

НИЗКОКАЛЬЦИЕВЫЕ ЗОЛЫ ТЭС В ЦЕМЕНТАХ И БЕТОНАХ

к.т.н., доц. Л.М. ПАРФЕНОВА; М.А. ПОДОЛЯК
Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Определена проблема увеличения количества зол-уноса и золошлаковых смесей, получаемых при сгорании торфа. Показано, что золы торфа по химико-минералогическому составу относятся к низкокальциевым. Отмечены рациональные области применения низкокальциевых зол-уноса и золошлаковых отходов тепловых электростанций (ТЭС): в производстве вяжущих веществ автоклавного твердения, в качестве гидравлической добавки к цементам, а также заполнителя в тяжелых и ячеистых бетонах. Отражены этапы развития технологии геополимеров. На основе аналитического обзора научных исследований установлено, что к основными факторам, влияющим на прочность геополимерных вяжущих, относятся вид и количество активатора твердения, соотношение в сырьевых материалах Si/Al, режимы тепловлажностной обработки. Имеющиеся данные о химико-минералогическом составе золы от сжигания торфа показывают перспективность ее применения в качестве алюмосиликатного компонента геополимерного вяжущего.

Введение. В Республике Беларусь наиболее широкое применение среди местных видов топлива получил торф. До 1960 года он был основным видом топлива, на котором работало большинство электростанций. В 1974 году максимальная добыча торфа в Беларуси составила 16,8 млн. т, из них 9,1 млн. т топливного торфа и 7,7 млн. т торфа для нужд сельского хозяйства. В последующие годы произошла постепенная переориентация объектов энергетики, населения Беларуси с заменой торфа на другие виды топлива, в частности, газ и мазут. А к концу 80-х годов планомерно торф исключается из теплоэнергетики. Вследствие чего объемы добычи торфа и производство брикетов резко сократилось. В 2001 году эти показатели составляли, соответственно, 2,0 и 1,1 млн. тонн [1]. Мощным рычагом развития торфяной промышленности в Беларуси стал 2008 год, когда оздоровление и дальнейшее развитие отрасли было определено Государственной программой «Торф», согласно которой к 2020 г. доля торфа должна составить 4,3% от общего первоначального котельно-печного топлива [2].

В настоящее время энергетические установки, работающие на местных видах топлива, построены в Жодино, Пинске, Осиповичах, Вилейке, Лунинце, Бобруйске, Пружанах, Речице, Барани, Витебске и других городах. На золоотвале Витебской ТЭЦ, заложенном в 1954 г., складировано около 2,0 млн. т золы, главным образом, от сжигания торфа [3]. Очевидно, что количество зол-уноса и золошлаковых смесей, получаемых при сгорании торфа будет непрерывно возрастать, в этой связи становится актуальной задача по их утилизации.

Основная часть. В научной литературе свойства золошлаковых отходов от сжигания каменных, бурых углей и сланцев достаточно подробно освещены. Показано [4-6], что основными характеристиками химического состава золошлаковых отходов служит модуль основности M_0 (гидравлический модуль) – отношение массовых долей основных оксидов к суммарному содержанию кислых оксидов; силикатный (кремнеземистый модуль) M_c – показывает отношение количества оксида кремния, вступающего в реакцию с другими оксидами, к суммарному содержанию оксидов алюминия и железа; коэффициент качества K , показывающий отношение оксидов, повышающих гидравлическую активность, к оксидам, снижающим ее.

Для основных зол и шлаков $M_0 > 1$, для слабокислых – $M_0 = 0,9 - 1,0$, для кислых – $M_0 = 0,6 - 0,9$, а для сверхкислых – $M_0 < 0,6$. В зависимости от состава все золошлаковые отходы поделены на три группы: активные, скрытоактивные, инертные. К скрыто активным относятся золы с общим содержанием оксида кальция 5-20%, содержанием свободного оксида кальция - не выше 2%, модулем основности не более 5 [6].

Расчеты основных характеристик химического состава золных отходов от сжигания торфа некоторых энергопредприятий республики, выполненные в работах [7, 8], показали, что модуль основности изменяется от 0,27 до 0,78; силикатный модуль находится в интервале от 1,08 до 6,27; коэффициент качества K – в интервале от 0,38 до 1,08. Таким образом, золы торфа энергопредприятий республики относятся к кислым и сверхкислым скрыто активным золам.

Согласно классификации, предложенной Е.А. Галибиной [9] золы, образующиеся от сжигания торфа, являются низкосульфатными средне- и низкокальциевыми с содержанием стекловидной фазы до 70 %.

С целью определения направлений рационального использования зольных отходов от сжигания торфа выполнено обобщение результатов исследований свойств и сферы применения низкокальциевых зол-уноса и золошлаковых отходов тепловых электростанций.

По химическому составу кислые золы отличаются от других видов побочных продуктов наличием частиц несгоревшего топлива, повышенным содержанием оксидов SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 (до 80 %), что определяет их кислый и сверхкислый характер. Фазовый состав этих отходов характеризуется значительным содержанием стекла – до 75 % [4, 5].

Количество частиц несгоревшего топлива колеблется в значительных пределах и может достигать 30 %. При этом установлено, что частицы остаточного топлива находятся во фракциях золы 85 мкм. Поэтому для более полной утилизации зол необходима переработка, основанная на фракционном ее разделении на магнитную, содержащую топливо (фракцию 85 мкм) и остаточную. Магнитная фракция составляет 15...18 % и содержит 40...50 % оксидов железа, поэтому ее целесообразно использовать в качестве корректирующей добавки при производстве цемента. Остаточная часть может быть широко использована в производстве вяжущих веществ автоклавного твердения (кремнеземистый компонент), как гидравлическая добавка к цементам, а также как заполнитель в тяжелых и ячеистых бетонах. Кислые золошлаковые отходы целесообразно применять как сырьевой компонент в цементной промышленности. Именно в этом направлении утилизируются значительное количество зол [4,5, 9].

Традиционная технология получения автоклавного ячеистого бетона предусматривает использование в качестве кремнеземистого компонента кварцевого песка. В 50-х гг. прошлого столетия предложено использовать в качестве кремнеземистого компонента кислую золу-унос, содержащую повышенное количество SiO_2 и минимальное количество CaO (менее 10 %). Кислая зола обладает пуццолановой активностью, то есть способностью связывать при обычных температурах гидроксид кальция, образуя нерастворимые соединения. В технологии автоклавного ячеистого бетона кислые золы вступают во взаимодействие с CaO извести, образуя в основном гидросиликаты кальция. Это позволяет добиться лучших физико-механических показателей зольного ячеистого бетона в сравнении с ячеистым бетоном на песке, в частности, к снижению плотности и более высоким показателям прочности и морозостойкости.

Кислые золы в качестве минеральной добавки в составе цементов, а также в бетонах используют для связывания $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образующегося при гидратации портландцемента. Помимо увеличения прочности и экономии вяжущего, при введении кислой золы Рефтинской ГРЭС, авторами работы [10] было достигнуто снижение водоотделения и расслаиваемости бетонной смеси, повышение коррозионной стойкости и морозостойкости бетона, улучшение поверхности изделий.

Исследования, выполненные Строителевой Е.А. [11], подтвердили высокую эффективность применения кислых зол-уноса для замены части мелкого заполнителя в мелкозернистых бетонах с целью увеличения прочностных показателей. Показано, что применение тепловлажностной обработки при оптимальной дозировке наполнителя приводит к интенсификации реакции пуццоланового типа и получению бетонов, превосходящих по прочности аналогичные составы нормально-влажностного твердения. Установлено уменьшение капиллярной пористости цементного камня за счет улучшенного распределения частиц по размерам и коагуляции пор дополнительными гидросиликатами кальция, образующимися при взаимодействии золы-уноса с продуктами гидратации портландцемента. Выявлено, что зола-уноса выполняет роль подложки, на которой активизируется формирование кристаллогидратов при гидратации цемента.

С использованием низкокальциевых зол изготавливаются пористые заполнители, к ним относятся аглопоритовый гравий и щебень, глиноземный керамзит, безобжиговый и обжиговый гравий [12, 13].

Между тем, по мнению довольно большого числа исследователей, на основе зол-уноса и золошлаковых смесей могут быть получены эффективные вяжущие вещества, которые в перспективе могут стать альтернативой портландцементу.

Аналитический обзор ресурсо- и энергосберегающих технологий строительных материалов на основе минерально-щелочных и геополимерных вяжущих, представленный в работе Ерошкиной Н.А., Коровкина М.О. [14], показал перспективность применения низкокальциевой золы в качестве алюмосиликатного компонента бесклинкерных вяжущих. Низкое содержание активного оксида кальция, способствующего твердению и набору прочности материала, компенсируется дополнительным введением оксида кальция путем щелочной активации. Отмечаются преимущества вяжущих щелочной активации, которые заключаются в возможности использования широкого спектра промышленных отходов и отсутствии энергоемкой операции обжига.

В работе [14] отмечается вклад В.Д. Глуховского и сотрудников его научной школы. Путем щелочной активации В.Д.Глуховским были получены сначала грунтосиликаты, а затем и шлакощелочные вяжущие [15]. Было установлено, что в качестве активаторов твердения шлаков возможно использование шести

групп химических соединений: гидроксиды щелочного металла (MOH), слабые соли кислот (M_2CO_3 , M_2SO_3 , M_3PO_4 , MF), силикаты ($M_2O \cdot nSiO_2$), алюминаты ($M_2O \cdot nAl_2O_3$), алюмосиликаты ($M_2O \cdot Al_2O_3 \cdot (2-6)SiO_2$), сильные соли кислот (M_2SO_4). Наряду с силикатами щелочных металлов могут также применяться карбонаты натрия и калия, фтористый натрий и другие соли щелочных металлов, дающие щелочную реакцию и способные реагировать со стеклофазой.

Исследуя возможности расширения сырьевой базы вяжущих щелочной активации, В.Д. Глуховский и его коллеги [15, 16], а также А.В. Волженский [13] и его сотрудники пришли к заключению, что в качестве алюмосиликатного компонента щелочных вяжущих возможно использование дисперсных зол-уноса.

На основе щелочных компонентов – едких натра и калия – в то время были получены вяжущие активностью до 50 МПа. Высокая стоимость и дефицитность технических едких щелочей препятствовали внедрению этих вяжущих в производство. Для получения золощелочных вяжущих на более доступных щелочных компонентах (сода, содовый плав, жидкие стекла) были предложены способы, включающие совместный помол зол или золошлаковых смесей с известью или металлургическими шлаками и портландцементным клинкером. При затворении раствором щелочного компонента эти добавки образуют едкий натр, обеспечивающий гидратацию и твердение золы [14-16].

Эффективность замены щелочи на более безопасные содово-щелочные активаторы в минерально-шлаковых вяжущих была доказана исследованиями, выполненными под руководством В.И.Калашникова. Благодаря этим исследованиям была разработана технология каустифицированных минерально-шлаковых вяжущих. Развивая технологию шлакощелочных вяжущих В.И. Калашников и его ученики, разработали глиношлаковые, минерально-шлаковые, геотшлаковые и геосинтетические вяжущие с различным содержанием шлака и осадочных горных пород с прочностью до 200 МПа [14, 17].

Научной основой развития щелочных вяжущих в настоящее время служит концепция геополимеров. Термин «геополимер» был предложен и впервые использован J. Davidovits в 1976 году. Применение термина «геополимер» основано на том, что технология геополимерных вяжущих предусматривает синтез полимерной структуры таких материалов из мономерных силикатных и алюминатных групп. Эти группы способны образовываться при разрушении в щелочных растворах первичной структуры горных пород или промышленных отходов алюмосиликатного состава [14, 18].

Механизм структурообразования геополимеров, согласно упрощенной модели, предложенной П.Дуксоном [14], заключается в следующем (рис. 1): вначале идет обмен ионов H^+ на Ca^{2+} и Na^+ (а), затем гидролиз алюмосиликатных соединений (б), разрушение деполимеризованной стекловидной структуры (в) и расщепление соединений Si и Al, которые переходят в раствор и накапливаются в виде отдельных частиц на поверхности (в мономерной форме). По мере накопления твердых частиц в растворе происходит его полимеризация, так называемая геополимеризация.

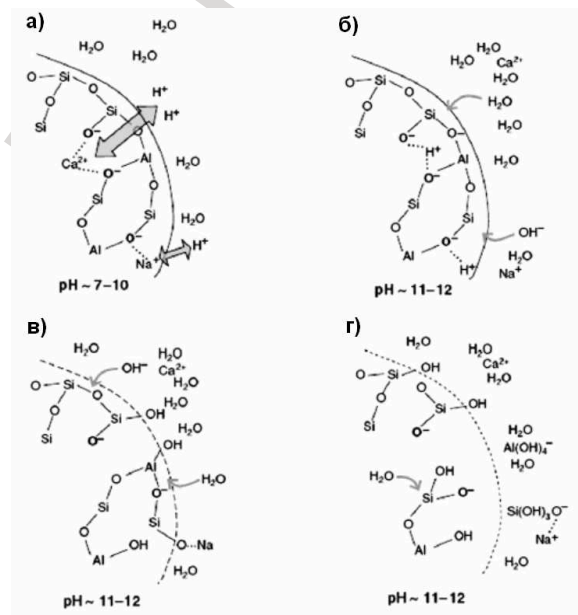


Рис. 1. Механизм растворения стекловидного алюмосиликата на ранней стадии реакции

согласно П. Дуксону (элементы Si и Al представлены тетраэдрами, соединенными между собой с помощью атомов кислорода) [14]

Свойства геополимеров, структура и области их применения зависят от соотношения Si/Al [19]:

- Si/Al = 1 материалы для изготовления кирпича, керамики и других огнестойких изделий;
- Si/Al = 2 материалы для изготовления вяжущих, бетона с низким выделением углекислого газа при производстве, а также материалы для капсулирования ядовитых и токсичных отходов;
- Si/Al = 3 материалы для изготовления оборудования для литейного производства, стекловолокна;
- Si/Al > 3 материалы для изготовления герметизирующих покрытий.

Если на первом этапе создания геополимеров к ним относили только материалы, полученные на основе метакаолина, то затем при исследовании щелочных вяжущих пришли к выводу о том, что сходные механизмы твердения характерны и для аналогичных материалов на основе золы, шлака, термически обработанных полевошпатных горных пород и других горных пород и техногенных продуктов алюмосиликатного состава [14].

Современные исследования геополимеров направлены на оптимизацию процессов щелочной и механической активации. В работе Кожуховой Н.И. [20] показано, что основными факторами, оказывающими влияние на структуру и свойства материала при получении вяжущих, являются тип и содержание щелочного агента (выраженного в виде молярного соотношения оксидов Na_2O и Al_2O_3 (Na/Al)), обеспечивающего растворение алюмосиликатного компонента для протекания структурообразующих процессов, а также температура термической обработки смеси, способствующая интенсификации процессов растворения аморфной алюмосиликатной составляющей и дальнейшего структурообразования вяжущей системы. В качестве активатора низкокальциевых зол использовался NaOH. Были установлены рациональная температура 80°C и оптимальное содержание щелочного компонента в вяжущей системе Na/Al=0,75. Анализ микроструктуры геополимерного вяжущего показал, что при Na/Al = 0,75, в системе отчетливо наблюдается отсутствие непрореагировавших сферических частиц стеклофазы, а также свободного NaOH.

Как правило, в синтезе геополимерных бетонов, всегда требуется термическая активация. Температура значительно ускоряет процесс растворения исходного алюмосиликатного каркаса и тем самым оказывает важное влияние на твердение геополимерных композиций, особенно в начальный период реакции. Отмечается [18, 21], что зола-унос при обычной температуре вступает в реакцию очень медленно и даже через месяц твердения в обычных условиях дает незначительную прочность. При выдерживании свежеприготовленного изделия при температуре

$70\text{--}90^\circ\text{C}$ в течение от нескольких часов до 1 суток можно достичь практически конечной прочности, составляющей до $60\text{--}70$ МПа (по некоторым данным, прочность геополимеров может достигать 100 МПа и более). При этом материалы, получаемые на основе вяжущих щелочной активации (геополимеров), обладают низкой проницаемостью и высоким показателем pH поровой жидкости, что обеспечивает им хорошую устойчивость к хлоридной коррозии арматурной стали.

В работе [22] использован материал совместного гидрозолоудаления, при котором зола-унос и шлак гидравлически удаляют в золоотвалы. В качестве активирующего щелочного компонента была выбрана воздушная кальциевая известь с активностью не менее 60 %. Использовали добавки – различные алкилиденфосфоновые кислоты. Установлено положительное воздействие механоактивации на золу. Показано, что микросферы золы представляют собой спекшиеся стекловидные алюмосиликатные правильные сферические образования с гладкой поверхностью. После обработки в мельнице такие золосферы разбиваются на части, образуя неровный рельеф. Механически активированные частицы вступают во взаимодействие с известью, проявляя пуццоланические свойства. Алкилиденфосфоновые кислоты выполняют функцию ПАВ, препятствуя агрегированию частиц. Комбинированное механическое и химическое активирование позволило авторам работы [22] заменить часть извести известняком, повысив физико-механические характеристики комбинированного вяжущего.

Исследованиями [23] установлено, что скорость протекания геополимерных реакций выше, при использовании комплексного активатора твердения на основе силиката натрия в количестве 7...9% и гидроксида натрия в количестве 2...2,5%. Геополимерное вяжущее на основе измельченных магматических горных пород с добавкой 25% доменного шлака с комплексным активатором твердения достигало прочность $60\text{--}70$ МПа при высокой водостойкости и низком водопоглощении.

Отмечается [23], что для смешанных вяжущих на основе золы-уноса и шлака, активированных силикатом натрия, предпочтительны нормальные условия твердения, а также низкотемпературная тепловлажностная обработка ($20\text{--}80^\circ\text{C}$) в течение непродолжительного периода времени. На этапе тепловой обработки важно не допускать сухого прогрева, который затрудняет процессы гидратации шлака и снижает прочность

геополимерного вяжущего. При использовании в качестве активаторов только щелочей для геополимерных вяжущих на основе золы-уноса или метаксаолина следует применять только тепловую обработку, а при наличии в составе добавки шлака могут быть выбраны и нормальные условия твердения, и тепловлажностная обработка.

Заключение. Основными факторами, влияющими на прочность геополимерных вяжущих, являются вид и количество активатора твердения, соотношение в сырьевых материалах Si/Al, режимы тепловой обработки.

В качестве активаторов процесса геополимеризации используются, как правило, два вида щелочных соединений – щелочи (NaOH и KOH) и жидкое стекло (натриевое, калиевое или смешанное). Использование комплексного активатора твердения, например, на основе силиката натрия и гидроксида натрия может значительно увеличить скорость протекания геополимерных реакций. Повысить физико-механические характеристики геополимерного вяжущего позволяет комбинированное механическое и химическое активирование.

Материалы для изготовления геополимерных вяжущих должны иметь соотношение Si/Al = 2. В синтезе геополимерных вяжущих, всегда требуется термическая активация. Режимы тепловой обработки зависят от состава вяжущего и вида активатора твердения. Важным показателем является время предварительной выдержки.

Имеющиеся данные о химико-минералогическом составе золы от сжигания торфа [7, 8] указывают на возможность ее применения в качестве алюмосиликатного компонента геополимерного вяжущего. Торфяные золы состоят в основном из аморфизованного обжигом, оплавленного глинистого вещества и зерен кварца, почти не измененных обжигом. Кристаллическая фаза представлена, главным образом, кварцем; кроме того, присутствуют окись кальция, двухкальциевый силикат, гематит, полевой шпат, минералы группы мелклита и, предположительно, пятикальциевый трехалюминат. Фазовый химический анализ торфяных зол показал, что основная часть окиси кальция присутствует в золах в виде силикатов и алюминатов кальция, а эти соединения легко гидратируются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пресс-релиз. Торфяная промышленность Республики Беларусь: достижения и перспективы развития / Официальный сайт министерства Энергетики. - [Электронный ресурс]: <http://www.minenergo.gov.by>. – Дата доступа: 14.03.2014
2. Государственная программа "Торф" на 2008 - 2010 годы и на период до 2020 года: Утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 23.01.2008 № 94
3. Хомич, В.С. Золоотвалы ТЭЦ как потенциальные источники загрязнения окружающей среды / В.С. Хомич, Д.Ю. Городецкий, Е.П. Овчарова, В.С. Рыжиков, С.В. Савченко, Г.М. Бокая, П.В. Курман // Природопользование. Вып. 21. – 2012. – С. 124 – 135
4. Русина, В.В. Минеральные вяжущие вещества на основе многотоннажных промышленных отходов: Учебное пособие / В.В. Русина. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2007. – 224 с.
5. Дворкин, Л.И., Дворкин, О.Л., Корнейчук, Ю.А. Эффективные цементно-золевые бетоны / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин, Ю.А. Корнейчук – Ровно, 1998. – 190 с.
6. Путилин, Е.И. Применение зол уноса и золошлаковых смесей при строительстве автомобильных дорог / Е.И. Путилин, В.С. Цветков. - М.: ФГУП «Союздорнии», 2003. – 56 с.
7. Ляхевич, Г.Д., Ляхевич, А.Г. Ортнер, Д.В. Технология и эффективность использования торфяных зол в цементном бетоне // Наука и техника. – № 2. – 2015. – С. 16 – 23
8. Лиштван, И.И., Дударчик, В.М., Крайко, В.М., Ануфриева, Е.В., Смолячкова, Е.А. Критерии качества, классификация и направления утилизации золы от сжигания твердого топлива // Природопользование. – Вып. 25. – 2014. – С. 182 – 192.
9. Галибина, Е.А. Классификация пылевидных зол в зависимости от вещественного состава, обеспечивающего их рациональное направление использования для производства строительных материалов / Е.А. Галибина // Исследования по строительству. Строительная теплофизика. Долговечность конструкций: [Сб. статей] / НИИ стр-ва ; [Редкол.: О. Я. Ольдекоп (ред.) и др.] Таллин Валгус, 1981. – 132 с.
10. Капустин, Ф. Л. Технологические и экологические аспекты применения золы-уноса Рефтинской ГРЭС при производстве строительных материалов // Применение автоклавного газозолобетона в современном строительстве. Сборник докладов III научно-практического семинара. Под редакцией Ф. Л. Капустина. – Екатеринбург: УрФУ, 2010. – С. 32 – 35

11. Строительева, Е.А. Модификация структуры цементных бетонов наполнителем из золы-уноса ТЭС Дальнего Востока: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. – Хабаровск, 2006. – 162 с.
12. Данилович, И.Ю. Использование топливных шлаков и зол для производства строительных материалов [Текст]: учеб. пособие для СПТУ / И.Ю. Данилович, Н.А. Сканави. – М.: Высшая школа, 1988. – 72 с.
13. Волженский, А.В. Применение зол и шлаков в производстве строительных материалов [Текст] / А.В. Волженский, И.Л. Иванов, Б.Н. Виноградов. – М.: Стройиздат, 1984. – 216 с.
14. Ерошкина, Н.А. Ресурсо- и энергосберегающие технологии строительных материалов на основе минерально-щелочных и геополлимерных вяжущих: учеб. пособие / Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 156 с.
15. Глуховский, В.Д. Шлакощелочные цементы и бетоны [Текст] / В.Д. Глуховский, В.А. Пахомов. – Киев: Будивельник, 1978. – 184 с.
16. Рунова, Р.Ф. Исследование автоклавных щелочно-щелочноземельных алюмосиликатных материалов: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Киев, 1972.
17. Калашников, В.И. Карбонатношлаковые композиционные строительные материалы [Текст]: монография / В.Л. Хвастунов, О.Л. Викторова, В.С. Демьянова, Ю.С. Кузнецов, Н.И. Макридин, А.В. Гречишкин, Д.В. Калашников, М.О. Коровкин, М.Н. Мороз, В.А. Тяпкин. – Пенза: Изд-во ПГУАС, 2006. – 168 с.
18. Корнеев, В.И., Брыков, А.С. Перспективы развития общестроительных вяжущих веществ. Геополлимеры и их отличительные особенности / Цемент и его применение, март-апрель. – 2010. – С. 51-55
19. Ерошкина, Н.А. Перспективность горных пород в качестве сырья для производства геополлимеров в зависимости от их генезиса / Н. А. Ерошкина, М. О. Коровкин, А. А. Мишанов, В.Я. Кудашов. [Электронный ресурс]: <http://mineral-alkali.narod.ru/6.pdf>. – Дата доступа: 19.10.2015
20. Кожухова, Н.И. Геополлимерное вяжущее на золах-уноса ТЭС и мелкозернистый бетон на его основе: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.05. – Белгород, 2013. – 23 с.
21. Фаликман, В.Р., Охотникова, К.Ю. Геополлимерные вяжущие и бетоны в современном строительстве // Международный научно-исследовательский журнал. – № 4. – 2015. – С. 93 -97.
22. Косенко, Н.Ф., Смирнова, М.А. Влияние механической активации на свойства зольно-известковых материалов [Электронный ресурс]: http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова_періодика/vestnik/Хімія,_хімічна_технологія_та_екологія/2010/65/6.pdf. – Дата доступа: 20.09.2010
23. Ерошкина, Н.А. Использование золы ТЭС в технологии геополлимерных строительных материалов [Текст] / Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин, И.В. Коровченко // Молодой ученый. – 2015. – №7. – С. 117–120.

УДК 621.039.54

ЭРА ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

канд.т.н., ассистент Д.Н. Шабанов; М.Н. Высоцкая
Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Рассматривается развитие и необходимость внедрения в практику BIM-технологий (технология информационного моделирования здания). Акцент сделан на программное обеспечение 3ds Max для 3D моделирования и создания разнообразных по форме и сложности трёхмерных компьютерных моделей. Представлена 3D модель многослойной армированной строительной конструкции и элемента соединения узла. Рассмотрена работа строительного 3D принтера.

Технология информационного моделирования зданий – это новое явление в мировой проектно-строительной отрасли, оно постоянно развивается и меняет границы и формы применения. В такой ситуации внедрение BIM – процесс ещё более сложный, и практически каждый, кто пошёл по этому пути, становится первопроходцем. А первопроходцы не застрахованы от ошибок. Более того, на пути первооткрывателя ошибки неизбежны. Так что одна из главных задач в процессе внедрения BIM – такие ошибки вовремя находить и устранять, причём желательно на ранней стадии.

Что такое BIM - технологии в современной интерпретации? BIM (Building Information Modeling или Building Information Model) — информационное моделирование *здания* или информационная модель здания. Информационное моделирование сооружений (BIM) — процесс коллективного создания и использования информации о сооружении, формирующий надёжную основу для всех решений на протяжении жизненного цикла объекта (от самых ранних концепций до рабочего проектирования, строительства, эксплуатации и сноса) [1]. Информационное моделирование здания — это подход к возведению, оснащению, обеспечению экс-