

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ НА АКТИВНОСТЬ ГЕОПОЛИМЕРНОГО ВЯЖУЩЕГО

Парфенова Л.М., Разуева Е.А.

Полоцкий государственный университет

e-mail: e.goncharyonok@psu.by

**Abstract.** *The influence of the hardening temperature on the activity of a geopolymer binder, made on the basis of ash-slag mixture formed during the burning of peat and wood chips, was studied. It is shown that the maximum value of the strength of a geopolymer stone is obtained at temperatures of 60-80°C.*

Разработка энерго- и ресурсосберегающих материалов и технологий является одним из приоритетных направлений развития строительной отрасли Республики Беларусь. Учеными ближнего и дальнего зарубежья активно разрабатываются ресурсосберегающие технологии, основанные на утилизации золошлаковых отходов теплоэлектростанций, путем их применения в качестве сырья для геополимерных вяжущих. Технология получения геополимерных вяжущих позволяет, в сравнении с портландцементом, сократить на 70...90% расход энергии и выбросы углекислого газа. Актуальным это направление исследований становится и для Республики Беларусь. В связи с увеличением количества тепловых электростанций, работающих на местных видах топлива, ежегодно увеличивается и количество образующихся золошлаковых отходов.

Практический интерес представляют золошлаковые отходы, образующиеся на Белорусской ГРЭС г.п. Ореховск Витебской области при сжигании древесной щепы (50%) и торфа (50%). Химический состав золошлаковой смеси по ГОСТ 10538-87 представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав золошлаковой смеси Белорусской ГРЭС (мас. %)

| SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | TiO <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SO <sub>3</sub> | ппп  |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|------|
| 87.62            | 4.39                           | 1.08                           | 3.08 | 0.55 | 0.61              | 1.79             | 0.24             | 0.19                          | <0.10           | 0.07 |

По химическому составу золошлаковая смесь состоит в основном из оксидов кремния и алюминия (более 90%). По модулю основности золошлаковая смесь относится к кислым, содержание оксида кальция составляет около 3%. Установлено, что именно кислые низкокальциевые золы являются эффективным сырьем для получения геополимерного вяжущего. Это объясняется содержанием в составе золы стекловидной алюмосиликатной составляющей, способной проявлять вяжущие свойства при щелочной активации. При высоком содержании оксида кальция затрудняется протекание реакций полимеризации, ухудшается удобоукладываемость смеси и микроструктурные характеристики.

Для изучения влияния температуры твердения на активность геополимерного вяжущего золошлаковую смесь Белорусской ГРЭС высушивали при температуре 120°C. В экспериментах использовалась фракция, прошедшая через сито № 008, т.е. по ГОСТ 25818 – зола-уноса (далее зола) со следующими характеристиками: насыпная плотность 960 кг/м<sup>3</sup>; истинная плотность 2100 кг/м<sup>3</sup>, удельная поверхность 1490,8 см<sup>2</sup>/г.

В качестве щелочного активатора использовался гидроксид натрия (NaOH) СТО 00203275-206-2007. Для приготовления 51 % раствора щелочи гранулы гидроксида натрия растворяли в воде и давали остыть раствору до температуры 20°C. Геополимерное вяжущее получали путем смешивания золы со щелочным раствором в течение 45 минут. Из полученной пластичной массы формовали образцы кубиков с размером ребра 20 мм. Образцы без предварительной выдержки помещали в сушильный шкаф SNOL, где они твердели в течение 24 часов при температуре от 20 до 120°C. Влияние режимов температурной обработки на активность геополимерного вяжущего оценивалась по прочности образцов на сжатие, которую определяли через 24 часа после температурной обработки и в возрасте 28 суток. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние режимов температурной обработки на прочность геополимерного камня

| № п/п | Температура твердения, °С | Прочность на сжатие, МПа (%), через 24 ч после термообработки | Прочность на сжатие, МПа (%), в возрасте 28 сут после термообработки |
|-------|---------------------------|---|--|
| 1     | 20                        | 1,38 (100)  | 1,6 (100)  |
| 2     | 40                        | 1,42 (103)  | 2,48 (155)   |
| 3     | 60                        | 2,06 (149)  | 2,92 (183)   |
| 4     | 80                        | 2,37 (176)  | 2,87 (179)   |
| 5     | 100                       | 2,08 (151)  | 2,55 (159)   |
| 6     | 120                       | 1,98 (143)  | 2,53 (158)   |

Полученные результаты показывают, что при температуре 20°С геополимерный камень набирает прочность 1,38 МПа. Повышение температуры термообработки до 40°С незначительно влияет на прочность геополимерного камня, но при последующем твердении в течении 28 суток приводит к увеличению прочности в 1,75 раза. Повышение температуры термообработки до 60°С, 80°С обеспечивает увеличение прочности в 1,5–1,8 раза и в 1,8 раза через 24 часа после температурной обработки и в возрасте 28 суток соответственно. Дальнейшее увеличение температуры термообработки до 100°С, 120°С увеличивает прочность в 1,5–1,4 раза и в 1,6 раза через 24 часа после температурной обработки и в возрасте 28 суток соответственно. Однако после извлечения из сушильного шкафа образцов, твердевших при температуре 120°С на поверхности были обнаружены усадочные трещины. Образование усадочных трещин связано с резким подъемом температуры и влагопотерями, которые помимо нарушения структуры в процессе тепловой обработки приводят к замедлению процессов полимеризации и, как следствие, недобору прочности. Следует отметить, что в возрасте 28 суток максимальное значение прочности геополимерного камня 2,92 МПа достигнуто при температуре термообработки 60°С. При этом через 24 часа после термообработки максимальное значение прочности получено у образцов, твердевших при температуре 80°С.

Таким образом, активность геополимерного вяжущего увеличивается при повышении температуры твердения. Бездефектная структура и максимальная прочность геополимерного камня получена при температуре твердения 60-80°С.

УДК 691.322

### ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БЕТОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛУБИННЫХ ДАТЧИКОВ

Трамбицкий Е.А., Хватынец В.А., Шабанов Д.Н., Ягубкин А.Н.

Полоцкий государственный университет

e-mail: trambitsky.egor@yandex.by, xvastik@mail.ru

**Аннотация.** Для корректного определения остаточного ресурса конструкций исходные данные необходимо определять по результатам натурных испытаний и измерений. К сожалению, для большинства конструкций получение достоверных исходных данных затруднено, что естественно снижает корректность расчетов. Величины напряжений, возникающих в конструкциях, как правило, принимаются по результатам формализованных расчетов, что не отражает действительной работы конструкции. Возникает необходимость искать достоверные оперативные способы получения исходных данных для расчетов непосредственно с натурных конструкций. Выходом из создавшегося положения является применение телеметрических систем контроля за состоянием объектов [1].