

О.А.МИРЮК

Рудненский индустриальный институт, Рудный, psm58@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОРИЗАЦИЮ ЩЕЛОЧЕСИЛИКАТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Приведены результаты исследований бесцементных теплоизоляционных щелочесиликатных композиций на основе техногенного сырья. Установлено влияние технологических факторов на поризацию композиций из жидкого стекла и техногенного наполнителя. В качестве техногенных наполнителей использовали металлургический шлак и стеклобой. Поризацию композиций оценивали по объему и устойчивости пеномассы, структуре и плотности пенобетона. Исследовано влияние вида и концентрации пенообразователя, содержания наполнителя, режима перемешивания сырьевой массы на формирование ячеистой структуры. Установлено, что синтетический пенообразователь «Faigu», содержание которого в формовочной массе 3-4 % дает устойчивую пену с мелкопористым строением, низкой плотностью и удовлетворительной устойчивостью. Исследована возможность комплексной поризации композиций из жидкого стекла. Изучена структура поризованных материалов. Пенобетон на основе металлургического шлака характеризуется меньшими по размеру ячейками по сравнению с композитом на основе стеклобоя. Определены рациональные соотношения между твердым и жидким компонентами формовочной смеси. Для получения стойкой к седиментации пеномассы с низкими значениями плотности соотношение жидкое стекло: наполнитель принимают равным 1:1,85-1:2,00. Показана возможность дополнительной поризации ячеистой структуры за счет введения газообразователя – пероксида водорода.

Ключевые слова: бесцементное вяжущее, жидкое стекло, техногенный наполнитель, поризация, структура, пенобетон.

Введение. Современному строительному производству необходимы эффективные теплоизоляционные материалы с жесткой ячеистой структурой, гарантирующие стабильную функциональность в различных условиях эксплуатации. Большинство производимых теплоизоляционных материалов имеет органическую природу и характеризуется волокнистым строением, что нередко усложняет проектные решения [1].

Ячеистый бетон выгодно отличается многообразием номенклатуры изделий, доступностью сырьевой базы, сравнительной простотой технологии, высокими техническими характеристиками, экологичностью. Технология ячеистых бетонов характеризуется возможностью широкого использования различных сырьевых материалов, в том числе техногенного происхождения. В качестве вяжущего вещества для ячеистых бетонов в основном используют портландцемент и известково-кремнеземистые материалы (автоклавная технология). Дороговизна портландцемента, технические сложности автоклавной обработки обуславливают необходимость

использования альтернативных бесцементных вяжущих. При этом необходимо создать благоприятные условия для поризации, обеспечить повышенную прочность межпоровых перегородок в ячеистом бетоне.

Анализ технической литературы свидетельствует о перспективности щелочесиликатных вяжущих – композиций на основе порошкообразного наполнителя и раствора щелочного компонента (жидкого стекла) [2, 3]. Жидкое стекло, как основа таких композиций с многолетней практикой применения, соответствует требованиям сырьевой обеспеченности и возможности применения малоэнергоемких технологий [2-4]. В качестве порошкообразного наполнителя щелочесиликатных вяжущих используют металлургические шлаки, бой стекла и другие силикатные и алюмосиликатные материалы различного происхождения [5-8].

Поризация – определяющая стадия технологического процесса получения ячеистых материалов. Поризацию жидкостекольных масс осуществляют термическим, химическим, механическим способами [9-14].

Существенными факторами влияния на структуру ячеистых материалов служат технологические приемы приготовления бетонных смесей. В технологии ячеистых бетонов наиболее распространены щелочесиликатные пенобетоны [9-13]. Технология пенобетона отличается многовариантностью методов получения формовочной массы: раздельное приготовление растворной смеси и пены; сухая минерализация пены; вспенивание всех компонентов в скоростном смесителе [1]. Щелочесиликатные пенобетоны получают, как правило, методом сухой минерализации пены [13]. Другие методы разработаны в основном для цементных бетонных смесей и не учитывают многокомпонентности составов формовочных композиций из бесцементных вяжущих.

Улучшение прочностных и теплофизических свойств ячеистых бетонов основано на оптимизации структуры. Перспективным направлением в технологии ячеистых бетонов является получение пеногазобетона за счет совмещения приемов приготовления пенобетонной и газобетонной смесей. Это позволяет эффективнее регулировать структуру и свойства бетона. Сведения о технологии пеногазобетона сравнительно немногочисленны и посвящены в основном цементным материалам.

Представляется, что дальнейшее развитие технологии щелочесиликатных ячеистых бетонов будет связано с совершенствованием приемов поризации структуры.

Цель работы – исследование влияния технологических факторов на поризацию материалов из жидкого стекла и техногенного наполнителя.

Экспериментальная часть. Объектом исследования послужили композиции из жидкого стекла и техногенного наполнителя (металлургический шлак и стеклобой).

Шлак черной металлургии (металлургический) – доменный гранулированный шлак, химический состав которого в основном представлен, мас. %: SiO_2 38-45; Al_2O_3 8-12; FeO 0,5-0,7; CaO 23-29, MgO 7-12. Стеклобой – бой листового и тарного стекла. Основу техногенных стекол составляет аморфный кремнезем. Химический состав стекла, мас. %: SiO_2 70-73; Al_2O_3 1-3; Fe_2O_3 1-3; CaO 5-7; MgO до 1; Na_2O до 5.

Для поризации масс использовали поверхностно-активные вещества различного происхождения: протеиновый пеноконцентрат «Унипор», пенообразователи на синтетической основе «Fairy» и «Zelle – 1».

Пеномассы готовили по одностадийному методу: суспензию, полученную перемешиванием всех компонентов, вспенивали в смесителе миксерного типа в течение 2 мин. Скорость вращения перемешивающего механизма 600-1000 об/мин. Свойства пеномассы оценивали по кратности и плотности. Кратность пеномассы определяли как соотношение объемов смеси до и после вспенивания. Процесс твердения образцов пенобетона размером 40×40×40 мм происходил в нормальных условиях.

Для сравнения полученных пен использована визуальная оценка крупности, однородности и устойчивости во времени. Мелкими обозначены пены с размером ячеек 0,5 мм; крупными – более 1 мм. Однородная пористая структура охарактеризована равномерным распределением пор в массе, отсутствием крупных воздушных полостей. Устойчивость пеномассы определена по продолжительности сохранения первоначального объема: высокая устойчивость – не менее 30 мин; низкая – разрушается вскоре после извлечения из смесителя.

Особенность исследуемых композиций – использование для затворения жидкости с регулируемой плотностью. Жидкое стекло выполняет две функции: в сочетании с пенообразователем является компонентом технической пены и одновременно – компонентом щелочесиликатного вяжущего.

Обсуждение результатов. Сопоставление характеристик пен, полученных при равных условиях на основе различных жидкостей, выявило пониженную кратность (вода – 12, жидкое стекло – 5) и повышенную среднюю плотность (вода – 80 кг/м³, жидкое стекло – 200 кг/м³) пены из жидкого стекла. Истечение жидкости из пены в результате синерезиса в пеномассах отличалось незначительно.

Исследование пены, образованной из жидкого стекла различного состояния, свидетельствует о предпочтительности раствора $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ плотностью 1200-1300 кг/м³, при которой образуется пена необходимого качества и достигается технологически обоснованная скорость твердения материала (таблица 1). Повышенные значения плотности жидкого стекла снижают выход пеномассы, при низких значениях плотности – медленное упрочнение структуры бетона.

Структура ячеистых материалов существенно зависит от природы порообразующего ком-

Таблица 1- Влияние плотности жидкого стекла на свойства пены

| Плотность жидкого стекла $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$, кг/м ³ | Кратность пены | Плотность пены, кг/м ³ |
|--|----------------|-----------------------------------|
| 1100 | 8,5 | 115 |
| 1150 | 8,1 | 170 |
| 1200 | 7,7 | 195 |
| 1250 | 6,4 | 230 |
| 1300 | 5,3 | 250 |
| 1350 | 4,2 | 320 |
| 1400 | 3,8 | 470 |

понента. Исследованы пены, полученные из пенообразователей различного происхождения, которые добавляли к жидкому стеклу в количестве 3 %. Результаты приведены в таблице 2.

Использование протеинового пенообразователя «Унипор» сопровождается коагуляционными процессами и образованием сгустков в жидком стекле. Пена, образованная с применением «Унипор», неоднородна по структуре и весьма неустойчива. Протеиновые поверхностно-активные вещества катионного или амфотерного типа, как правило, эффективны только в слабокислой среде.

Пена на основе синтетического пенообразователя «Fairy» выгодно отличается мелкопористым строением, низкой плотностью и устойчивостью. Предпочтительность синтетических пенообразователей для жидкого стекла обусловлена их анионным или неионогенным типом. Такие пенообразователи содержат натриевые соли алкилсульфонатов и алкилбензосульфокислот и наиболее эффективны в области pH=7,0–10,5.

Щелочесиликатные композиции состоят из жидкого стекла и порошкообразного наполнителя (металлургического шлака или боя стекла), который влияет на реологические свойства и вспениваемость массы. Для поризации щелочесиликатной композиции использован пенообразователь «Fairy». Увеличение доли наполнителя закономерно повышает плотность массы за счет уменьшения поризуемости материала (таблицы 3 и 4). Для получения стойкой к седиментации пеномассы с низкими значениями плотности соотношение «жидкое стекло : наполнитель» целесообразно принять равным «1:1,85 – 1:2,00». Композиции на основе стеклобоя менее чувствительны к изменению доли наполнителя и сохраняют практически неизменной кратность пеномассы.

Таблица 2- Влияние состава пенообразователя на свойства пены из жидкого стекла

| Вид пенообразователя | Кратность пены | Плотность пены, кг/м ³ | Качественная характеристика пены | | |
|----------------------|----------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------|
| | | | размер | однородность пористости | устойчивость |
| «Fairy» | 7,0 | 180 | очень мелкие | однородная | высокая |
| «Zelle – 1» | 6,5 | 190 | мелкие | однородная | высокая |
| «Унипор» | 4,0 | 210 | средние | неоднородная | низкая |

Таблица 3 – Влияние доли шлака на свойства поризованного материала

| Жидкое стекло:шлак | Кратность пеномассы | Плотность пеномассы, кг/м ³ | Плотность пенобетона, кг/м ³ | Прочность при сжатии пенобетона, МПа |
|--------------------|---------------------|--|---|--------------------------------------|
| 1 : 1,45 | 6,4 | 430 | 260 | 0,3 |
| 1 : 1,65 | 6,3 | 470 | 320 | 0,4 |
| 1 : 1,85 | 6,1 | 490 | 350 | 0,5 |
| 1 : 2,00 | 5,8 | 550 | 460 | 0,7 |

Таблица 4 – Влияние доли стеклобоя на свойства поризованного материала

| Жидкое стекло:стеклобой | Кратность пеномассы | Плотность пеномассы, кг/м ³ | Плотность пенобетона, кг/м ³ | Прочность при сжатии пенобетона, МПа |
|-------------------------|---------------------|--|---|--------------------------------------|
| 1 : 1,45 | 5,1 | 570 | 400 | 0,8 |
| 1 : 1,65 | 5,2 | 620 | 420 | 1,0 |
| 1 : 1,85 | 5,1 | 640 | 430 | 1,1 |
| 1 : 2,00 | 5,0 | 670 | 480 | 1,2 |

Структура пенобетона чувствительна к изменению вещественного состава формовочной массы. Сопоставление характеристик структуры шлакощелочных композиций на синтетических пенообразователях различного типа выявило, что использование «Zelle – 1» при прочих равных условиях приготовления пеномассы обеспечивает формирование укрупненных ячеек со средним размером 0,8-1,0 мм (рисунок 1) и снижение плотности поризованного бетона (таблица 5). Пенобетон на основе металлургического шлака характеризуется меньшими по размеру ячейками по сравнению с композитом на основе стеклобоя (рисунок 2).

Для повышения теплозащитных свойств композиций исследована возможность дополнительной поризации с помощью газообразующего компонента. Алюминиевая пудра – традиционный

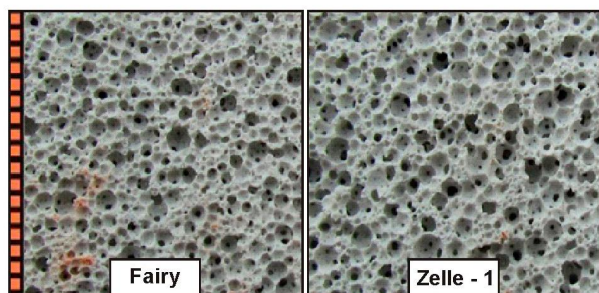


Рисунок 1 – Структура пенобетона с использованием пенообразователей различного вида

Таблица 5 – Влияние состава смеси на свойства шлакощелочного пенобетона

| Пенообразователь | | Жидкое стекло : шлак | | | | | |
|------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| | | 1 : 1,85 | | | 1 : 2,00 | | |
| вид | содержание в смеси, % | Кратность пены | Плотность пенобетона, кг/м³ | Прочность при сжатии пенобетона, МПа | Кратность пены | Плотность пенобетона, кг/м³ | Прочность при сжатии пенобетона, МПа |
| Fairy | 3 | 5,4 | 393 | 0,68 | 5,2 | 402 | 0,73 |
| | 4 | 5,8 | 296 | 0,63 | 5,8 | 369 | 0,72 |
| | 5 | 6,2 | 255 | 0,62 | 6,2 | 322 | 0,61 |
| Zelle-1 | 3 | 5,6 | 309 | 0,59 | 5,8 | 369 | 0,68 |
| | 4 | 5,9 | 237 | 0,53 | 6,2 | 336 | 0,63 |
| | 5 | 6,3 | 205 | 0,50 | 6,7 | 276 | 0,60 |

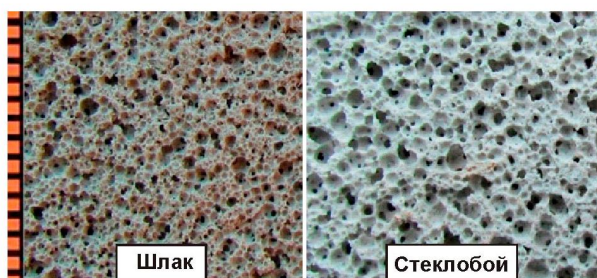


Рисунок 2 – Структура пенобетона с использованием различных наполнителей

газообразователь ячеистых бетонов способна одновременно играть роль водоупрочняющего отвердителя, так как продукты взаимодействия алюминия с жидким стеклом дополнительно модифицируют щелочно-силикатную матрицу, повышая ее водостойкость.

Однако повышенная зависимость кинетики газовыделения от состояния сырьевой смеси и поверхности порообразователя, дороговизна порошка обусловили поиск другого газообразующего компонента.

В качестве порообразователя использован концентрированный водный раствор пероксида водорода H_2O_2 (технический пергидроль, массовая концентрация 37 %), опыт использования которого свидетельствует об эффективности и доступности этого вещества [20]. Газообразование с участием пероксида водорода независимо от значения pH среды, при разложении H_2O_2 выделяется кислород.

Газообразователь вливали в сырьевую массу перед вспениванием. Состав композиции характеризовался соотношением «жидкое стекло:стеклобой – 1:2». Газовыделение происходило в течение 30-40 мин после заполнения формы вспененной массой, ускорялось при тепловом воздействии (температура 30 °C). Соотношение уровней массы до и после насыщения газом характеризовали коэффициентом вспучивания, который рассчитывали по завершению поризации. Результаты испытаний свидетельствуют, что вспучивание массы, возрастающее при увеличении доли пероксида водорода, зависит от вида пенообразователя (таблица 6). Пониженные значения коэффициента вспучивания смеси на основе «Zelle-1» обусловлены, по-видимому, меньшей газодерживающей способностью пеномассы. Это подтверждает «перфорация» межпоровых перегородок в пенобетоне (рисунок 3), которая усиливается с повышением концентрации газообразователя. Поэтому содержание пероксида водорода в смеси следует ограничить 1,75-2,25 %.

Таблица 6 – Влияние пероксида водорода на свойства щелочной композиций из стеклобоя

| Вид пенообразователя | Содержание пероксида водорода в смеси, % | Кратность пеномассы | Коэффициент вспучивания, % | Средняя плотность пеногазобетона, кг/м³ |
|----------------------|--|---------------------|----------------------------|---|
| «Fairy» | 0 | 5,4 | - | 500 |
| | 0,75 | | 14 | 440 |
| | 1,25 | | 20 | 400 |
| | 1,75 | | 28 | 340 |
| | 2,25 | | 42 | 280 |
| | 2,75 | | 57 | 230 |
| «Zelle-1» | 0 | 5,6 | - | 480 |
| | 0,75 | | 10 | 420 |
| | 1,25 | | 18 | 380 |
| | 1,75 | | 22 | 340 |
| | 2,25 | | 31 | 270 |
| | 2,75 | | 37 | 210 |

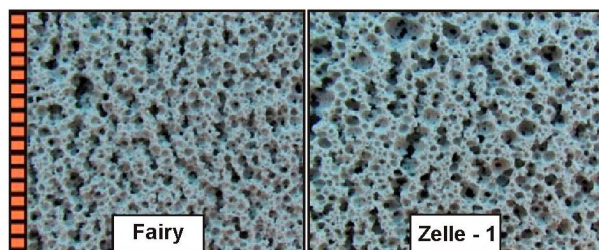


Рисунок 3 – Структура пеногазобетона на основе стеклобоя с использованием пенообразователей различного вида и пероксида водорода (1,75 %)

Процесс поризации зависит от режима вспенивания массы. Исследование влияния скорости вращения рабочего органа смесителя-миксера на свойства пеномассы позволило выявить следующее. Для получения устойчивой мелкопористой пеномассы с высокой кратностью целесообразна скорость 600-1000 об/мин. Конкретное значение скорости зависит от вязкости исходной массы и повышается с ее увеличением.

Весьма существенна для качества пеномассы конструкция движущегося элемента смесителя. Исследовано влияние поверхности контакта рабочего органа смесителя на состояние пеномассы. В эксперименте использовали рабочие органы – «венчики», отличающиеся длиной обмотки проволоки, используемой для повышения площади контакта. Выявлено, что по мере удлинения обмотки качество пеномассы повышается. Кратность пеномассы: без обмотки – 5,0; с обмоткой 100 мм – 6,0; с обмоткой 200 мм – 7,5; с обмоткой 300 мм – 8,5. Однако дальнейшее увеличение обмотки приводит к снижению кратности и качества пеномассы.

Выводы. Процессы поризации щелочесиликатных композиций чувствительны к изменению состояния сырьевых компонентов, рецептуры и режима вспенивания формовочной массы.

Устойчивая мелкопористая жидкостекольная пеномасса образуется при использовании синтетических пенообразователей анионного или неионогенного типа, обладающих высокой вспенивающей способностью и устойчивостью в жидкости с выраженной химической активностью и регулируемой плотностью.

Для формирования стойкой к седиментации пеномассы с низкими значениями плотности соотношение «жидкое стекло : техногенный наполнитель» целесообразно принять равным «1:1,85 – 1:2,00» с учетом состава порошкообразного компонента.

Комплексная поризация жидкостекольных композиций путем вспенивания суспензии в скоростном смесителе и последующего газонасыщения с помощью пероксида водорода способствует формированию полидисперсной структуры пеногазобетона со средней плотностью 300-400 кг/м³.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Вернеке Д. Энергоэффективное строительство – это мировая тенденция // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2008. – № 10. – С. 41-42.
- 2 Кривенко П.В. Скурчинская Ж.В., Сидоренко Ю.А. Шлакощелочные вяжущие нового поколения // Цемент. – 1991. – № 11-12. – С. 4-8.
- 3 Тотурбиев Б.Д. Строительные материалы на основе силикатнатриевых композиций. – М.: Стройиздат, 1988. – 206 с.
- 4 Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Богатов А.Д. Структурообразование и свойства композитов на основе боя стекла // Известия вузов. Строительство. – 2000. – № 9. – С. 16-22.
- 5 Рахимова Н.Р., Рахимов Р.З., Фатыхов Г.А., Кузнецов Д.П. Газобетоны на основе композиционных шлакощелочных вяжущих // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. Технологии бетонов. – 2009. – № 7-8. – С. 34-35.
- 6 Румянцев Б.М. Зайцева Е.И. Получение теплоизоляционных материалов из стеклобоя // Известия вузов. Строительство. – 2002. – № 8. – С. 24-27.
- 7 Кудяков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Зернистый теплоизоляционный материал на основе модифицированного жидкого стекла из микрокремнезема // Строительные материалы. – 2004. – № 11. – С. 12.
- 8 Малявский Н.И., Покидько Б.В. Технологии получения водостойкого щелочно-силикатного утеплителя из жидкого стекла, модифицированного алюминием // Кровельные и изоляционные материалы. – 2006. – № 4. – С. 60-62.
- 9 Карнаухов Ю.П., Белых С.А., Кудяков А.И., Лебедева Т.А. Особенности получения поризованных материалов для ограждающих конструкций из вспененного наполненного жидкого стекла // Известия вузов. Строительство. – 2003. – № 2. – С. 59-63.
- 10 Кривенко П.В., Ковальчук Г.Ю. Жаростойкий газобетон на основе щелочного алюмосиликатного связующего // Строительные материалы. – 2001. – № 7. – С. 26-28.
- 11 Мантуров З.А. Планирование эксперимента при подборе состава безобжигового жаростойкого теплоизоляционного материала на силикат-натриевых композициях // Состояние современной строительной науки – 2012: Сб. научных трудов. – Полтавский ЦНИИ. – 2012. – С. 23-27.
- 12 Лотов В.А., Кутугин В. А. Формирование пористой структуры пеносиликатов на основе жидкостекольных композиций // Стекло и керамика. – 2008. – № 1. – С. 6-10.

13 Комар А.Г., Величко Е.Г., Белякова Ж.С. О некоторых аспектах управления структурообразованием и свойствами шлакосиликатного пенобетона // Строительные материалы. – 2001. – № 7. – С. 26-28.

14 Сидоров В.И., Малавский Н.И., Покидько Б.В. Получение эффективных водостойких утеплителей путем холодного вспенивания композиций жидкого стекла с некоторыми минеральными вяжущими // Известия вузов. Строительство. – 2003. – № 11. – С. 32-35.

REFERENCES

1 Verneke D. Ehnergoeffektivnoe stroitel'stvo – ehto mirovaya tendentsiya. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka (Energy effective building – world tendency. Construction materials, instrumentation, technologies of XXI century)*, **2008**, 10, 41-42 (in Russ.).

2 Krivenko P.V. Skurchinskaya Zh.V., Sidorenko Ju.A. Shlakoshchelochnye vyazhushchie novogo pokoleniya (Slag-alkaline binding of new generation). *Cement*, **1991**, 11-12, 4-8 (in Russ.).

3 Toturbiev B. D. Stroitel'nye materialy na osnove silikatnatrievykh kompozitsij (*Construction materials on basis of silicate-sodium composition*). *Strojizdat*, **1988**, 206 (in Russ.).

4 Solomatin V.I., Yerofeev V.T., Bogatov A.D. Strukturoobrazovanie i svoystva kompozitov na osnove boya stekla (*Structure formation and properties of composites on basis of glass beat*). *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo=News of higher school. Construction*, **2000**, 9, 16-22 (in Russ.).

5 Rakhimova N.R., Rakhimov R.Z., Fatykhov G.A., Kuznetsov D.P. Gazobeton na osnove kompozitsionnykh shlakoshchelochnykh vyazhushchikh Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. *Tekhnologii betonov (Aerocrete on basis of slag-alkaline astringent Construction materials, instrumentation, technologies of XXI century)*, **2009**, 7-8, 34-35 (in Russ.).

6 Rumyantsev B.M. Zajtseva E.I. Poluchenie teploizolyatsionnykh materialov iz stekloboya (*Obtaining of heat-insulated materials from glass beat*). *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo= News of higher school. Construction*, **2002**, 8, 24-27 (in Russ.).

7 Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. Zernistyj teploizolyatsionnyj material na osnove modifitsirovannogo zhidkogo stekla iz mikrokremsizema (*Granular heat-insulated material on basis of modify liquid glass from microsilica*). *Stroitel'nye materialy=Construction materials*, **2004**, 11, 12 (in Russ.).

8 Malyavskij N.I., Pokid'ko B.V. Tekhnologii polucheniya vodostojkogo shchelochno-silikatnogo uteplitelya iz zhidkogo stekla, modifitsirovannogo alyuminiem (*Technologies of water-resistant alkaline-silicate heater receiving from liquid glass modified by aluminium*). *Krovel'nye i izolyatsionnye materialy=Roofing and nonconducting material*, **2006**, 4, 60-62 (in Russ.).

9 Karnaukhov Yu.P., Belykh S.A., Kudyakov A.I., Lebedeva T.A. Osobennosti polucheniya porizovannykh materialov dlya ograzhdayushchikh konstruksij iz vspennogo napolnennogo zhidkogo stekla (*Characteristics of porization materials receiving for protected construction from foam filled liquid glass*). *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo=News of higher school. Construction*, **2003**, 2, 59-63 (in Russ.).

10 Krivenko P.V., Koval'chuk G.Yu. Zharostojkij gazobeton na osnove shchelochnogo alyumosilikatnogo svyazuyushchego (*Heat-resistant aerocrete on basis of alkaline silica-alumina binder*). *Stroitel'nye materialy =Construction materials*, **2001**, 7, 26-28 (in Russ.).

11 Manturov Z.A. Planirovanie ehksperimenta pri podbore sostava bezobzhigovogo zharostojkogo teploizolyatsionnogo materiala na silikat-natrievykh kompozitsiyakh Sostoyanie sovremennoj stroitel'noj nauki – 2012 (*Design of experiments by formulation of roasting free heatproof heat-insulated material on silicate sodium composition. State of present building science – 2012*). *Sb. nauchnykh trudov=Collection of materials. Poltavskij TsNII*, **2012**, 23-27 (in Russ.).

12 Lotov V.A., Kutugin V. A. Formirovanie poristoj struktury penosilikatov na osnove zhidkostekol'nykh kompozitsij (*Forming of foamed silicate weak structure on basis of liquid glass compositions*) *Steklo i keramika=Glass and ceramics*, **2008**, 1, 6-10 (in Russ.).

13. Komar A.G., Velichko E.G., Belyakova Zh.S. O nekotorykh aspektakh upravleniya strukturoobrazovaniem i svoystvami shlakosilikatnogo penobetona (*Some aspects of management by structure formation and properties of slag-silicate foamed concrete*) *Stroitel'nye materialy=Construction materials*, **2001**, 7, 26-28 (in Russ.).

14. Sidorov V.I., Malyavskij N.I., Pokid'ko B.V. Poluchenie ehffektivnykh vodostojkikh uteplitelej putem kholodnogo vspenivaniya kompozitsij zhidkogo stekla s nekotorymi mineral'nymi vyazhushchimi (*Receiving of effective water-resistant heater by means of cold foaming of liquid glass compositions with some mineral binding*) *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*, **2003**, 11, 32-35 (in Russ.).

ТҮЙІНДЕМЕ

Техногендік шикізат негізінде цементсіз жылу оқшаулау сілтисиликаттық композицияларды зерттеу нәтижелері келтірілді. Сұйық шыны және техногендік толтырғыштан композицияның поризациясына технологиялық факторлардың ықпалы орнатылды. Техногендік толтырғыштар ретінде металлургиялық шлак және сынған шыны пайдаланылды. Композицияның поризациясы көбікмассаның тұрақтылығы мен көлемі, көбікбетонның тығыздығы мен құрылымы бойынша бағаланды. Ұялы құрылымын қалыптастыру шикізат массасын араластыру барысында, толтырғыштар мазмұнын, режимін соққанын түрі мен шоғырлану әсері. Сұйық шыны поризация композициялар кешенді мүмкіндігі зерттелді. Кейекті материалдардың құрылымы

дайындалды. Концентрациясы 3-4 % формалық массада синтетикалық көбікжасау анықталды. Фомалық аралас қоспаның қатты және сұйық нысаны компоненттері арасындағы ұтымды қатынасы айқындалды. Газдалған сутегі пероксидінің газжасаушысын енгізу есебінен ұялы құрылымның қосымша поризациясының ықтималдығы көрсетілді.

Түйінді сөздер: цементсіз, байланыстырушы, су шыны, техногендік толтырғыш, поризация, құрылымы, көбікті бетон.

SUMMARY

The results of research of properties of cementless heat insulating alkaline silicate compositions based on raw materials from industrial wastes are presented in the article. Influence of technological factors on porization of compositions from liquid glass and fillers from industrial wastes are investigated. As raw materials for fillers were used metallurgical slag and broken glass. The porization of compositions were evaluated in terms of volume and stability of foam mass, structure and density of the foam concrete. The influence of the type and concentration of foaming agent, content of filler, mode of raw mass mixing to formation of a porous structure was investigated. It was found that synthetic foaming agent «Fairy» at concentration 3-4 % in the forming mass gives stable foam with finely porous structure, low density and satisfactory stability. The possibility of a comprehensive porization of compositions from liquid glass was studied. Also the structure of porous materials was investigated. Foam concrete from metallurgical slag has smaller size of cells than composite from broken glass. The efficient ratios between the solid and liquid components of the forming mixture were determined. The ratio liquid glass : filler should be equal 1:1,85 – 1:2,00 for obtaining stable to sedimentation foam mass with low values of density. It was showed the possibility of additional porization of cellular structure by introducing a gasifier agent – hydrogen peroxide.

Key words: cementless binding material, liquid glass, industrial waste, filler, porization, structure, foam concrete.

Поступила 03.05.2015

