

УДК 666.3.046.44

М.Г. Габидуллин – доктор технических наук, профессор

А.А. Миндубаев – аспирант

E-mail: almaz123@list.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Т.З. Лыгина – доктор геолого-минералогических наук, профессор

Г.Г. Исламова – аспирант

Д.В. Вассерман – аспирант

ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»

ЛАБОРАТОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ АПРОБАЦИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НОВОГО ФАСАДНОГО КЛИНКЕРНОГО КИРПИЧА «ТАТКЛИНКЕР» НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

АННОТАЦИЯ

Представлены опытные результаты получения клинкерного кирпича на основе местных глин РТ. Изучен фазовый состав и термическое поведение глинистых пород различных месторождений. Установлены оптимальные составы шихты для получения клинкерного фасадного кирпича. Определены технико-эксплуатационные показатели полученных изделий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: керамика, клинкерный, высокопрочный, кирпич.

M.G. Gabidullin – doctor of technical sciences, professor

A.A. Mindubaev – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Engineering

T.Z. Lygina – doctor of geological minerals sciences, professor

G.G. Islamova – post-graduate student

D.V. Vasserman – post-graduate student

The Central Scientific Research Institute of Geology of Industrial Minerals

APPROBATION OF POSSIBILITY OF MANUFACTURE CLINKER BRICK ON THE BASIS OF LOCAL CLAYS OF TATARSTAN REPUBLIC

ABSTRACT

Experimental results of produced clinker brick on the basis of local Tatarstan Republic clays are presented. The phase structure and thermal behaviour of various deposits clay rocks is studied. Optimum composition mixture for produced the clinker front brick are determined. Technical operating indexes of produced products are defined.

KEYWORDS: ceramic, clinker, brick.

В последние годы наблюдается повышение интереса со стороны строителей, архитекторов и дизайнеров к клинкерному фасадному кирпичу. Это связано с увеличением критики в адрес многослойных стен, в которых для облицовки фасадов используется керамический фасадный пустотелый кирпич с толщиной наружной стенки 12 мм, который регламентируется требованиями основного отечественного стандарта на керамический кирпич ГОСТ 530-2007. Такая маленькая толщина наружной стенки кирпича очень часто не защищала кладку от проникновения вовнутрь влаги, и поэтому зимой при отрицательных температурах вода замерзала и лед при расширении разрушал наружную стенку, оголяя на фасадах пустоты кирпичной кладки. В связи с этим в Москве и многих городах России запретили использовать для облицовки фасадов кирпич с низкой морозостойкостью и тонкими наружными стенками пустот. Поэтому многие строительные организации для облицовки фасадов зданий переориентировались на использование зарубежной продукции – клинкерного фасадного кирпича, который обладает морозостойкостью F100 и более и имеет толщину наружных стенок пустот более 16 мм.

Архитекторы очень часто говорят, что фасад – это визитная карточка дома. Поэтому для воплощения своих дизайнерских решений и подчеркивания своей индивидуальности при строительстве современных малоэтажных зданий они предлагают фасады из клинкерного кирпича, так как они прослужат вечно, обладают архитектурной выразительностью, эстетической привлекательностью, смотрятся по-европейски стильно и солидно, выглядят безупречно.

Сегодня строительные организации закупают с доставкой клинкерный кирпич из дальнего зарубежья по цене 50-100 рублей, а из Украины по цене 25-35 руб./шт.

В России клинкерный кирпич производится только на одном предприятии в Голицыно (Подмосковье). Лицевой кирпич, производимый группой компаний «Голицынский кирпич», хотя и не является фасадным клинкерным, но отличается высоким качеством: морозостойкость F100, марка 175, толщина наружной стенки пустот 20 мм, широкая цветовая гамма, фактура, номенклатура, цена – от 10 до 35 рублей в зависимости от типоразмеров и наименования продукции. Мостовой клинкер под названием «камень клинкерный» имеет марку по прочности 500-700, морозостойкость F200, водопоглощение 2-4 %, размеры 200x100x55 мм, цена – 23,75 руб./шт.

На Украине единственным заводом, специализирующимся на выпуске клинкерной керамики, является «Керамейя», который выпускает клинкерный лицевой пустотелый кирпич и дорожную брусчатку под маркой «КлинКерам». Его продукция соответствует украинским ТУ У В2.2.7-26.4-34327895-001:2008 «Керамический клинкер для облицовки фасадов «КлинКерам» и дорожная брусчатка «БрукКерам». Основные технические характеристики фасадного пустотелого (менее 38 %) клинкера марки М350: предел прочности на сжатие – более 35 МПа, предел прочности при изгибе – более 4,9 МПа, водопоглощение – менее 5 %, морозостойкость – более F150. Номенклатура: различные фасонные кирпичи, различная фактура поверхности, достигаемая за счет рельефа поверхности или декорирования крошкой разных цветов. Цветовая гамма: рубин, янтарь, оникс, Магма гранит, Магма топаз, Магма диабаз, Рустика Оникс, Рустика Рубин 1, Рустика Топаз 3, Рустика Гранит 23, Рустика Гранит 43, Рустика Гранит 53.

Основные же производители клинкерного кирпича находятся в Европе. Требования к параметрам клинкерного кирпича, регламентируемые стандартами различных стран, близки по своим показателям.

Российский нормативный документ на клинкерный кирпич [1] регламентирует марку по прочности на сжатие от М250 до М800, морозостойкость F50, F75, F100, водопоглощение – не более 7 %, среднюю плотность – классы 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 2,0 и 2,2. Номинальные размеры кирпича представлены в таблице 1.

Таблица 1

Вид кирпича	Размеры кирпича лицевого кладочного		
	Длина	Ширина	Толщина
Одинарный (О)	250	120	65
«Евро» (Е)	250	85	65
Модульный (М)	240	115	71
	240	85	71
	240	115	52
	240	115	113

Марку кирпича по прочности определяют по таблице 2, используя данные испытания стандартных образцов на сжатие и изгиб.

Анализируя изложенные выше данные из ТУ 5741-001-34854050-08 и таблиц 1 и 2, взятые из того же документа, следует отметить недостаточно высокое значение верхней границы морозостойкости, принятое F100. Видимо, этот показатель следует увеличить до F300, а нижнее значение водопоглощения принять менее 5 %, так как клинкерный кирпич получается путем спекания шихт при температурах 1200-1250 °С. Известно, что спекшаяся керамика – это керамика с водопоглощением менее 5 %. Кроме того, в таблице 2 две нижние ступени марки по прочности, равные «250» и «300», необходимо убрать, так как эти показатели соответствуют прочности типового кирпича и камня по основному стандарту ГОСТ 530-2007.

Нормативные показатели прочности клинкерного кирпича на сжатие и изгиб

Марка	Предел прочности не менее, МПа			
	При сжатии		При изгибе	
	Средний для пяти образцов	Наименьший для отдельного образца	Средний для пяти образцов	Наименьший для отдельного образца
800	800	750	8,4	4,2
750	750	700	7,9	3,9
700	700	650	7,4	3,6
650	650	600	6,9	3,4
600	600	550	6,4	3,2
550	550	500	5,9	2,9
500	500	450	5,4	2,7
450	450	400	4,9	2,4
400	400	350	4,4	2,2
350	350	300	3,9	1,9
300	300	250	3,4	1,7
250	250	200	2,9	1,5

В качестве аналога в наших исследованиях принят фасадный клинкерный кирпич, выпускаемый известной немецкой фирмой HAGEMEISTER, технические характеристики которого приведены в таблице 3.

Таблица 3

Свойства фасадного клинкерного кирпича HAGEMEISTER

Параметры	Требование согласно DIN V 105-1	Клинкер HAGEMEISTER	Требование выполнено	Соответствие классу
Диапазон отклонения размеров	Длина ≤ 6 мм Ширина ≤ 4 мм Высота ≤ 3 мм	0 мм 2 мм 1 мм	да	Класс R1
Морозостойкость	50 циклов замораживания-оттаивания	> 50 циклов изменений нет	да	Класс F2 (DIN 52252)
Кислотостойкость	≤ 6 %	1,20 %	да	DIN 102
Средняя плотность	$\geq 1,80$ кг/дм ³	2,30 кг/дм ³	да	Класс D1
Предел прочности при сжатии	≥ 28 Н/мм	125,80 Н/мм	да	DIN 772-1
Водопоглощение	≤ 7 %	2,97 %	да	DIN 772-1
Содержание солей	Na ⁺ + K ⁺ Mg ²⁺	0,00 % 0,00 %	да	Класс S2

Из данных таблицы 3 видно, что клинкерный фасадный кирпич, выпускаемый фирмой HAGEMEISTER, превосходит по своим характеристикам требования немецкого стандарта, так как обладает очень высокой прочностью при сжатии, высокой средней плотностью и низким водопоглощением. При этом нормативные требования DIN V 105-1 по морозостойкости и водопоглощению для фасадного клинкера регламентируют «мягкие» показатели: для морозостойкости – F50, для водопоглощения – ≤ 7 %. Эти показатели для фасадного клинкера по немецким и российским нормативным документам одинаковые. Следует подчеркнуть, что в российском документе нет ограничений по содержанию солей, в немецком их содержание не допускается.

Анализ рассмотренного выше отечественного нормативного документа позволил установить основные ориентиры на технические характеристики фасадного клинкера, а изучение свойств зарубежных аналогов позволяет решать вопросы создания клинкера с более высокими показателями свойств, повышая тем самым конкурентоспособность продукта на внутреннем и внешнем рынках.

Целью работы является апробация возможности получения клинкерного фасадного кирпича на основе кирпично-черепичных глин Республики Татарстан.

Положительные результаты исследований могут быть использованы для строительства на территории Татарстана завода по производству конкурентоспособного клинкерного кирпича, так как изготовленные из местных материалов кирпичи будут экономически выгодны, по причине низкой себестоимости изготовления и низких транспортных расходов на перевозку. Рынок клинкерного кирпича в Республике Татарстан в настоящее время не развит и примерно на 70 % заполнен продукцией из дальнего зарубежья, на 30 % – из Украины. Спрос на фасадный клинкер в РТ будет обеспечиваться высокими темпами строительства зданий и сооружений с использованием для внутренней версты стен крупноформатных керамических теплоэффективных камней POROTHERM, а для наружной версты – фасадного клинкера. Кроме того, в Казани ведется подготовка к Универсиаде-2013, для которой возводится большое количество различных спортивных комплексов, олимпийская деревня. Здесь также может пригодиться клинкер.

На кафедре строительных материалов КазГАСУ были проведены лабораторно-технологические исследования по разработке многокомпонентных шихт для получения клинкерного фасадного кирпича на основе местных кирпично-черепичных глин РТ. Для регулирования свойств клинкера в качестве добавочного компонента была использована привозная тугоплавкая Ново-Орская глина (Оренбургская область). Сложность производства клинкерного кирпича в РФ и РТ заключается в отсутствии кондиционных глин, т.к. в чистом виде наиболее распространенные кирпично-черепичные глины не пригодны для производства клинкерного кирпича, а географическое расположение месторождений огнеупорных и тугоплавких глин неоднородно по территории России. Республика Татарстан также не имеет месторождений глин, пригодных для производства клинкера.

Для реализации цели работы решались следующие задачи:

- изучение основных характеристик отобранных проб глин,
- отработка технологических режимов получения клинкера;
- исследование влияния состава шихты на физико-механические свойства клинкера;
- изготовление контрольного образца клинкерного кирпича стандартных размеров.

Материалы, использованные в исследованиях.

Методом синхронного термического анализа (ТГ-ДТГ, ДСК) и методом рентгенографического анализа были исследованы 3 образца глины Калининского, Тураевского, Ново-Орского месторождений РТ.

Глина **Калининского** месторождения легкоплавкая, среднепластичная (П-17,5), среднечувствительная к сушке, неспекающаяся, содержание крупных фракций до 20 %. Химический состав, мас. %: SiO_2 – 65-71,12; $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2)$ – 12,55-13,12; Fe_2O_3 – 5,88-7,02; CaO – 1,55-2,02; MgO – 1,09-2,12; Na_2O – 0,45-0,65; K_2O – 1,88-2,15; SO_3 – 0,12-0,25; п.п.п. – 2,15-3,50.

Из анализа полученных термоаналитических кривых видно, что для образца глины Калининского месторождения характерны потери массы (4,01 %) в низкотемпературной области 27-230 °С. Данный эффект соответствует удалению адсорбционной и межслоевой молекулярной воды монтмориллонита. Потеря массы (2,13 %) в среднетемпературном интервале 380-650 °С связана с дегидроксилизацией каолинита. В этом же интервале на ДСК-кривой наблюдается эндотермический эффект с пиком при 582 °С – обратимое полиморфное превращение б-кварца в в-кварц. В высокотемпературной области явно выраженных термических эффектов, сопровождающихся потерей массы, не наблюдается. Однако, фиксируется экзотермический эффект кристаллизации муллита на ДСК-кривой при 912 °С.

С помощью рентгенографического анализа в пробе глины «Калининская» был определен следующий минеральный состав: кварц – 35 %, плагиоклаз – 7 %, К полевой шпат – 7 %, глинистые минералы: монтмориллонит – 42 %, слюда – 5 %, хлорит и каолинит – 4 % а также отмечается примесь гетита. В структуре монтмориллонита возможно присутствие до 15 % неразбухающих слюдоподобных слоев. Таким образом, глина Калининского месторождения является преимущественно монтмориллонитовой.

Глина **Тураевского** месторождения, по данным термического анализа, показывает на схожесть эффектов в низко- и среднетемпературной области, связанную с присутствием монтмориллонита и каолинита. Вместе с этим следует отметить разницу интенсивностей эффектов. В глине Тураевского

месторождения содержание монтмориллонита и каолинита примерно в два раза меньше, чем в глине Калининского месторождения. Также фиксируется экзотермический эффект на ДСК-кривой, соответствующий обратимому полиморфному превращению кварца при 579 °С. В высокотемпературной области 650-850 °С регистрируется эффект, принадлежащий диссоциации карбонатной составляющей глины (3,78 %), что в пересчете на кальцит составляет 9 ± 2 %.

Анализ рентгендифракционных спектров образца глины «Тураевская» показал наличие кварца в количестве 39 %, плагиоклаза – 12 %, К полевого шпата – 7 %, кальцита – 8 %, глинистых минералов: монтмориллонита – 26 %, слюды – 4 %, хлорита и каолинита – 4 %, также отмечается примесь гетита и наличие минералов группы амфиболов на уровне погрешности определения. В структуре монтмориллонита также может присутствовать до 10-15 % неразбухающих слюдоподобных слоев.

В глине **Ново-Орского** (Оренбургская область) месторождения регистрируются два явно выраженных термических эффекта на ТГ-ДТГ-кривых: в низкотемпературной (27-200 °С) и среднетемпературной (375-700 °С) областях. Первый эндотермический эффект относится к удалению адсорбционной воды, второй связан с дегидроксилизацией каолинита (6,49 %). Глина Ново-Орского месторождения, по данным термического анализа, характеризуется как существенно каолиновая.

Данные рентгенографического анализа образца глины Ново-Орского месторождения также показывают, что он представлен преимущественно каолинитом (65 %). Помимо каолинита, из глинистых минералов фиксируется слюда (5 %) и неупорядоченный смешанослойный слюда-монтмориллонит (4 %) с высоким содержанием слюдяных слоев. Неглинистые минералы представлены в основном кварцем (25 %) и примесью анатаза (1 %).

Минеральный состав глины Ново-Орского месторождения является более предпочтительным для составления многокомпонентных шихт с целью получения клинкерного фасадного кирпича, поскольку основной компонент – каолинит – улучшает такие технологические свойства, как тугоплавкость, водопоглощение, средняя плотность, предел прочности при сжатии.

Соответственно, основные различия в технологических свойствах готовой продукции клинкерного кирпича, полученного из глин различных месторождений, обусловлены их фазовыми (минеральными) составами и поведением фаз в процессах обжига.

Были составлены композиционные смеси глин различных месторождений:

1 – Тураевская глина+Ново-Орская глина+песок; 2 – Калининская глина+Ново-Орская глина+песок.

Сопоставление полученных результатов технологических испытаний показывает существенное различие между ними.

В качестве отощителя целесообразно использовать мытый и высушенный **кварцевый песок**. В работе был использован песок фракции менее 2,5 мм, с модулем крупности – 2,5 (г. Зеленодольск, РТ).

Лабораторно-технологические испытания.

Лабораторно-технологические исследования проводились в следующей последовательности. Глины предварительно отмачивались в течение 48 часов в воде с температурой 20 °С, шликер пропусклся через сито 0,315 мм и сушился до полного удаления влаги. Затем глина размалывалась в шаровой мельнице в течение 5-20 минут, просеивалась через сито 0,14 мм. Смешение компонентов шихты производили ручным способом в чашах, добавляли 19 % воды и отлеживали массу в герметично упакованных полиэтиленовых мешках в течение 24 часов. После этого массу в мешках предварительно нагревали в сушильной камере до 30-35 °С, шихту вручную разминали и формовали контрольные образцы-кубы 5x5x5 см. Сушили образцы в сушильной камере типа СНОЛ до остаточной влажности менее 4 % и высушенные образцы переносили в лабораторную электрическую печь, где осуществляли обжиг путем постепенного подъема температуры до 1100 °С с выдержкой в течение 1 часа. Остывание образцов производили вместе с печью после ее отключения.

Обожженные образцы подвергали стандартным испытаниям. Были проведены исследования основных физико-механических свойств: водопоглощение и плотность по ГОСТ 7025-91 [2], прочность на сжатие по ГОСТ 8462-85 [3].

Результаты испытания контрольных образцов позволили получить зависимости (рис. 1) изменения средней плотности, водопоглощения и предела прочности при сжатии от количества добавленной в шихту тугоплавкой Ново-Орской глины.

Из рис. 1 видно, что на чистой Тураевской глине невозможно получить клинкерный кирпич, удовлетворяющий по свойствам требованиям ТУ [2], так как образцы имеют следующие свойства: прочность при сжатии – 27,1 МПа, водопоглощение 6,3 %, среднюю плотность – 2,046 кг/м³. Большой оптимизм вызывают результаты испытания образцов на Калининской глине: прочность при сжатии – 40,0 МПа, водопоглощение 5,6 %, средняя плотность – 2,117 кг/м³.

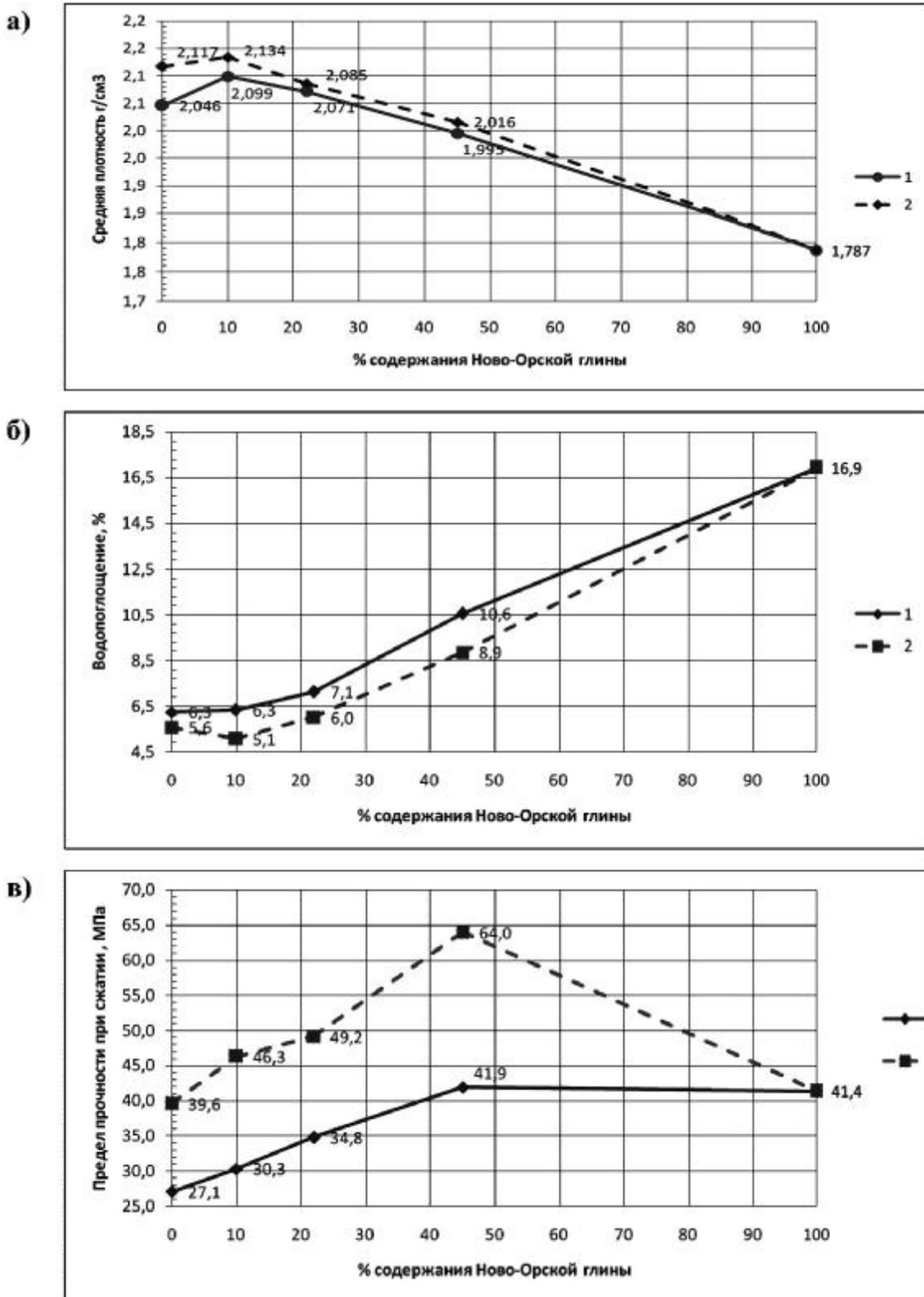


Рис. 1. Зависимости изменения средней плотности (а), водопоглощения (б) и предела прочности на сжатие (в) обожженных образцов от содержания в шихте Ново-Орской глины:

1 – Тураевская глина + Ново-Орская глина + песок; 2 – Калининская глина + Ново-Орская глина + песок

Анализ характера кривых, представленных на рисунке 1а, показывает, что с введением Ново-Орской глины до 10 % от массы шихты на Калининской и Тураевской глинах средняя плотность образцов клинкера увеличивается незначительно (0,8-2,6 %). Дальнейшее увеличение доли тугоплавкой глины от 10 до 100 % способствует снижению средней плотности до 17,5-19,4 %. При этом происходит логичное незначительное снижение водопоглощения (рис. 1б) образцов клинкера

при 10 % добавки Ново-Орской глины, а затем значительное почти линейное увеличение в 2,68-3,31 раза при 100 % составе шихты из тугоплавкой глины. Это свидетельствует о том, что Ново-Орская глина увеличивает температуру спекания. По ТУ [2] водопоглощение клинкерного кирпича должно быть менее 7 %. Поэтому образцы с содержанием Ново-Орской глины больше 10 % для шихты на основе Тураевской глины и с содержанием Ново-Орской глины больше 21 % на шихте из Калининской глины не соответствуют ТУ.

Из рис. 1в видно, что введение 10 % Ново-Орской глины повышает предел прочности при сжатии обожженных образцов в 1,52 раза для шихт из Тураевской глины и в 1,61 раза для шихт из Калининской глины при введении 21 % Ново-Орской глины.

Анализ результатов исследований показывает, что для производства клинкерного кирпича наиболее предпочтителен состав из 71 % Калининской глины, 21 % Ново-Орской глины и 8 % кварцевого песка, который после апробации разработанных составов, например, на опытно-промышленной технологической линии производства кирпича ЦНИИгеолнеруд, можно рекомендовать для внедрения в производство. Этот состав позволяет получать контрольные образцы клинкера с пределом прочности при сжатии – 49,2 МПа; водопоглощением – 6 % и средней плотностью – 2,08 г/см³.

Разработанный состав клинкерного кирпича и технологические режимы его получения обладают элементами НОУ-ХАУ, поэтому на него подана заявка в Роспатент для получения изобретения. Из разработанного состава на кафедре строительных материалов пластическим способом был сформован и после обжига получен звонкий полнотелый клинкерный кирпич светло-кремового цвета размером 250x120x65 мм. Трещины и посечки отсутствовали. Данный образец, на постели которого вырезано название «ТатКлинкер», выставлялся на V Венчурной ярмарке в Казани и вызвал значительный интерес потенциальных инвесторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТУ 5741-001-34854050-08 «Кирпич клинкерный» с изм. № 1.
2. ГОСТ 7025-91 «Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости».
3. ГОСТ 8462-85 «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе».