих, особенно шлаковых, с увеличением плотности раствора щелочи с 1,15 до 1,25 г/см³.

Наибольшую активность оба вида вяжущих проявляют при автоклавной обработке. По сравнению с пропаренными образцами она возрастает в 1,5–2,0 раза, до 20...27 МПа на основе золы-уноса и до 45...60 МПа на основе шлака.

Исследование влияния длительности тепловлажностной обработки показывает (рис. 4, 5), что наиболее существенный рост прочности камня вяжущих наблюдается при увеличении длительности изотермического прогрева как при пропаривании, так и при автоклавировании до 6–8 часов. При оптимальной концентрации раствора щелочи – 1,25 г/см³ и оптимальной длительности изотермической выдержки активность вяжущих на шлаке в 2,5–3,5 раза превышает активность зольных композиций.

Исследования влияния давления пара при автоклавировании (рис. 6, 7) свидетельствуют о том, что наибольший рост прочности как зольных, так и шлаковых составов наблюдается при подъеме давления до 0,6...0,8 МПа. При этом прочность шлаковых вяжущих более чем в 2–3 раза превышает прочность аналогичных зольных составов. При этом при использовании шлаков Зуевской и Старобешевской ТЭС существенной разницы в активности вяжущих не наблюдается.

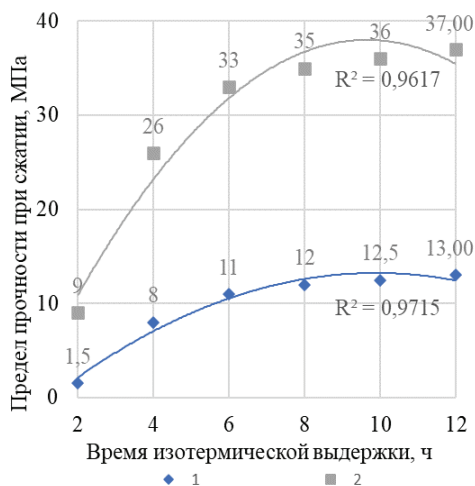


Рисунок 4 – Зависимость активности зольных (1) и шлаковых (2) вяжущих от длительности тепловлажностной обработки при пропаривании.

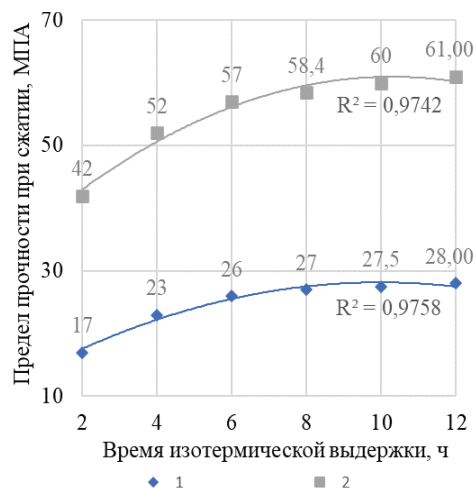


Рисунок 5 – Зависимость активности зольных (1) и шлаковых (2) вяжущих от длительности тепловлажностной обработки при автоклавировании.

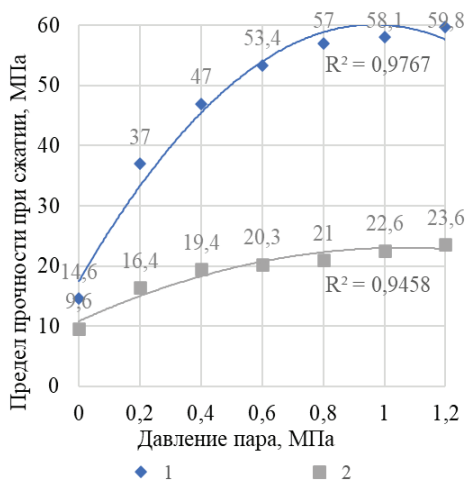


Рисунок 6 – Зависимость активности автоклавированных вяжущих на золе-уноса (1) и молотом шлаке (2) Зуевской ТЭС от давления пара.

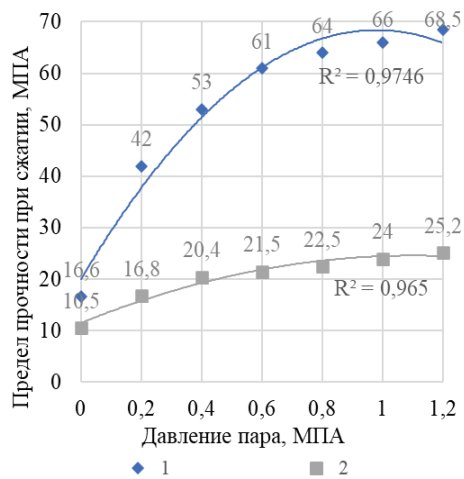


Рисунок 7 – Зависимость активности автоклавированных вяжущих на золе-уноса (1) и молотом шлаке (2) Старобешевской ТЭС от давления пара.

Номинальные составы, условия твердения и основные свойства исследованных бетонов приведены в таблице 1. Чтобы исключить влияние недостатков методик, параллельно выполнялись исследования указанных свойств для аналогичного по составу портландцементного бетона.

Долговечность бетонов во многом обусловлена параметрами порового пространства: разделением общего объема пор на поры в пределах некоторого диапазона размеров в зависимости от вида структуры.

Из известных технологических факторов наибольшее влияние на поровую структуру оказывает водоцементное отношение. Однако при соизмеримых величинах В/Ц поровая структура цементного камня определяется также составом продуктов гидратации, их размерами и морфологией.

Щелочные вяжущие отличаются от портландцемента химическим и минералогическим составом продуктов твердения, основными из них по данным В. Д. Глуховского, П. В. Кривенко и др. должны быть цеолитоподобные кристаллические вещества состава $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (2-4) \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, которые по микроструктуре существенно отличаются от продуктов твердения портландцемента.

Структура пористости важна, потому что она определяет гидрофизические свойства цементного камня и бетона, с которыми практически на прямую связаны такие их эксплуатационные свойства как: морозостойкость, коррозионная стойкость, усадка и набухание.

Таблица 1 – Номинальные составы бетонов, свойства бетонных смесей и бетонов

№ п/п	Расчетный расход, кг/м ³ (л/м ³)						Щелочной компонент, NaOH, л/кг	Средняя плотность смеси, кг/м ³	Подвижность смеси, ОК, см	Условия твердения	Прочность при сжатии, R _{сж} , МПа	
	ПЦ I-500	Молодой шлак	Щебень 2,5...10 мм		Песок 0,16...2,5 мм							Вода
			гранит	шлак	гранит	шлак						
1	550	–	1 100	–	550	–	200	–	2 370	2	28 суток нормального твердения	43,5
2	–	550	1 100	–	550	–	–	200	2 360	4	пропаривание	22,5
3	–	550	1 100	–	550	–	–	200	2 360	4	автоклавирование	38,4
4	–	550	–	1 100	–	550	–	200	2 350	3	автоклавирование	33,4

Исследования гидрофизических свойств выполнены по стандартным методикам на образцах-балочках 4×4×16 см. Установлено, что при использовании гранитных заполнителей усадка щелочного бетона автоклавного твердения соизмерима с портландцементным бетоном. Щелочной пропаренный бетон имеет усадку на 49 % большую, которая составляет 1,76 мм/м. Характерным отличием щелочных бетонов является более высокая скорость усадки в первые 3–7 суток испытания (рис. 8, 9).

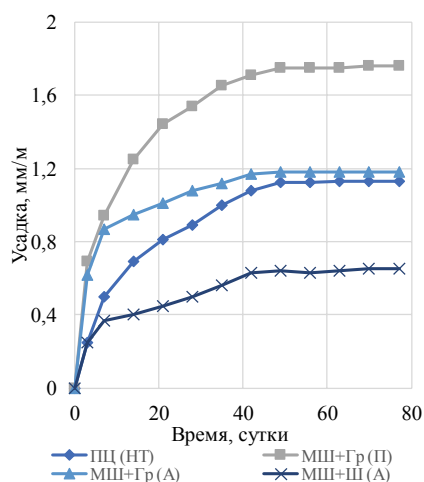


Рисунок 8 – Кинетика первой усадки бетонов при комнатной температуре 20 °С.

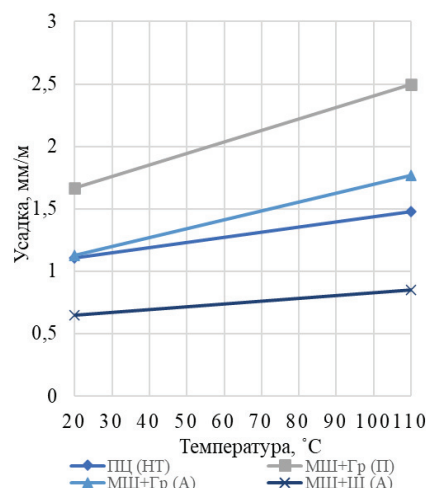


Рисунок 9 – Кинетика первой усадки бетонов при автоклавировании при 110 °С.

Замена гранитных заполнителей шлаковыми (состав 4) снижает усадку автоклавного щелочного бетона в 1,8 раза.

Повторная усадка всех бетонов (рисунки 10, 11) сокращается в 4,75–5,1 раза и примерно одинакова для всех бетонов.

Полная усадка после сушки при 110 °С составляет при первом испытании от 0,85 до 2,5 мм/м, при повторном испытании – от 0,15 до 0,81 мм/м.

Набухание бетонов при первом водонасыщении показано на рисунке 12, при втором – на рисунке 13. Набухание щелочного бетона автоклавного твердения максимально 1,05 мм/м при первом увлажнении и 0,86 мм/м – при втором. Оба эти показателя выше, чем у портландцементного бетона (0,65 и 0,46 мм/м соответственно). Характерным для этих результатов является то, что разница между величинами набухания при первом и втором увлажнении существенно меньше, чем для аналогичных показателей усадки.

Скорость водопоглощения – важное свойство бетонов, т. к. она позволяет судить о размерах и распределении различных групп пор по методу Г. И. Горчакова. По полученным данным (рис. 14 и 15)

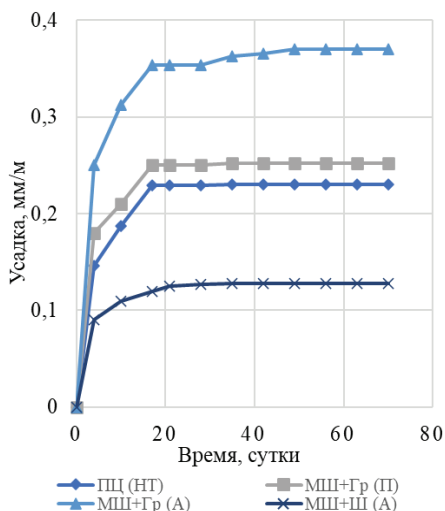


Рисунок 10 – Кинетика повторной усадки бетонов при комнатной температуре 20 °С.

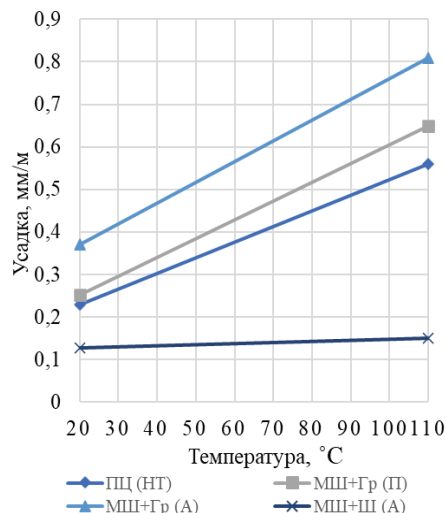


Рисунок 11 – Кинетика повторной усадки бетонов при автоклавировании при 110 °С.

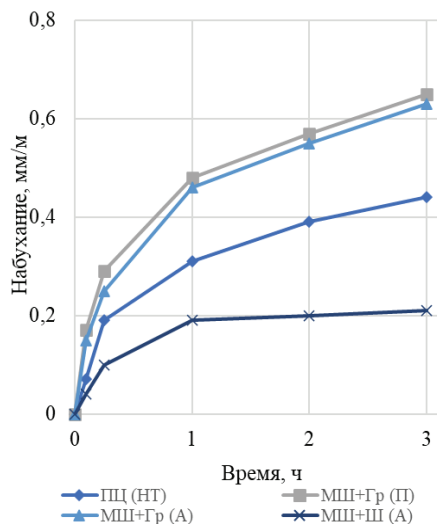


Рисунок 12 – Зависимость набухания бетонов от времени первого водонасыщения.

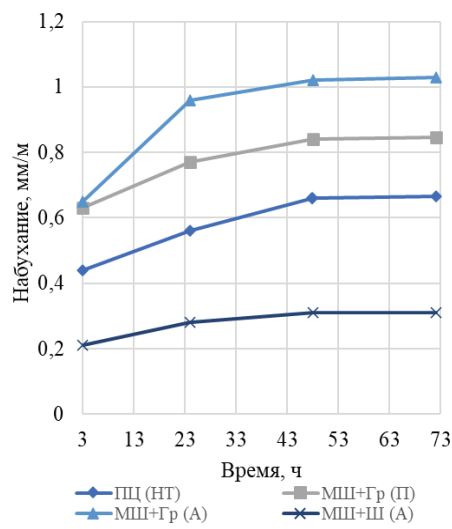


Рисунок 13 – Зависимость набухания бетонов от времени первого водонасыщения.

между исследованными бетонами наблюдается существенное отличие. Так, для портландцементного бетона и щелочного пропаренного бетона кинетика водопоглощения при первом и втором увлажнении близка по характеру и величине. Автоклавные щелочные бетоны характеризуются заметно более медленным ростом водопоглощения, особенно в первые 15–180 минут погружения в воду. Конечные величины прироста водопоглощения для всех бетонов соизмеримы. Характерно, что автоклавный щелочной бетон на шлаковых заполнителях по характеру роста и конечной величине водопоглощения приближается к аналогичному бетону на гранитных заполнителях.

По кинетике водопоглощения в дальнейшем планируется определить структуру и распределение пор по размерам согласно методике Г. И. Горчакова.

Результаты исследования капиллярного подсоса, приведенные на рисунке 16–17, свидетельствуют о том, что щелочные бетоны автоклавного и неавтоклавного твердения достигают практически максимального водонасыщения за первые трое суток контакта с водой. В дальнейшем в течение 70 суток прирост их водопоглощения небольшой и практически стабилизируется в течение трех недель испытания.

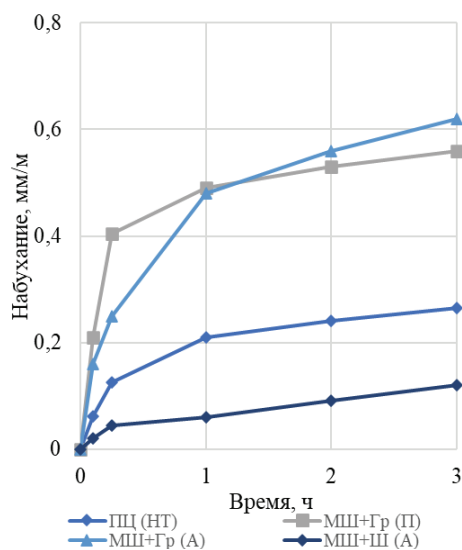


Рисунок 14 – Зависимость набухания бетонов от времени повторного водонасыщения.

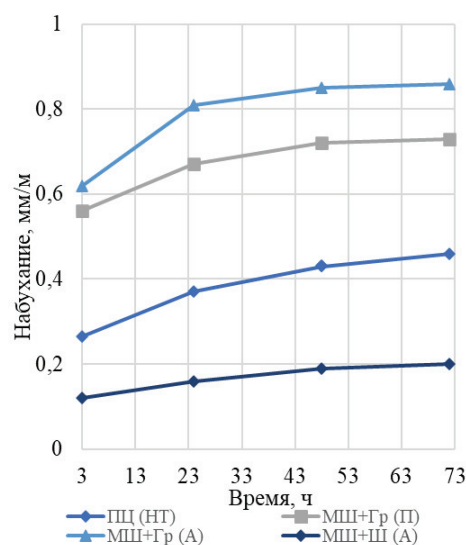


Рисунок 15 – Зависимость набухания бетонов от времени повторного водонасыщения.

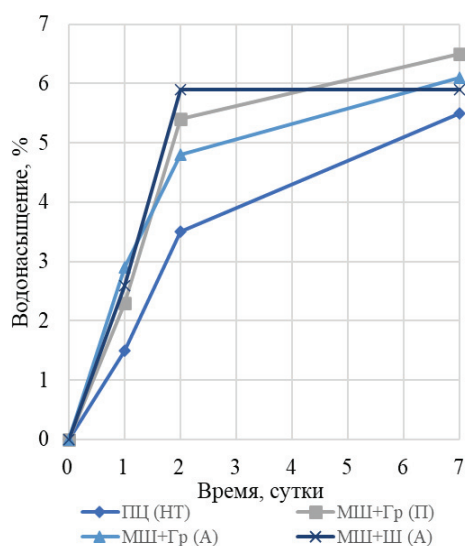


Рисунок 16 – Кинетика капиллярного подсоса.

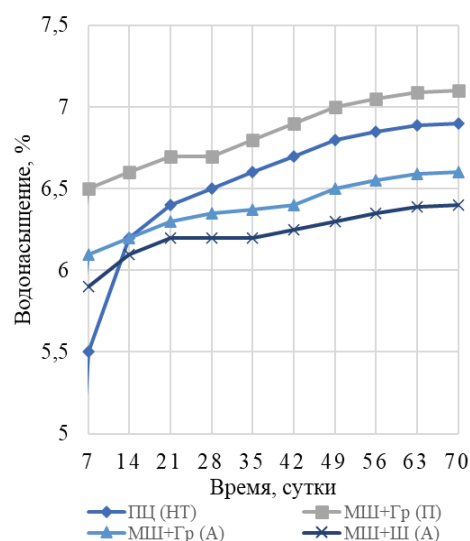


Рисунок 17 – Кинетика капиллярного подсоса.

Существенное отличие в капиллярном подсосе наблюдается для портландцементного бетона. В первые две недели для него характерна существенно меньшая скорость подсоса воды, и в дальнейшем капиллярный подсос тоже практически стабилизируется. Разница между конечными величинами подсоса воды у бетонов также не наблюдается.

Выполнены сравнительные исследования морозостойкости аналогичных составов портландцементного и щелочных бетонов (таблица 2). Установлено, что пропаренные, и особенно автоклавированные щелочные бетоны, выдерживают 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания. При этом автоклавные бетоны не теряют прочность при сжатии. Для сравнения, портландцементный бетон аналогичного состава выдерживает лишь 50 циклов.

ВЫВОДЫ

1. На основе установленных закономерностей влияния вида золошлаковых отходов (золы-уноса или молотого шлака) и условий твердения получены щелочные зольные и шлаковые вяжущие тепловлажностного твердения активностью 20...65 МПа, приемлемой для получения бетонов низких и средних марок.

Таблица 2 – Морозостойкость портландцементного и щелочных бетонов

№ состава	Коэффициент морозостойкости при количестве циклов замораживания – оттаивания		
	50	75	100
1	0,92	0,65	–
2	1,05	0,98	0,87
3	1,10	1,03	0,96
4	1,13	1,09	1,04

2. При твердении в нормальных условиях активность вяжущих низкая: на золе – 2,0...2,5 МПа, на шлаке – 15...25 МПа, после пропаривания она увеличивается соответственно до 10...12 МПа и 33...40 МПа, а после автоклавирования до 20...25 МПа и 50...65 МПа соответственно.

3. Основным определяющим фактором значительно большей активности шлаковых вяжущих является практически полная аморфизация шлаков, особенно их алюмосиликатной составляющей, которая в золах в существенной мере закристаллизована.

4. При всех условиях твердения с увеличением плотности раствора щелочного компонента с 1,15 до 1,25 г/см³ активность зольных и шлаковых вяжущих заметно возрастает, при дальнейшем повышении концентрации раствора щелочного компонента рост активности замедляется и при плотности 1,25...1,30 г/см³ она практически стабилизируется.

5. Золошлаковую смесь ТЭС при соответствующем подготовке и контроле зернового состава можно использовать в качестве мелкого и части крупного заполнителей для получения виброформованных и пресованных тяжелых бетонов. При ее использовании в композициях с разработанными вяжущими можно получать пропаренные и автоклавированные бетоны соответственно марок 50-100 и 50-300.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Davidovits, J. Geopolymers – inorganic polymeric new materials / J. Davidovits. – Текст : непосредственный // Journal of Thermal Analysis. – 1991. – № 37(8). – P. 1633–1656.
2. Krivenko, P. Alkaline Cements, Concretes and Structures: 50 Years of Theory and Practice / P. Krivenko. – Текст : непосредственный // International Conference «Alkaline Activated Materials» – Research, Production and Utilization. – Praha : Zeithamlova Milena, Ing., 2007. – P. 313–347.
3. Ефремов, А. Н. Огнеупорные бетоны на щелочных вяжущих с повышенными термомеханическими свойствами / А. Н. Ефремов, П. В. Кривенко. – Макеевка : ДонНАСА, 2008. – 187 с. – Текст : непосредственный.
4. Рунова, Р. Ф. Исследование автоклавных щелочно-щелочноземельных алюмосиликатных материалов : специальность 05.00.00 «Техника» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Рунова Раиса Федоровна ; Киевский инженерно-строительный институт. – Киев, 1972. – 23 с. – Текст : непосредственный.
5. Davidovits, J. Geopolymer chemistry and applications / J. Davidovits ; 3rd edition. – France, Saint-Quentin : Institute Geopolymer, 2011. – 614 p. – Текст : непосредственный
6. Ерошкина, Н. А. Геополимерные строительные материалы на основе промышленных отходов : монография / Н. А. Ерошкина, М. О. Коровкин. – Пенза : ПГУАС, 2014. – 128 с. – Текст : непосредственный.
7. Ерошкина, Н. А. Усадка геополимерного вяжущего на различных этапах его структурообразования / Н. А. Ерошкина, М. О. Коровкин. – Текст : непосредственный // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2016. – № 1. – 1–7 с.
8. Цементы и бетоны на основе топливных зол и шлаков / П. В. Кривенко, Е. К. Пушкарева, В. И. Гоц [и др.] : монография. – Киев : издательство ООО «ИПК Экспресс-Полиграф», 2012. – 258 с. – Текст : непосредственный.
9. Вяжучі речовини / Р. Ф. Рунова, Л. Й. Дворкін, О. Л. Дворкін [та ін.] : підручник. – Київ : Основа, 2013. – 448 с. – Текст : непосредственный.
10. Глуховский, В. Д. Грунтосиликаты / В. Д. Глуховский. – Киев : Госстройиздат, 1959. – 127 с. – Текст : непосредственный.

Получена 28.12.2022

Принята 27.01.2023

Д. Ю. БУКІНА, М. М. ЗАЙЧЕНКО
ЛУЖНІ В'ЯЖУЧІ ТА БЕТОНИ НА ОСНОВІ ЗОЛ І ШЛАКІВ ТЕС
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Досліджено склади та властивості лужних цементів та бетонів із золошлакових відходів теплових електростанцій (ТЕС). Отримані результати порівняного дослідження залежності активності лужних в'язучих від виду золошлакового відходу, концентрації розчину луку і тривалості твердіння в нормальних умовах, при пропарюванні та автоклавованні. Встановлено, що при твердінні в нормальних умовах активність в'язучих незначна і становить 2,5...12 МПа. При тепловолігній обробці, особливо автоклавної, вона істотно зростає. Активність лужних в'язучих на основі шлаків ТЕС в 1,5–2,0 рази перевищують активність аналогічних складів на основі золи-винесення. На основі розроблених в'язучих можна отримувати пропарені та автоклавні бетоны відповідно марок 100-200 і 300-400. Виконано дослідження гідрофізичних властивостей бетонів (усадка, набухання при водонасиченні, кінетика водопоглинання, капілярний підсос і морозостійкість).

Ключові слова: лужні бетоны, міцність, пропарювання, автоклавовання, усадка, набухання при водонасиченні, водопоглинання, капілярне всмоктування.

DARYA BUKINA, NIKOLAI ZAICHENKO
ALKALINE BINDERS AND CONCRETES BASED ON ASHES AND SLAGS OF TPP
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The compositions and properties of alkaline cements and concretes from ash and slag waste of thermal power plants (TPP) have been studied. The results of a comparative study of the dependence of the activity of alkaline binders on the type of ash and slag waste, the concentration of the alkali solution and the duration of hardening under normal conditions, during steaming and autoclaving are presented. It was found that during hardening under normal conditions, the activity of binders is insignificant and amounts to 2.5...12 MPa. With heat and moisture treatment, especially autoclave treatment, it increases significantly. The activity of alkaline binders based on TPP slags is 1.5–2.0 times higher than the activity of similar compounds based on fly ash. On the basis of the developed binders, steamed and autoclaved concretes of grades 100-200 and 300-400, respectively, can be obtained. The study of the hydrophysical properties of concrete (shrinkage, swelling during water saturation, kinetics of water absorption, capillary suction and frost resistance) was carried out.

Keywords: alkaline concretes, steaming, autoclaving, strength, shrinkage, swelling during water saturation, water absorption, capillary suction.

Букина Дарья Юрьевна – ассистент кафедры технологии строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: щелочные вяжущие и бетоны на основе зол и шлаков ТЭС.

Зайченко Николай Михайлович – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: высокопрочные и особо высокопрочные бетоны на основе модифицированных дисперсных компонентов бетона.

Букина Дар'я Юрїївна – асистент кафедри технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: лужні в'язучі та бетоны на основі зол і шлаків ТЕС.

Зайченко Микола Михайлович – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: високоміцні і особливо високоміцні бетоны на основі модифікованих дисперсних компонентів бетону.

Bukina Darya – assistant, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: alkaline binders and concretes based on ashes and slags of thermal power plants..

Zaichenko Nikolai – D. Sc. (Eng.), Professor; Head of the Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: high-strength and high-performance concretes based on modified fillers.