

УДК 691.4:67.08

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ТЕХНОГЕННЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ

ДЕРЕВ'ЯНКО В. Н.^{1*}, д. т. н., проф.,

ГРИШКО А. Н.^{2*}, к. т. н., ст. преп.,

ВЕЧЕР Ю. Н.^{3*}, асп.

^{1*} Кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38(0562) 47-16-22, e-mail: derev@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4131-0155

^{2*} Кафедра эксплуатации гидромелиоративных систем и технологии строительства, Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, ул. Ворошилова, 25, 49600, Днепр, Украина, тел. +38(0562) 713-51-37, e-mail: gryshko_anna@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7046-1177

^{3*} Кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38(056) 724-86-37, e-mail: Vecher@ua.fm

Аннотация. Постановка проблемы. Одним из путей экономии ресурсов дефицитного высококачественного сырья, сокращения транспортных расходов и снижения энергетических затрат является использование накопившихся техногенных минеральных систем, а также исследование не использовавшегося ранее техногенного сырья [1-3]. Дефицитом высокопластичных глин определяется необходимость использования для производства стеновой керамики низкосортного местного суглинистого сырья. Повысить прочностные характеристики керамического кирпича возможно при условии использования дорогостоящих корректирующих добавок или местного техногенного сырья [4-7]. **Цель статьи** - разработка составов керамического кирпича, модифицированного техногенными минеральными системами. **Вывод.** Изучено влияние соотношения компонентов на структуру и основные физико-механические свойства керамического кирпича, модифицированного техногенными минеральными системами. Разработаны оптимальные составы керамических шихт на основе техногенных минеральных систем, обеспечивающих необходимые физико-механические характеристики керамического кирпича, содержащие: 67 % вскрыши, 28 % терриконика и 5 % красного шлама НГЗ для получения керамического кирпича при температуре 850 °С марки 150 со средней плотностью 1 650 – 1 730 кг/м³, что позволяет снизить энергетические затраты на обжиг. Установлено, что температура начала и конца спекания модифицированной смеси снижается на 150-200 °С по сравнению с немодифицированной.

Ключевые слова: керамический кирпич, суглинок, терриконик, вскрышные породы, красный шлам, техногенное сырье, температура обжига, прочность

СТРУКТУРА І ВЛАСТИВОСТІ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ, МОДИФІКОВАНОЇ ТЕХНОГЕННИМИ МІНЕРАЛЬНИМИ СИСТЕМАМИ

ДЕРЕВ'ЯНКО В. М.^{1*}, д. т. н., проф.,

ГРИШКО Г. М.^{2*}, к. т. н., ст. викл.,

ВЕЧЕР Ю. М.^{3*}, асп.

^{1*} Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(0562) 47-16-22, e-mail: derev@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4131-0155

^{2*} Кафедра експлуатації гідромеліоративних систем і технології будівництва, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, вул. Ворошилова, 25, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 713-51-37, e-mail: gryshko_anna@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7046-1177

^{3*} Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(056) 724-86-37, e-mail: Vecher@ua.fm

Анотація. Постановка проблеми. Один із шляхів економії ресурсів дефіцитної високоякісної сировини, скорочення транспортних витрат і зниження енергетичних витрат - це використання накопичених техногенних мінеральних систем, а також дослідження не використаної раніше техногенної сировини [1-3]. Дефіцитом високопластичних глин визначається необхідність використання для виробництва стінової кераміки

низькосортної місцевої суглинистої сировини. Підвищити міцність керамічної цегли можливо за умови використання дорогих коригуючих добавок або місцевої техногенної сировини [4-7]. **Мета статті** - розроблення складів керамічної цегли, модифікованої техногенними мінеральними системами. **Висновок.** Вивчено вплив співвідношення компонентів на структуру й основні фізико-механічні властивості керамічної цегли, модифікованої техногенними мінеральними системами. Розроблено оптимальні склади керамічних шихт на основі техногенних мінеральних систем, що забезпечують необхідні фізико-механічні характеристики керамічної цегли, які містять: 67 % розриву, 28 % териконику і 5 % червоного шламу МГЗ для отримання керамічної цегли за температури 850 °С марки 150 із середньою щільністю 1 650 – 1 730 кг м³, що дозволяє знизити енергетичні витрати на випал. Установлено, що температура початку і кінця спікання модифікованої суміші знижується на 150-200 °С порівнянню з немодифікованою.

Ключові слова: керамічна цегла, суглинок, териконик, вскришні породи, червоний шлам, техногенна сировина, температура випалу, міцність

STRUCTURE AND PROPERTIES OF A CERAMIC BRICK MODIFIED WITH TECHNOGENIC MINERAL SYSTEMS

DEREVIANKO V. N.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
 HRYSHKO H. M.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.)*, *senior lecturer*,
 VECHER YU. M.^{3*}, *postgraduate*

^{1*}Department of Technology of Construction Materials, Products and Designs, State Higher Educational Establishment «Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A Chernyshevskogo str., 49600, Dnipro, Ukraine, Tel. +38 (0562) 47-16-22, e-mail: derev@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4131-0155

^{2*}Department of Operation of Hydromelioration Systems and Construction Technology, Dnipropetrovsk State Agrarian-Economic University, 25, Voroshylov str., 49600, Dnipro, Ukraine, Tel. +38 (0562) 713-51-37, e-mail: gryshko_anna@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7046-1177

^{3*}Department of Technology of Construction Materials, Products and Designs, State Higher Educational Establishment «Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A Chernyshevskogo str., 49600, Dnipro, Ukraine, Tel. тел. +38(056) 724-86-37, e-mail: Vecher@ua.fm

Summary. Problem statement. One way to conserve the scarce high-quality raw materials resources and to reduce transport and energy costs is to use the accumulated technogenic mineral systems, as well as to study technogenic raw materials which were not previously used [1-3]. A shortage of high plasticity clays determines the need for using local low-grade loamy raw materials for the manufacture of wall ceramics. Strength properties of the ceramic brick can be improved by using expensive corrective additives or local technogenic raw materials [4-7]. **Purpose.** Development of compositions for the ceramic brick, modified with technogenic mineral systems. **Conclusion.** The author has studied the influence of the mixture ratio on the structure and fundamental physical and mechanical properties of the ceramic brick modified with technogenic mineral systems. The author has also developed the best ceramic batch compositions based on technogenic mineral systems conferring the required physical and mechanical parameters of the ceramic brick; they consist of: overburden (67%), refuse heap (28%) and red mud from NGZ (Mykolaiv Alumina Refinery) (5%) for making 150 Grade ceramic brick with an average density of 1,650-1,730 kg/m³ at a temperature of 850°C, which allows to reduce firing energy costs. It has been established that the sintering initiation temperature of the modified mixture decreases by 150-200°C compared to the unmodified one.

Keywords: ceramic brick, loam, refuse heap, overburden, red mud, technogenic raw materials, firing temperature, strength

Введение. Одним из путей экономии ресурсов дефицитного высококачественного сырья, сокращения транспортных расходов и снижения энергетических затрат является использование накопившихся техногенных минеральных систем, а также исследование не использовавшегося ранее техногенного сырья [1 – 3].

Актуальность проблемы. Дефицитом высокопластичных глин определяется необходимость использования для производства стеновой керамики низкосортного местного

суглинистого сырья. Повысить прочностные характеристики керамического кирпича возможно при условии использования дорогостоящих корректирующих добавок или использованием местного техногенного сырья [4 – 7].

Анализ публикаций. Проблема использования отходов добычи и обогащения угля особенно актуальна, поскольку за 200 лет добычи каменных углей и антрацитов накоплено 1 257 терриконов общим объемом

1 056 519,9 тыс. м³. Под угольними породами занято 5 526,3 га земель, пригодных для сельского хозяйства, породные отвалы, особенно горящие, являются источниками пыли и различных токсичных соединений, что негативно сказывается на окружающей среде в регионе и вызывает необходимость рассмотрения вопросов использования пород терриконов в различных отраслях.

Ежегодно в терриконы и отвалы поступает около 50 – 60 млн м³ горных пород. На шахтах Днепропетровского региона практически отсутствуют мероприятия по использованию отходов угледобычи – в основном, вся выдаваемая шахтами порода складировается в отвал. На некоторых шахтах единственной областью применения пород является их закладка в выработанное пространство (15 – 30 % от добытых пород). Между тем, эти породы, особенно глинистые сланцы, являются новым видом техногенного минерального сырья, которое может быть экономически и экологически эффективно использовано для изготовления керамического кирпича [7].

Исследования последних лет отечественных и зарубежных ученых [8; 9] показывают, что проблема использования отходов угледобычи и углеобогащения в производстве строительных материалов и изделий остается актуальной и требует дальнейшей проработки в этом направлении.

Уже сейчас стройиндустрия все в большей степени ориентируется на производство кирпича из шахтной породы. Такой кирпич имеет высокие показатели механической прочности, морозостойкости и водонепроницаемости и его производят во многих странах. По следующей технологии, породу, поступающую с углеобогащательной фабрики, сначала тщательно измельчают (крупность частиц менее 1 мм), затем увлажняют до 8 % и подают в пресс, который формирует кирпичи. Далее они нагреваются до температуры 850 – 900 °С с тем, чтобы частички угля, находящиеся в массе, полностью выгорели. Это приводит к равномерному и глубинному обжигу кирпича. Использование отходов угледобычи позволяет снизить

расход топлива на 75 % и обойтись без глины.

Если в качестве основного керамического сырья используются аргиллиты, алевролиты или другие породы, изделия из которых после обжига имеют неудовлетворительную структуру, не морозостойки и обладают неудовлетворительными теплоизоляционными свойствами, углесодержащие отходы применяют в качестве позирующих и отошающих добавок, которые вводятся в шихту в количестве 30 – 40 %. Для этой цели эффективны породы с максимальным количеством выгорающей части и большим содержанием летучих соединений, которые в процессе обжига не участвуют, так как удаляются с дымовыми газами раньше температуры их воспламенения [10].

Также одной из добавок, способствующей снижению температуры обжига, является бокситовый шлам. Он оказывает положительное действие и на дообжиговые характеристики керамических масс. За рубежом разработаны способы использования красного шлама как основного компонента для изготовления строительной керамики [11; 12]. Данные технологии предусматривают применение такого состава шихты, который бы способствовал самопроизвольному переходу щелочей в нерастворимое состояние или предварительную обработку шлама для перевода щелочей в нерастворимое состояние.

При этом в работе [11] говорится, что бокситовый шлам можно применять в качестве компонента сырьевой смеси без какой-либо предварительной обработки. Исследования показывают, что шлам увеличивает пластичность и формуемость керамической шихты, положительно влияет на интенсивность окрашивания, не ухудшает механических характеристик обожженного изделия.

Опыт отечественных и зарубежных ученых показывает, что исследование влияния соотношения компонентов на основные физико-механические свойства керамического кирпича, а также разработка составов получения керамического кирпича

более высокого качества с учетом специфики техногенного сырья приобретает особую важность и актуальность.

Цель исследований – разработка составов керамического кирпича, модифицированного техногенными минеральными системами.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: 1) изучить влияние техногенных минеральных систем на структуру керамического кирпича; 2) разработать оптимальный режим обжига керамического кирпича.

Методы исследования. Определение физико-механических свойств сырьевых материалов, полученного керамического кирпича, проводилось с помощью стандартных разработанных методов исследований. Для определения свойств и структуры материала использовали рентгенофазовый, дифференциально-термический, электронно-микроскопический методы испытаний.

Теоретические предпосылки. Практически на всех кирпичных заводах применяются лессовидные суглинки для производства керамического кирпича, но повышенное содержание пылевой фракции в суглинках не позволяет получать керамический кирпич высокого качества.

Исследования влияния низкосортного суглинистого сырья – лессовидного и красно-бурого суглинков на основные физико-механические свойства показали, что образцы после обжига при температуре 950 °С на основе красно-бурого суглинка имеют прочность 10,0 МПа, на основе лессовидного суглинка – 6,5 МПа.

В заводских условиях прочностные показатели повышают путем добавления к смеси лессовидного и красно-бурого суглинков 10 – 20 % каолина. Это дает возможность получать кирпич марки 125, но приводит к повышению энергозатрат и к увеличению себестоимости продукции.

Поэтому с целью энергосбережения путем снижения температуры обжига предлагается полная замена некондиционного суглинистого вяжущего на вскрышные породы, терриконики и

красный шлам Николаевского глиноземного завода, которые по химическому, минералогическому и гранулометрическому составам сходны с суглинками.

Также с целью экономии топлива и повышения спекаемости, создания пористости черепка предлагается вводить топливосодержащую добавку - негорелые породы из терриконов угольных шахт.

Результаты исследований. Отходы угледобычи представлены следующими литологическими разновидностями: кварцем, аргиллитами, обломками угля, обломками алевролита и другими минералами. Содержание частиц угля в террикониках составляет до 20 %. Данный отход представлен в виде крупного щебня и песка, поэтому его подвергали измельчению в шахтной мельнице до полного прохождения через сито № 1,25.

Также было заменено суглинистое составляющее на вскрышные породы, которые образуются при добыче каолина в смт. Просяная.

Поскольку низкие прочностные показатели связаны с недостатком содержания в лессовидном суглинке коллоидных и глинистых частиц, содержание которых составляет менее 10 %, для активации процесса намолла коллоидных частиц в качестве активирующей добавки к вскрыше добавляли красный шлам НГЗ, содержащий гидроксил-ионы и соединения, включающие натрий, железо, являющиеся активаторами спекания.

Активация суглинка, проведенная сухим помолом в мельнице, загруженной цельцебсами, за счет диспергации кремнеземных и деляминации глинистых частиц приводит к увеличению пластичности суглинка до 15 %.

Исследования показали, что оптимальная степень измельчения, которая соответствует концепции энергосбережения, достигается при помолу 28 % вскрыши совместно с 5 % красного шлама НГЗ в течение 0,5 часа при прохождении через сито 0,02 до 55 % массы.

Для изучения влияния соотношения компонентов на структуру и основные

физико-механические свойства керамического кирпича, модифицированного техногенными минеральными системами, был использован симплекс-решетчатый метод планирования эксперимента.

За исходные параметры было принято содержание компонентов сырьевой смеси. За X_1 – принято содержание в сырьевой смеси вскрыши, за X_2 – содержание в сырьевой смеси терриконика, за X_3 – содержание в сырьевой смеси красного шлама Николаевского глиноземного завода (НГЗ).

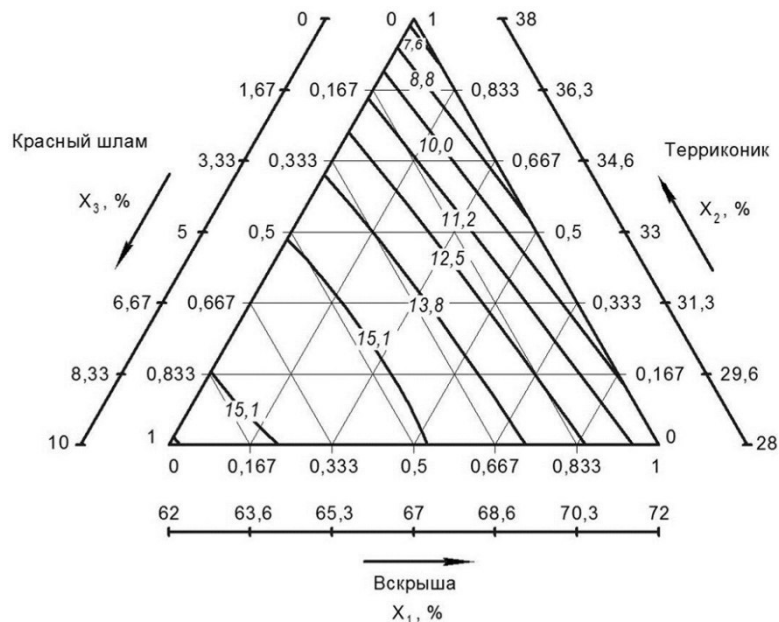
На основании матрицы планирования были проведены экспериментальные исследования реперных составов, рассчитаны коэффициенты влияния, разработаны регрессионные модели, адекватно описывающие зависимость предела прочности на сжатие и средней плотности керамического кирпича при изменении его состава.

С помощью моделей проведено исследование влияния техногенных минеральных систем, а также определено влияние соотношения компонентов сырьевой смеси на основные физико-

механические свойства керамического кирпича (рис. 1; 2).

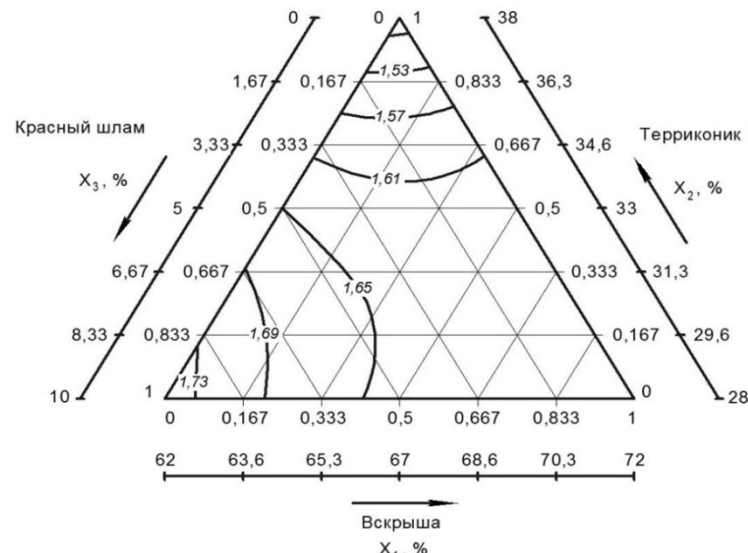
Анализ диаграмм состояния (рис. 1; 2) показывает, что содержание техногенных минеральных систем, а также их соотношение, не приводящее к снижению прочностных показателей, находится в пределах 62-67 % вскрыши, 35-38 % терриконика и 5-8 % красного шлама НГЗ. Оптимальным составом является: 67 % вскрыши, 28 % терриконика и 5 % красного шлама. При этом предел прочности при сжатии находится в пределах 15,0 – 15,5 МПа. Средняя плотность составляет 1 650 – 1 730 кг/м³. Увеличение содержания вскрыши более 67 % и уменьшение содержания терриконика менее 34 % приводят к снижению прочности при сжатии на 8,6 %.

Изучено влияние техногенных минеральных систем на температуру обжига. Интервал спекания, установленный на нагревательном микроскопе, составляет 850-960 °С. Полученные образцы имеют водопоглощение 12 %, при испытании на морозостойкость образцы выдержали без потери массы 50 циклов.



$$R_{сж}^{850^{\circ}C} = 10,4 X_1 + 7,23 X_2 + 13,57 X_3 + 0,42 X_1 X_2 + 12,86 X_1 X_3 + 18,4 X_2 X_3 + 4,05 X_1 X_2 X_3.$$

Рис. 1. Диаграмма состояния состав - предел прочности при сжатии для материала на основе вскрыши, терриконика и красного шлама, $t = 850^{\circ}C$



$$\rho = 1,64 X_1 + 1,47 X_2 + 1,75 X_3 + 0,34 X_1 X_2 - 0,22 X_1 X_3 + 0,16 X_2 X_3 - 0,3 X_1 X_2 X_3.$$

Рис. 2. Діаграма складу-щільності для матеріалу на основі вскряши, терриконіка та червоного шламу

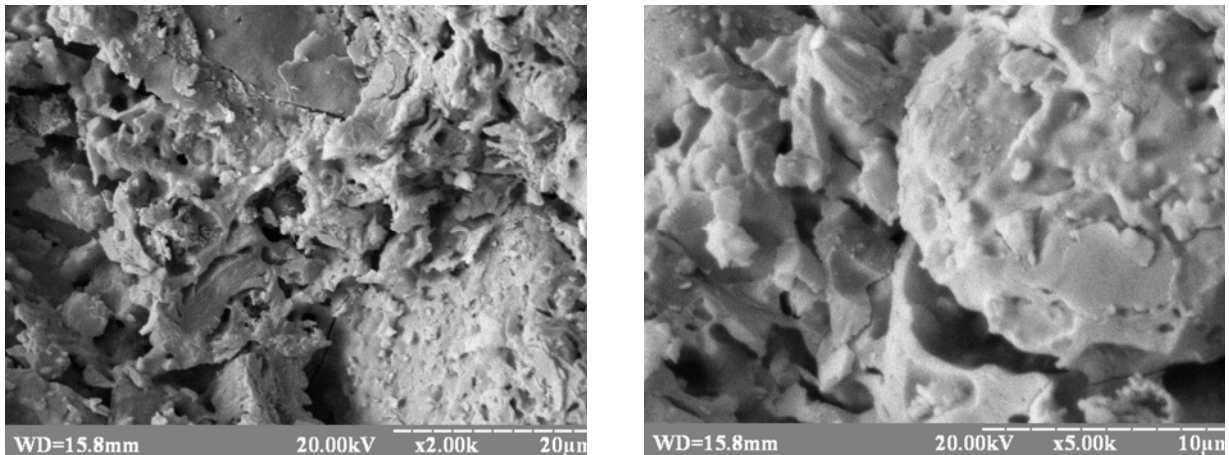


Рис. 3. Мікрофотографії зображення пористої структури керамічного матеріалу, складеного з 67 % вскряши, 28 % терриконіка, 5 % червоного шламу НГЗ, обожженого при температурі 850 °С

Виявлено, що структура отриманого черепка (рис. 3) в основному представлена частинками розміром 1–2 мкм, 0,4–1 мкм. Також структура керамічного цегла пронизана порами різної конфігурації від 0,01 до 0,1 мкм і від 0,1 до 1 мкм. Загальна пористість керамічного цегла становить 25 %.

За результатами рентгенофазового аналізу в матеріалі, складеному з 67 % вскряши, 28 % терриконіка та 5 % червоного шламу НГЗ, обожженого при температурі 850 °С, містяться наступні сполуки: альбіт, альбіт кальцієвий ($\text{Na}_{0,84}\text{Ca}_{0,16}\text{Al}_{1,16}\text{Si}_{2,84}\text{O}_8$), мікроклін ($\text{K}_{0,94}\text{Na}_{0,06}\text{Al}_{0,95}\text{Si}_{3,05}\text{O}_8$), гематит, мусковит ($\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{11}$), кварц, $\text{Fe}_{0,24}\text{Mg}_{0,76}\text{SiO}_3$.

Висновки. Вивчено вплив співвідношення компонентів на структуру та основні фізико-механічні властивості керамічного цегла, модифікованого техногенними мінеральними системами. Розроблено оптимальні складові керамічних шихт на основі техногенних мінеральних систем, що забезпечують необхідні фізико-механічні характеристики керамічного цегла, складеного з 67 % вскряши, 28 % терриконіка та 5 % червоного шламу НГЗ для отримання керамічного цегла при температурі 850 °С марки 150 з середньою щільністю 1 650 – 1 730 кг/м³, що дозволяє знизити енергетичні витрати на обжиг.

Установлено, что температура начала и снижается на 50-100°C по сравнению с конца спекания модифицированной смеси немодифицированной.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Барина Л. С. Промышленность строительных материалов - неотъемлемая часть строительного комплекса Российской Федерации / Л. С. Барина, В. В. Миронов, К. Е. Тарасевич // Строительные материалы. – 2000. – № 8. – С. 4–7.
2. Альперович И. А. Внедрение технологии производства лицевого керамического кирпича объемного окрашивания / И. А. Альперович, Г. И. Божьева, В. А. Крюков // Строительные материалы. – 1993. – № 1(457). – С. 2–4.
3. Альперович И. А. Способы предотвращения высолов на керамическом кирпиче / И. А. Альперович. – Москва, 1993. – 72 с. – (Промышленность строительных материалов. Сер. 4 : Промышленность стеновых материалов и местных вяжущих. Аналитический обзор. Вып. 1 / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т науч.-техн. информ. и экономики пром-сти строит. материалов).
4. Науково-обґрунтоване використання сировини техногенного походження в технології виробництва будівельних матеріалів / А. П. Приходько, Н. С. Сторчай, Д. О. Маляр, Д. В. Кононов, Г. М. Гришко // Науковий вісник будівництва : зб. наук. пр. / Харків. держ. техн. у-нт буд-ва та архітектури. – Харків, 2010. – Вип. 59. – С. 208–213.
5. Бурмистров В. Н. Повышение эффективности производства керамического кирпича / В. Н. Бурмистров, Г. В. Ведерников // Достижения строительного материаловедения : сб. науч. ст., посвящ. 100-летию со дня рождения П. И. Боженова. – Санкт-Петербург, 2004. – Юбилейный вып. – С. 140–143.
6. Исследование низкокачественного сырья и техногенных отходов промышленности с целью их применения при производстве керамического кирпича / А. П. Приходько, Н. В. Шпирько, Н. С. Сторчай, А. Н. Гришко, Ю. Н. Вечер, Д. В. Кононов, Б. В. Богданов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2012. – № 7-8. – С. 16–24.
7. Получение керамических материалов на основе техногенного сырья / А. П. Приходько, Н. С. Сторчай, Г. М. Гришко, Ю. Н. Вечер // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 22-23 ноября 2012 г. : в 2 ч. / Мин-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. технолог. ун-т. – Минск, 2012. – Ч. 1. – С. 64–68.
8. Зайченко Н. М. Тонкозернистые бетоны с высокими эксплуатационными свойствами на основе наполнителей из отходов промышленности / Н. М. Зайченко // Строительство. Материаловедение. Машиностроение : сб. науч. тр. / Приднпр. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2004. – Вып. 30 : Инновационные технологии диагностики, ремонта и восстановления объектов строительства и транспорта. – С. 110–116.
9. Naik T. R. Use of industrial by-products in cement-based materials / T. R. Naik // Creating and Concrete Research. – 2004. – Vol. 34, № 11. – P. 2057–2060.
10. Рудик К. А. Основные направления комплексного использования горной породы (отвальной массы) / К. А. Рудик, В. Н. Артамонов // Перша регіональна конференція «Комплексне використання надр» (24 листопада 2008 р., м. Донецьк, Україна) : зб. доп. студентів та аспірантів / Дон. нац. тех. ун-т. – Донецьк, 2008. – С. 41–44.
11. Глибина И. В. Многокомпонентная искусственная шихта для производства грубой строительной керамики / И. В. Глибина, Т. В. Кузнецова, В. Б. Зверев // Строительные материалы из попутных продуктов промышленности : межвуз. темат. сб. тр. / М-во высш. и сред. спец. образования РСФСР, Ленинград. инж.-строит. ин-т. – Ленинград, 1975. – № 101. – С. 28.
12. Romsey D. E. Fabrication of ceramic articles from mining waste materials / D. E. Romsey, R. F. Davis // American Ceramic Society Bulletin. – 1975. – Vol. 54, iss. 3. – P. 312–313.

REFERENCES

1. Barinova L.S., Mironov V.V. and Tarasevich K.E. *Promyshlennost' stroitelnykh materialov - neot'emlemaya chast' stroitel'nogo kompleksa Rossijskoj Federatsii* [Building materials industry - an integral part of the Russian Federation building complex]. *Stroitelnye materialy* [Building materials], 2000, no. 8, pp. 4-7. (in Russian).
2. Alperovich I.A., Bozheva G.I. and Kryukov V.A. *Vnedrenie tekhnologii proizvodstva litseвого keramicheskogo kirpicha ob'emnogo okrashivaniya* [The production technology introduction of the lining ceramic brick of a bulk painting]. *Stroitelnye materialy* [Building materials], Moskva: Strojizdat, 1993, no. 1 (457), pp. 2-4. (in Russian).
3. Alperovich I.A. *Sposoby predotvrashcheniya vysolov na keramicheskom kirpiche* [Ways to prevent an efflorescence on a ceramic brick]. Moskva, 1993, 71 p. (in Russian).
4. Prikhodko A.P., Storchai N.S., Maliar D.O., Kononov D.V. and Grishko G.M. *Naukovo-obgruntovane vykoristannia sirovyny tekhnogennoho pokhodzhennia v tekhnologii vyrobnytstva budivelnykh materialiv* [Scientific and reasonable

- use of anthropogenic raw in the technology of construction materials production]. *Naukovyi visnyk budivnytstva* [The scientific bulletin of construction]. Khakiv. derzh. tekhn. u-nt. bud-va ta arkhitektury [Kharkiv Technological University of Construction and Architecture]. Kharkiv, 2010, iss. 59, pp. 208-213. (in Ukrainian).
5. Burmistrov V.N. and Vedernikov V.N. *Povyshenie effektivnosti proizvodstva keramicheskogo kirpicha* [The efficiency increasing of ceramic bricks production]. *Dostizheniya stroitel'nogo materialovedeniya: sb. nauch. st., posvyashch. 100-letiyu so dnya rozhdeniya P. I. Bozhenova* [Construction Materials Advances: a collection of scientific articles dedicated to the 100th anniversary of P.I Bozhenov]. Sankt-Peterburg, 2004, p. 140. (in Russian).
 6. Prihodko A.P., Shpirko N.V., Storzhaj N.S., Grishko A.N., Vecher Yu.N., Kononov D. V. and Bogdanov B.V. *Issledovanie nizkokachestvennogo syr'ya i tekhnogennykh otkhodov promyshlennosti s tsel'yu ikh primeneniya pri proizvodstve keramicheskogo kirpicha* [A study of low-quality raw materials and an industry industrial waste with a view to their use in the ceramic bricks production]. *Visnik Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprovsk'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnipropetrovsk, 2012, no. 7-8, pp. 16-24. (in Russian).
 7. Prikhodko A.P., Storzhaj N.S., Grishko G.M. and Vecher Yu.N. *Poluchenie keramicheskikh materialov na osnove tekhnogenogo syr'ya* [The ceramic materials preparation based on man-made materials]. *Novejshye dostizheniya v oblasti importozameshchenie v khimicheskoy promyshlennosti i proizvodstve stroitelnykh materialov: materialy mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [The latest achievements in the field of import substitution in the chemical industry and the building materials production: materials of the International Scientific and Engineering Conference]. Min-vo obrazovaniya Resp. Belarus', Belarus. gos. tekhnolog. un-t [Ministry of Education of Belarus Republic. Belarus State Technological University]. Minsk, 2012, part 1, pp. 64-68. (in Russian).
 8. Zajchenko N.M. *Tonkozernistye betony s vysokimi ekspluatatsionnymi svojstvami na osnove napolnitelej iz otkhodov promyshlennosti* [Fine-grained concrete with high performance based on fillers of industrial wastes]. *Stroitel'stvo. Materialovedenie. Mashinostroenie* [Construction. Materials Science. Mechanical Engineering.]. Pridnepr. akad. str-va i arkhitektury [Prydniprovsk'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnepropetrovsk, 2004, iss. 30, pp. 110-116. (in Russian).
 9. Naik T.R. *Use of industrial by-products in cement-based materials. Creating and Concrete Research*. 2004, vol. 34, no. 11, pp. 2057-2060.
 10. Rudik K.A. and Artamonov V.N. *Osnovnye napravleniya kompleksnogo ispol'zovaniya gornoj porody (otval'noj massy)* [The main directions of the integrated use of rock (moldboard mass)]. *Persha regional'na konferentsiia «Kompleksne vykorystannia nadr»* [The first regional conference "Integrated use of mineral resources"]. Don. nats. tekhn. un-t [Donetsk State Technical University]. Donetsk, 2008, pp. 41-44. (in Russian).
 11. Glibina I.V., Kuznetsova T.B. and Zverev V.B. *Mnogokomponentnaya iskusstvennaya shihta dlya proizvodstva gruboj stroitel'noj keramiki* [Multiple synthetic blend for the rough building ceramics production]. *Stroitel'nye materialy iz poputnykh produktov promyshlennosti* [Building materials industry of the free products]. M-vo vyssh. i sred. spets. obrazovaniya RSFSR, Leningrad. inzh.-stroit. in-t. [The Ministry of Higher and Secondary Specialised Education of the RSFSR, Leningrad Engineering and Construction Institute]. Leningrad, 1975, no. 101, p. 28. (in Russian).
 12. Romsey O. and Davis R. *Fabrication of ceramic articles from miningwaste materials. American Ceramic Society Bulletin*. 1975, vol. 54, iss. 3, pp. 312-313.

Рецензент: д-р т. н., проф. Шпірько М. В.

Надійшла до редколегії: 11.05.2016 р. Прийнята до друку: 19.06.2016 р.