

DOI: 10.12737/article\_5940f0180cc785.45250983

*Оноприенко Н.Н., канд. техн. наук, доц.,  
Вареникова Т.А., инженер, магистрант**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИЦЕВОГО КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА НА ОСНОВЕ ПОЛИМИНЕРАЛЬНЫХ ГЛИН В СТЕНОВОЙ КЛАДКЕ С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ РАСТВОРАМИ

**dstt\_80@mail.ru**

*Разработка рецептур лицевого керамического кирпича и модифицированных кладочных растворов на основе компонентов отечественного производства является актуальным направлением в аспекте импортозамещения. В статье исследована возможность получения лицевого керамического кирпича с требуемыми характеристиками на основе полиминеральных глин Центрально-Черноземного района (Воронежской области) методом полусухого прессования. Приведены химический состав, результаты рентгенофазового анализа, технологические свойства глинистого сырья. Рассмотрены химические и физико-механические факторы, определяющие качество кладочных растворов и монолитность кирпичной стеновой кладки, в частности, адгезия, состав функциональных групп электролитов, усадка, прочность. Показано, что использование кладочных растворов, модифицированных добавками отечественных водорастворимых полимеров, повышает эффективность работы кладки. Проанализирована возможность совместного использования в кладке исследуемого кирпича на основе полиминеральных глин и разработанных кладочных растворов с модифицирующими добавками.*

**Ключевые слова:** *полиминеральные глины, керамический кирпич, кладочные растворы, импортозамещение, модификаторы цементных систем, водорастворимые полимеры, кирпичная кладка.*

**Введение.** В настоящее время в связи с нестабильной политической ситуацией в России и замедлением экономического роста наиболее остро встают вопросы обеспечения рынка строительных материалов конкурентоспособной продукцией отечественного производства взамен импортной. Использование керамического кирпича, позволяющего выдерживать широкий диапазон температур и влажности, сохранять и равномерно распределять тепло в стенах здания и тем самым возводить наружные стены достаточно прочными и теплыми, является перспективным направлением в строительной отрасли [1–3]. Среди множества современных стеновых материалов керамический кирпич остается одним из наиболее популярных в РФ. В связи с исчерпанием природных запасов качественных сырьевых материалов, актуальным вопросом в производстве отечественной строительной керамики является обеспечение предприятий необходимым сырьем, а также поиск возможностей применения местного и низкосортного сырья, отходов строительного производства [2–6].

Для получения надежной каменной конструкции важно обеспечить надежную совместную работу ее составляющих в частности, каменного материала и строительного раствора [7, 8]. Использование керамического кирпича и строительных растворов с требуемыми технологическими и физико-механическими показателями обеспечивает монолитность, долговеч-

ность и безопасность сооружения [2, 7, 8]. Разработка рецептур кладочных растворов на основе компонентов отечественного производства экономически целесообразна и является актуальным направлением в курсе импортозамещения. В первую очередь это относится к модификаторам кладочных цементных растворов, которые на современном рынке в основном представлены дорогостоящими продуктами импортного производства [9, 10].

**Основная часть.** В статье исследована возможность получения лицевого керамического кирпича с требуемыми характеристиками на основе полиминеральных глин Центрально-Черноземного района методом полусухого прессования. Проанализирована возможность повышения эффективности кирпичной кладки за счет совместного использования исследуемых кирпича и кладочных растворов, модифицированных добавками отечественных водорастворимых полимеров.

В качестве сырья для производства керамического кирпича была использована полиминеральная глина Дорожного месторождения (Воронежской области), химический анализ приведен в табл. 1.

Рентгенофазовый анализ исследуемых глин проводился на дифрактометре ДРОН-3. Минералогический состав глины, как показывает рентгенофазовый анализ (рис. 1), достаточно сложный.

Таблица 1

## Усредненный химический состав глин, мас. %

| SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO | MgO | SO <sub>3</sub> | п.п.п. |
|------------------|--|--------------------------------|-----|-----|-----------------|--------|
| 66,06            | 12,9   | 3,6                            | 3,1 | 1,5 | 0,1             | 7,8    |

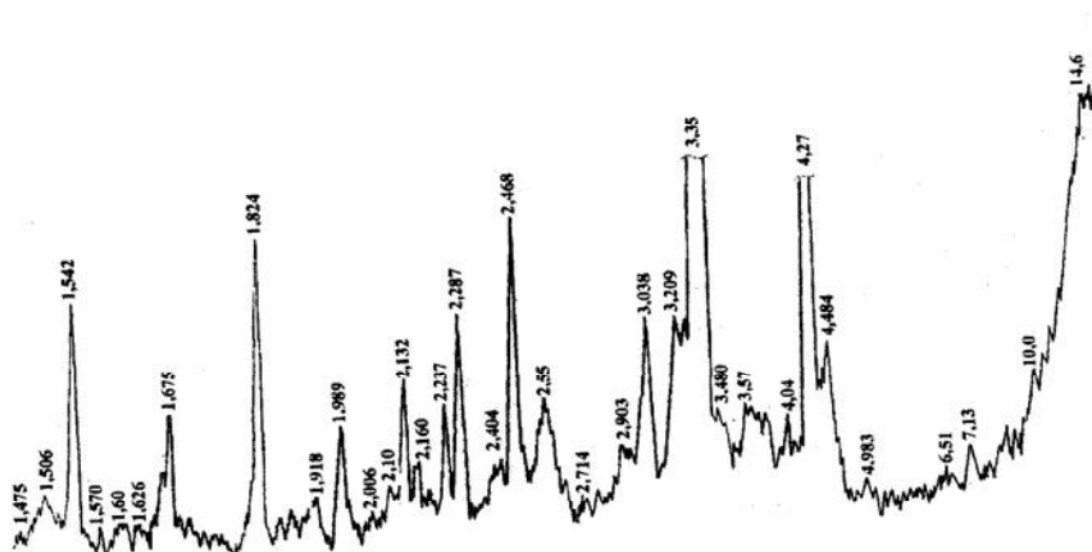


Рис. 1. Рентгенограмма усредненной пробы суглинков Дорожного месторождения

Из глинистых минералов присутствуют: нонтронит в количестве 15...20 %, каолинит – 5...8 %, иллит – 5...8 %. Содержание кварца достигает 45...50 %, кальцита – не менее 10...15 %, анортита до 10 %. Оксиды железа представлены магнетитом. По числу пластичности глины Дорожного месторождения относятся к категории среднепластичных, высокочувствительных к сушке. Коэффициент чувствительности к сушке 1,53 определялся методом Носова. Карьерная влажность 17–20 %.

Технологические свойства глины Дорожного месторождения: карьерная влажность 17 %; коэффициент чувствительности к сушке КЧС 1,53 – высокочувствительные к сушке; формовочная влажность и водозатворяемость 18 %; число пластичности 20 – относятся к категории среднепластичного глинистого сырья. Таким образом, глины месторождения «Дорожное» соответствует требованиям для производства керамического кирпича и представляет практический интерес для керамической отрасли [2].

Методика экспериментальных исследований при подготовке керамических образцов включала: тщательную подготовку сырьевых материалов: тонкое измельчение сырья в шаровой мельнице до удельной поверхности 500 м<sup>2</sup>/кг, распускание в пропеллерной мешалке и последующее вылеживание глиняной массы в течение 3, 4 и 5 суток во влажном состоянии.

Сушка массы: при 60–80 °С в течение 6 часов, и при 100–120 °С в течение 1 суток.

Образцы в форме кубиков размером 30×30×30 мм, 50×50×50 мм и балок размером 60×15×10 мм готовили методом полусухого прессования при влажности пресспорошка 6 %–12 % (оптимальная влажность 8 %) и прессовом давлении 10, 20, 30 и 40 МПа (оптимальное давление прессования 30 МПа). Предварительная сушка проводилась при комнатной температуре (21–23 °С) 6 часов, и затем в сушильном шкафу при 50–60 °С 6 часов при 140 °С 12 часов до остаточной влажности сырца 1 %. Для выбора оптимальной температуры обжига образцы обжигали в интервале температур 600–1050 °С с выдержкой при максимальной температуре два и четыре часа [2, 4, 5].

Полученные в результате исследований образцы кирпича полусухого прессования с наилучшими физико-механическими показателями после обжига при 950 °С (табл. 2) соответствуют ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камень керамические. Технические условия».

Таким образом, полученные в результате исследований образцы соответствуют требованиям, предъявляемым к лицевому керамическому кирпичу.

Для надежной работы кирпича в конструкции, обеспечения монолитности и прочности кирпичной кладки, важно не только выдержать требуемые характеристики кирпича, но также

обеспечить и другие важные параметры [11–15]. Рассмотрим факторы, от которых зависит проч-

ность каменной кладки.

Таблица 2

### Физико-механические свойства керамических образцов после обжига

| Т <sub>обж</sub> , °С | Физико-механические свойства |                        |         |                                      |               |                   |                     |
|-----------------------|------------------------------|------------------------|---------|--------------------------------------|---------------|-------------------|---------------------|
|                       | σ <sub>сж</sub> , МПа        | σ <sub>изг</sub> , МПа | М, цикл | ρ <sub>каж</sub> , г/см <sup>3</sup> | Пористость, % | Водопоглощение, % | Усадка, линейная, % |
| 950                   | 21,45                        | 2,95                   | 50      | 1,72                                 | 29,94         | 16,02             | 1,61                |

Кирпичная кладка работает в конструкции в сложном напряженном состоянии. Прочность и деформативность кладки будут определяться свойствами кирпича и раствора. Вследствие возникновения в кладке сложного напряженного состояния прочность ее существенно ниже сопротивления камня сжатию. Так, прочность кирпичной кладки на рядовых растворах составляет, как правило, не более 40 % прочности кирпича [7, 8]. Поэтому решение проблемы использования высоких прочностных свойств кирпича следует искать в применении новых видов раствора и совершенствовании технологии устройства кладки.

С точки зрения повышения монолитности, трещиностойкости, долговечности кладки, улучшения ее работы при изгибе, растяжении, внецентренном сжатии, повышения сопротивления кладки при сейсмических и динамических нагрузках кладочные растворы должны обладать, хорошими водоудерживающей способностью, удобоукладываемостью, сцеплением раствора с каменным материалом, малыми усадочными деформациями [7, 11–15].

При выборе компонентов кладки следует учитывать адгезию на границе контакта кирпича с раствором. Адгезионная прочность определяется физико-химическими характеристиками контактирующих поверхностей, шероховатостью поверхности и оказывает существенное влияние на монолитность кирпичной кладки. Адгезионную прочность определяют следующие факторы [13]:

- энергия связей, действующих через поверхность раздела определяется химической природой адгезива и субстрата, наличием на поверхности субстрата и в структуре адгезива функциональных групп, способных к химическому взаимодействию;

- число связей на границе раздела в результате химических реакций, действия межмолекулярных сил или диффузии зависит от площади контакта адгезива и субстрата;

- дефектность границы раздела определяется смачиванием поверхности субстрата жидким адгезивом, возникновением остаточных напряжений на границе раздела «адгезив-субстрат»;

- фазовый состав поверхности раздела определяет механизмы возникновения и распространения дефектов.

Согласно данным научно-технической литературы [7, 8] в кладке из силикатного кирпича сцепление обеспечивается менее надежно, чем из керамического, несмотря на лучшие прочностные характеристики и обеспеченность в размерах и форме силикатного кирпича. Скорость водопоглощения керамического кирпича при контакта с раствором в 1,5 раза выше, чем с силикатным, а прочность сцепления кладочного раствора с силикатным кирпичом оказывается в 2–4 раза ниже, чем с керамическим. Поверхность силикатного кирпича менее шероховатая, мелкопористая, менее развитая по сравнению с глиняным кирпичом, что снижает прочность сцепления его с раствором за счет уменьшения эффекта механического сцепления.

От величины усадочных деформаций раствора зависит прочность сцепления раствора с каменным материалом, а значит, и монолитность кладки. Усадка является нежелательным явлением, т.к. уменьшение объема системы приводит к возникновению внутренних напряжений и росту трещин внутри материала и на его поверхности [14, 15]. Это, в свою очередь, снижает модуль упругости и прочность изделия, особенно на растяжение, ухудшает его морозостойкость, отрицательно сказывается на долговечности.

Применение традиционных цементно-песчаных растворов не обеспечивает требуемых показателей адгезии, усадки, однородности растворного шва, что снижает долговечность каменной кладки. В связи с этим возникает необходимость модификации строительных смесей добавками полимеров.

Согласно данным научно-технической литературы и ранее проведенных исследований [7], кладочные составы, модифицированные водорастворимыми полимерами, предотвращают разупрочнение и трещинообразование кладки на стыке кирпича и раствора, улучшают физико-механические свойства кирпича и коэффициент использования прочности кирпича в кладке.

При выборе добавок-электролитов следует учитывать состав их функциональных групп, что позволяет целенаправленно регулировать физико-механические и технологические показатели цементно-полимерных композиций в нужном направлении. Наиболее эффективными в кладочных цементных растворах являются модифицирующие добавки неионогенной природы [7, 9]. Актуальным направлением модификации кладочных растворов является использование отечественных полимеров взамен дорогостоящих импортных аналогов.

Для приготовления кладочного раствора использовали портландцемент ПЦ ЦЕМ I 42,5Н

ГОСТ 31108-2003 ЗАО «Белгородский цемент», кварцевый песок. В качестве модифицирующих добавок использовали неионогенные водорастворимые полимеры отечественного производства (табл. 3). Количество полимерной добавки составляло 0,5 % от массы цемента. Соотношение цемент:песок в растворе составляло 1:3 по массе. Подвижность растворов составляла 9 см по конусу СтройЦНИЛ.

Основные физико-механические характеристики модифицированных кладочных растворов в сравнении с раствором без добавок представлены в табл. 4.

Таблица 3

### Характеристики добавок водорастворимых полимеров

| Добавка                 | Эмпирическая формула                             | Функциональная группа                                      | Вязкость 1%-го водного раствора, мПа·с |
|-------------------------|--|--|--|
| Метилцеллюлоза (МЦ)     | $[-C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OCH_3)_x]_n$              | метоксильная группа<br>-OCH <sub>3</sub>                   | 52,73                                  |
| Оксиэтилцеллюлоза (ОЭЦ) | $[-C_6H_7O_2(OH)_{3-x}[-O(-CH_2-CH_2-O)_q]_x]_n$ | этоксильная группа<br>-OCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH | 7,91                                   |

Таблица 4

### Физико-механические свойства кладочных растворов и использованием водорастворимых полимеров отечественного производства

| Добавка   | Физико-механические свойства растворов в возрасте 28 сут |                      |  |   |
|-----------|--|----------------------|--|---|
|           | $\sigma_{сж}$ , МПа                                      | $\sigma_{изг}$ , МПа | Прочность нормального сцепления с силикатным кирпичом, кПа | Общая усадка, с учетом водоотделения растворов, % |
| -         | 28   | 7                    | 0,08   | 2,50  |
| МЦ 0,5 %  | 22   | 6,5                  | 0,64   | 0,35  |
| ОЭЦ 0,5 % | 25   | 6,8                  | 0,59   | 0,40  |

Сопоставляя данные, приведенные в табл. 4, можно сделать вывод, что добавки водорастворимых полимеров увеличивают прочность сцепления раствора с кирпичом и уменьшают общие деформации усадки кладочных растворов.

Были проведены исследования по определению несущей способности кладки в условиях ее центрального сжатия на традиционном цементно-песчаном растворе и для сравнения на цементно-полимерном растворе с добавкой 0,5 % МЦ [7]. С этой целью были приготовлены образцы-столбы кирпичной кладки размером 25×25×100 см; толщина растворных швов в кладке при этом составляла 12–15 мм. Кирпич применялся силикатный полнотелый утолщенный марки М150 производства АО «Стройматериалы». В результате проведенных экспериментальных данных было установлено, что несущая способность кладки на цементно-полимерном растворе на 20 % выше, чем на традиционном, а коэффициент использования прочности кирпича в кладке возрастает с 0,58 до 0,77.

Согласно данных научно-технической литературы, силикатный кирпич обладает меньшей прочностью сцепления с кладочным раствором по сравнению с керамическим кирпичом. Сопоставляя полученные экспериментальные данные и теоретические факторы, определяющие работу кирпичной кладки, есть основание полагать, что использование разработанных авторами статьи керамического кирпича полусухого прессования и кладочных растворов, модифицированных добавками водорастворимых полимеров, позволит повысить эффективность работы кладки и использовать высокие прочностные показатели кирпича.

**Выводы.** Поиск возможностей применения местного сырья отечественного производства для получения керамического кирпича показал, что полученные в результате исследований образцы соответствуют требованиям, предъявляемым к лицевому керамическому кирпичу.

Разработанные рецептуры кладочных растворов на основе химических реагентов отечественного производства представляются эконо-

мически целесообразными с целью их дальнейшего совместного использования в каменной кладке и улучшения ее работы наряду с керамическим кирпичом на основе полиминеральных глин, приготовленного способом полусухого прессования.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Женжурист И.А. Строительная и отделочно-декоративная керамика: перспективы развития // Известия КГАСУ. 2006. № 1(5). С. 50–52.
2. Гончаров Ю.И., Вареникова Т.А. Разработка технологии высококачественного кирпича на основе суглинков с повышенным содержанием оксида кальция // Строительные материалы. 2004. №2. С. 19–21.
3. Гринфельд Г.И., Вишневецкий А.А., Пастушков П.П., Козлов А.Н. Кирпичные фасады. Правильные технические решения и примеры успешной реализации // Строительные материалы. 2017. № 4. С. 47–50.
4. Терёхина Ю.В., Талпа Б.В., Котляр А.В. Минералого-технологические особенности литифицированных глинистых пород и перспективы их использования для производства строительной керамики // Строительные материалы. 2017. №4. С. 8–10.
5. Наумов А.А. Реконструкция и модернизация заводов по производству кирпича // Строительные материалы. 2017. №4. С. 14–17.
6. Rajamannan B., Kalyana Sundaram C., Viruthagiri G., Shanmugan N. Effects of fly ash addition on the mechanical and other properties of ceramic // International Journal of Latest Research in Science and Technology. 2013. Vol. 2, Issue 1. P. 486–491.
7. Оноприенко Н.Н. Кладочные растворы на основе минеральных вяжущих с полимерными добавками: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н.Н. Оноприенко. Белгород, 2004. 22 с.
8. Дегтев И.А., Донченко О.М., Тарасенко В.Н. Прочность и деформативность каменной кладки при силовом сжатии: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 174 с.
9. Оноприенко Н.Н., Рахимбаев Ш.М. Влияние вязкости водорастворимых полимеров на их эффективность как компонентов строительных растворов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №3. С. 62–66.
10. Оноприенко Н.Н. Модификация строительных смесей в аспекте импортозамещения / Научные чтения и инновации (XXI научные чтения): сб. докл. междунар. науч.-практ. конф.: в 12 ч. (Белгород, 06-07 октября 2016 г.) // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. Ч. 2. 2016. С. 141–145.
11. The influence of moisture on the deformability of cement-polymer adhesive mortar, 2011. Construction and Building Materials: T. 25. № 6. p. 2948–2954.
12. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю. и др. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. №7. С. 82–83.
13. Зимон А.Д. Адгезия пленок и покрытий. М.: Химия, 1977. 352 с.
14. Красильников К.Г. Физико-химия собственных деформаций цементного камня. М.: Стройиздат, 1980. 256 с.
15. Цилосани З.Н. Усадка и ползучесть бетона. Тбилиси: Мецниереба, 1979. 230 с.

---

**Onoprienko N.N., Varenikova T.A.**

### POSSIBILITY OF USE OF CERAMIC FACING BRICK ON THE BASIS OF POLYMINERAL CLAYS IN WALL MASONRY WITH MODIFIED SOLUTIONS

*Development of compoundings of a front ceramic brick and the modified masonry solutions on the basis of components of domestic production is the urgent direction in aspect of import substitution. In article the possibility of receiving a front ceramic brick with the required characteristics on the basis of polymineral clays of the Central Chernozem area (Voronezh region) by method of moist pressing is investigated. The chemical composition, results of the X-ray phase analysis, technological properties of clay raw materials are given. Also the factors defining quality of masonry solutions and solidity of a brick wall laying, in particular, adhesion, structure of functional groups of electrolytes, shrinkage, durability are considered chemical and physico-mechanical. It is shown that use of the masonry solutions modified by additives of domestic water-soluble polymers increases overall performance of a laying. The possibility of sharing in a laying of the studied brick on the basis of polymineral clays and the developed masonry solutions with the modifying additives is analysed.*

**Key words:** polymineral clays, ceramic brick, masonry solutions, import substitution, modifiers of cement systems, water-soluble polymers, bricklaying.

---

**Онопrienко Наталья Николаевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: dstt\_80@mail.ru

**Вареникова Татьяна Анатольевна**, инженер, магистрант, кафедра технологии стекла и керамики, институт магистратуры

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: varenikova.t@mail.ru