

УДК 666.974.2

Д. Ю. БУКИНА, Е. А. СЕЗЕМОВ, А. В. ФЕДОРИК

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**БЕСЦЕМЕНТНЫЕ ВЯЖУЩИЕ НА ОСНОВЕ ШЛАКА ТЕПЛОВЫХ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ (ТЭС)**

Аннотация. Приведены результаты сравнительного исследования зависимости активности щелочных вяжущих от вида щелочного компонента, силикатного модуля и концентрации раствора силиката натрия, а также условий твердения (пропаривание и автоклавирование). Установлено, что активность вяжущих на высокомодульном ($\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} = 2,8$) силикате натрия невысокая – 4...12 МПа. При снижении силикатного модуля до 1–2 она увеличивается в 3–4 раза.

Ключевые слова: щелочные вяжущие, гидроксид и силикат натрия, условия твердения, прочность камня вяжущих.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Одним из основных отходов промышленности Донбасса являются золошлаковые отходы ТЭС. Только на шести ТЭС Донецкой обл. при работе на полную мощность ежегодно их образуется около шести млн тонн. Максимальный уровень их утилизации в конце 80-х годов XX века не превышал 4...5 %. Отвалы золошлаковых материалов занимают большие площади, а их содержание требует значительных эксплуатационных затрат, которые влияют на повышение себестоимости электроэнергетики.

ОСНОВНАЯ ИННОВАЦИОННАЯ ИДЕЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЕЕ НОВИЗНА

Новым направлением широкого применения зол и шлаков ТЭС может стать производство бетонов на основе щелочных вяжущих (аналоги шлакощелочных). Теоретические основы этих вяжущих разработаны в 60–80-е годы прошлого века В. Д. Глуховским [6]. Щелочные цементы и бетоны подробно изучены в работах П. В. Кривенко [8], Р. Ф. Руновой [5], Ю. П. Горлова [2], А. Н. Ефремова [3, 4], J. Davidovits [7] и др. Структурообразующими соединениями этих вяжущих являются щелочные гидроалюмосиликаты – аналоги природных цеолитов. В указанных работах в качестве алюмосиликатного компонента использовались в основном метакаолин и зола-унос ТЭС. Вследствие разрыхления частиц метакаолина характеризуется примерно вдвое большей нормальной плотностью, что существенно снижает прочность камня на его основе [5]. На золе-унос получают вяжущие также невысокой активности [4–6, 8].

Зола-унос по структуре существенно отличается от шлака ТЭС. В золе-унос до 50 % материала закристаллизовано, шлак жидкого удаления на 100 % остеклован (А. В. Волженский [1]). Это, как показано в нашей работе [3], является решающим фактором большей растворимости глинозема шлака в щелочных растворах и значительно большей активности щелочных вяжущих. В указанной работе установлено, что на основе вяжущих из молотого шлака ТЭС, затворенного раствором гидроксида натрия, можно получать пропаренные и автоклавированные бетоны соответственно классов 7,5...15,0 и 25...30. Такие бетоны могут стать эффективным путем утилизации золошлаков ТЭС. Однако для щелочных вяжущих на гидроксиде натрия присущи два существенных недостатка:

во-первых, раствор гидроксид натрия весьма агрессивен. Попадание его на тело человека, его сухая пыль или пары могут вызвать ожоги кожного покрова, слизистой оболочки дыхательных путей и т. п.;

во-вторых, технический гироксид натрия достаточно дорогой продукт, его оптовая цена 1,5–2,0 раза дороже, например, натриевого жидкого стекла в пересчете на сухое вещество, Жидкое стекло к тому же значительно менее агрессивно. В ДонНАСА установлено, что жидкое стекло, особенно с пониженным силикатным модулем ($M_s = \text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$), отверждается, например, аморфным метакаолином. Однако по структуре и свойствам метакаолин и шлак ТЭС существенно отличаются: шлак характеризуется плотной структурой, его нормальная густота теста почти вдвое ниже.

Цель работы – получение щелочных алюмосиликатных вяжущих на основе шлака ТЭС путем установления закономерностей влияния концентрации и силикатного модуля жидкого стекла на процессы синтеза прочности при различных условиях твердения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследованиях использовался молотый шлак Старобешевской ТЭС, полученный помолотом до остатка на сите 0,08 мм не более 10...12 %. Испытание прочности производилось на образцах-кубах с ребром 2 см, заформованных из теста нормальной густоты. Кроме особо оговоренных случаев, затворение смесей производилось раствором щелочного компонента (ЩК) плотностью 1,30 г/см³.

Исключая отдельные опыты, тепловлажностное твердение осуществляли после 16–20 часов выдержки в формах с изолированной верхней поверхностью по режиму 2,5 + 6 + 2...4 часа. Изотермический прогрев при пропаривании производился при температуре 95 ± 2 °С, при автоклавировании – 173 °С (давление 0,8 МПа).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

Результаты исследования зависимости активности вяжущих от силикатного модуля жидкого стекла, приведенные на рисунке 1а, показывают, что применение жидкого стекла с $MS = 1-2$ вместо раствора гидроксида натрия приводит к снижению активности вяжущего после пропаривания в 1,67 и после автоклавирования – в 1,58 раза. Активность вяжущего, затворенного промышленным жидким стеклом с силикатным модулем 2,8, резко снижается.

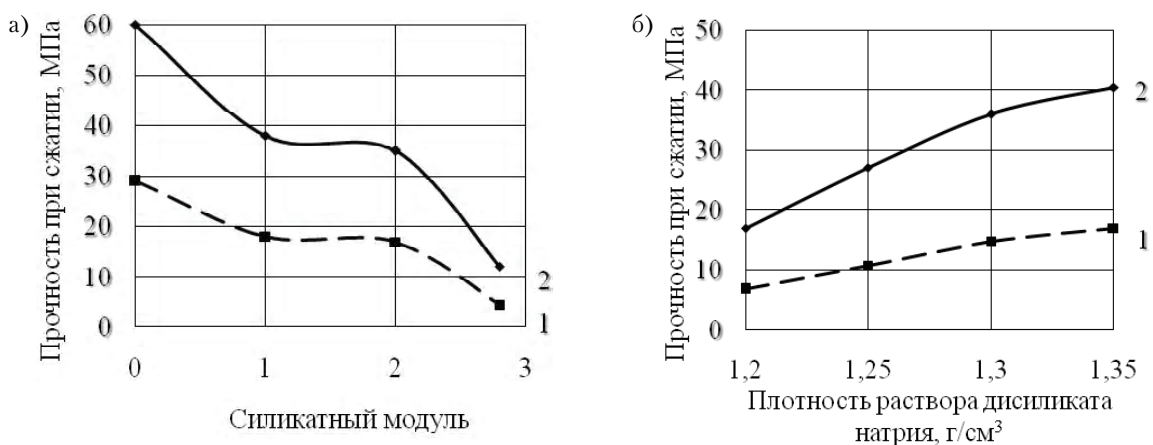


Рисунок 1 – Зависимость активности пропаренных (1) и автоклавированных (2) вяжущих от силикатного модуля (а) и плотности (б) раствора силиката натрия (модуль 0 – раствор гидроксида натрия).

В дальнейших исследованиях для затворения вяжущих применяли двухмодульное жидкое стекло – дисиликат натрия. Как показывают результаты, приведенные на рисунке 1б, концентрация дисиликата натрия оказывает менее резкое влияние на активность вяжущего. С ростом плотности раствора от 1,2 до 1,3 г/см³ происходит практически прямо пропорциональный рост прочности образцов. При дальнейшем повышении плотности до 1,35 г/см³ рост активности цемента заметно снижается.

Исследовано влияние давления пара на синтез прочности камня вяжущих (рисунок 2а). Анализ полученных результатов показывает, что при переходе от пропаривания к автоклавированию и увеличению давления пара до 0,6 МПа (температура насыщенного пара около 160 °С) происходит практически прямолинейный рост прочности образцов. С увеличением давления до 0,8 МПа увеличение активности вяжущего существенно замедляется, а при давлении 1,0..1,2 МПа рост активности вяжущего практически не наблюдается.

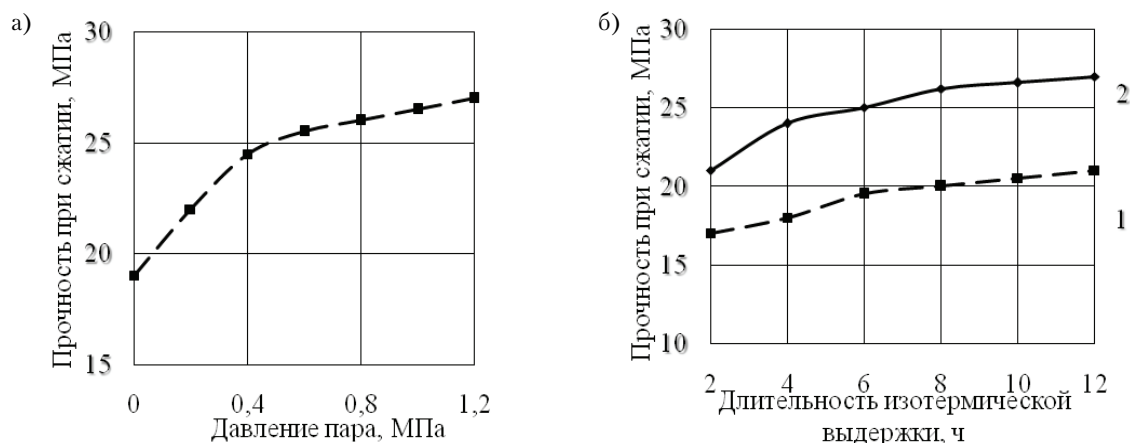


Рисунок 2 – Зависимость активности вяжущих от давления пара (а) и длительности изотермической выдержки (б) при тепловлажностной обработке.

Результаты исследования влияния длительности тепловлажностной обработки на активность цемента (рисунок 2б) свидетельствуют о том, что наиболее существенный рост прочности образцов происходит с увеличением времени изотермического прогрева с 2 до 6 часов. В дальнейшем рост прочности образцов заметно снижается и при длительности прогрева в течение 6–8 часов практически стабилизируется.

ВЫВОДЫ

1. Для получения щелочных вяжущих на основе молотых шлаков ТЭС активностью 15..20 МПа после пропаривания и 30..40 МПа после автоклавирования необходимо применять жидкое стекло с силикатным модуле 1–2 и плотностью 1,25...1,35 г/см³.
2. Тепловлажностную обработку при атмосферном давлении необходимо вести при максимально возможной температуре, автоклавную – при 0,6...0,8 МПа (температура около 160...173 °С), длительность изотермического прогрева при этом должна составлять 6–8 часов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов [Текст] / А. В. Волженский, И. А. Иванов, Б. Н. Виноградов. – М. : Стройиздат, 1984. – 256 с.
2. Автоклавные бесцементные коррозионностойкие бетоны [Текст] / Ю. П. Горлов, А. П. Меркин, В. Ю. Буров и др. // Строительные материалы. – 1984. – № 9. – С. 15.
3. Ефремов, А. Н. Бесклинкерные щелочные вяжущие и бетоны на основе зол и шлаков тепловых электростанций [Текст] / А. Н. Ефремов, А. Н. Лищенко, Д. Ю. Букина // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, 2018. – Вып. 2018-4(132) Научно-технические достижения студентов строительной архитектурной отрасли. – Том 2. Технологии строительных конструкций, изделий и материалов. – С. 166–171.
4. Ефремов, А. Н. Огнеупорные бетоны на щелочных вяжущих с повышенными термомеханическими свойствами [Текст] / А. Н. Ефремов, П.В. Кривенко. – Макеевка : ДонНАСА, 2008. – 187 с.
5. Рунова Р. Ф. Исследование автоклавных щелочно-щелочноземельных алюмосиликатных материалов [Текст] : автореф. дис. кандидата техн. наук / Киевский инж.-строит. ин-т. – К., 1972. – 23 с.
6. Щелочные и щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны [Текст] / Под общ. ред. В. Д. Глуховского. – К. : Вища школа, 1979. – 232 с.
7. Davidovits, J. Geopolymers – inorganic polymeric new materials [Text] / J. Davidovits // Journal of Thermal Analysis. – 1991. – № 37(8). – P. 1633–1656.
8. Krivenko, P. Alkaline Cements, Concretes and Structures: 50 Years of Theory and Practice [Text] / P. Krivenko // International Conference «Alkaline Activated Materials» – Research, Production and Utilization. – Praha : Zeithamlova Milena, Ing., 2007. – P. 313–347.

Получено 20.03.2019

Д. Ю. БУКИНА, Є. О. СЕЗЕМОВ, А. В. ФЕДОРИК
БЕЗЦЕМЕНТНІ В'ЯЖУЧІ НА ОСНОВІ ШЛАКУ ТЕПЛОВИХ
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ (ТЕС)
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Наведено результати порівняльного дослідження залежності активності лужних в'язучих від виду лужного компонента, силікатного модуля і концентрації розчину силікату натрію, а також умов твердіння (пропарювання та автоклавування). Встановлено, що активність в'язучих на високомодульному ($\text{SiO}_2 / \text{Na}_2\text{O} = 2,8$) силікаті натрію невисока – 4...12 МПа. При зниженні силікатного модуля до 1–2 вона збільшується в 3–4 рази.

Ключові слова: лужні в'язучі, гідроксид і силікат натрію, умови твердіння, міцність каменю в'язучих.

DARYA BUKINA, EVGENIY SEZEMOV, ANDREY FEDORIK
CEMENT LESS BINDERS BASED ON SLAG OF THERMAL POWER PLANTS
(TPP)
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The results of a comparative study of the dependence of the activity of alkaline binders on the type of the alkaline component, the silicate module and the concentration of sodium silicate solution, as well as the hardening conditions (steaming and autoclaving) are presented. It was established that the activity of binders on high modulus ($\text{SiO}_2 / \text{Na}_2\text{O} = 2.8$) sodium silicate is low – 4...12 MPa. By reducing the silicate module to 1–2, it increases by 3–4 times.

Key words: alkaline binders, sodium hydroxide and silicate, hardening conditions, stone strength binders.

Букина Дарья Юрьевна – аспирант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: стройматериалы на основе промышленных отходов.

Сеземов Евгений Александрович – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: стройматериалы на основе промышленных отходов.

Федорик Андрей Викторович – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: стройматериалы на основе промышленных отходов.

Букина Дар'я Юрїївна – аспірант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: будматеріали на основі промислових відходів.

Сеземов Євген Олександрович – магістрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: будматеріали на основі промислових відходів.

Федорик Андрій Вікторович – магістрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: будматеріали на основі промислових відходів.

Bukina Darya – graduate student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: building materials based on industrial waste.

Sezemov Evgeniy – master's student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: building materials based on industrial waste.

Fedorik Andrey – master's student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: building materials based on industrial waste.