

УДК 666.3.046.44

Габидуллин М.Г. – доктор технических наук, профессор

E-mail: gabmah@mail.ru

Миндубаев А.А. – аспирант**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420042, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Габидуллина А.Н. – старший научный сотрудник**Институт механики и машиностроения Казанского научного центра РАН**

Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/31

Двухкомпонентная шихта для производства клинкерного кирпича

Аннотация

Лабораторно-технологическими испытаниями доказана возможность получения на основе двухкомпонентных шихт, включающих в качестве основной глины легкоплавкую Калининскую и в виде добавки огнеупорную Нижне-Увельскую, высокомарочного клинкерного кирпича марок по прочности от 600 до 1000. Доказано, что кирпич марок «600», «800» и «1000» можно получить при соотношении указанных в шихте глин (Калининская: Нижне-Увельская), равном соответственно 90:10; 75:35 и 50:50 мас. %.

Ключевые слова: клинкерный кирпич, глина, шихта, прочность, плотность.

В Западной Европе широко производятся клинкерные изделия, которые в силу высоких потребительских свойств, таких как прочность, морозостойкость, экологическая чистота – находят широкое применение в строительстве, обеспечивая создание долговечных строительных конструкций, обладающих высокими архитектурными показателями.

В последние годы тенденция увеличения малоэтажного усадебного строительства способствует повышению интереса к клинкерному кирпичу, в особенности фасадному (рис. 1а) и мостовому (рис. 1б). Здания с клинкерными фасадами украшают городские улицы и способствуют улучшению общего облика застройки кварталов. При этом облицовка фасада не теряет ни цвета, ни насыщенности оттенка, не выгорает и не образует разводов и высолов.

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 регламентировался требованиями основного отечественного стандарта на керамический кирпич ГОСТ 530-2007 (с 1 июля 2013 действует ГОСТ 530-2012). Такая маленькая толщина наружной стенки кирпича очень часто не защищала кладку от проникновения вовнутрь влаги и поэтому зимой при отрицательных температурах вода замерзала в порах и пустотах ложковых и тычковых граней кирпича, а лед, при расширении в объеме, постепенно «расшатывал» структуру черепка, оголяя со временем пустоты кирпичной кладки на фасадах зданий.

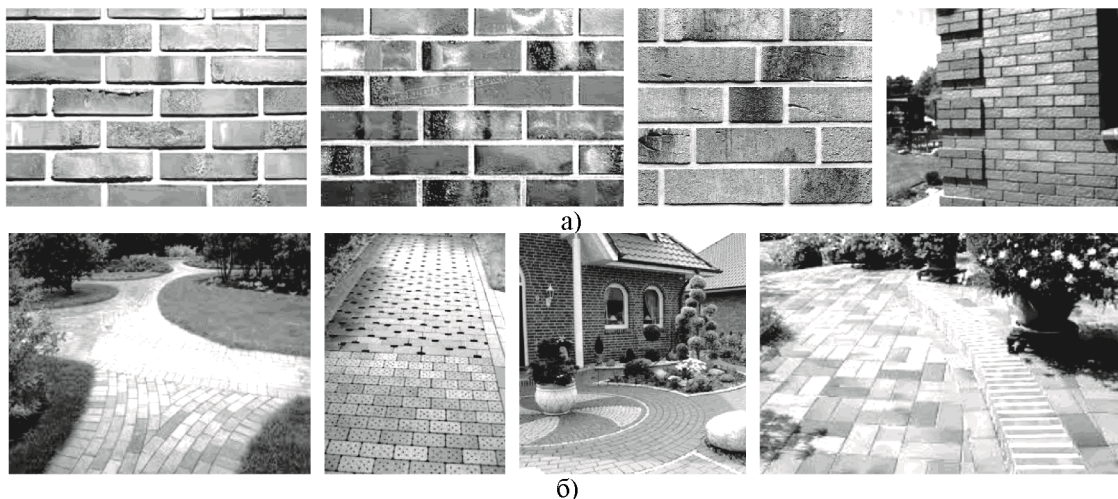



Рис. 1. Примеры применения клинкерного кирпича в облицовке фасадов (а) и мощения тротуаров и садовых дорожек (б)

В последние годы в РТ и РФ широко применяются для утепления стен зданий многослойные облегченные фасадные системы из кирпича, которые не всегда приспособлены к местным климатическим условиям и поэтому их эксплуатация даже за короткий период (5-10 лет) показала, что они имеют целый ряд недостатков, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Основные виды дефектов многослойных стен зданий

Общий вид дефектов на фасадах зданий	Причина возникновения дефектов
	<p>Обнажение пустот лицевого пустотелого кирпича по причине разрушения его внешней грани при попеременном замораживании и оттаивании.</p>
	<p>*Неудовлетворительное решение конструкций горизонтальных деформационных швов под опорным поясом (плитами перекрытий или металлическими несущими уголками). *Распространенный дефект обусловлен попаданием в горизонтальный шов под перекрытием дождевых вод.</p>
	<p>*Здание сдано в эксплуатацию менее 3 лет назад. *Ограждающие стены кирпичные несущие трехслойные (с утеплителем и облицовкой в полкирпича до уровня второго этажа, далее вентилируемый фасад). *В кирпичной облицовке ограждающих стен многочисленные трещины, протяженностью до 1,5 этажей из-за температурных напряжений при большой протяженности стен, перенапряжения стен.</p>
	<p>Развитие трещин в кирпичной облицовке зданий, стены которых имеют многослойную конструкцию, могут приводить к полному обрушению больших фрагментов лицевой кладки с обнажением теплоизоляции. Это необходимо учитывать при эксплуатации зданий подобной конструкции, вести мониторинг за развитием трещин и своевременно выполнять необходимые ремонтные мероприятия.</p>

Анализ данных, представленных в табл. 1, показывает, что на фасадах современных зданий могут возникать следующие дефекты:

- обнажение пустот лицевого пустотелого кирпича по причине разрушения его внешней грани при попеременном замораживании и оттаивании;
- образование протяженных трещин на фасаде, из-за отсутствия термоусадочных горизонтальных и вертикальных швов;
- образование «мостиков холода» из-за нарушения целостности теплоизоляции в виде минеральной ваты и т.д.

В Московской области, где также имели место массовые дефекты кирпичных облицовок многослойных стен, к вопросу подошли радикально. Распоряжением Минмособлстроя от 23.05.2008 г. № 18 «О применении трехслойных стеновых ограждающих конструкций с внутренним слоем из плитного эффективного утеплителя и лицевым слоем из кирпичной кладки при строительстве гражданских зданий на территории Московской области» муниципальным образованиям области, застройщикам, проектным и подрядным организациям было запрещено применять при проектировании на территории Московской области для зданий и сооружений трехслойные стеновые ограждающие конструкции с внутренним слоем из плитного эффективного утеплителя и лицевым слоем из кирпичной кладки.

В то же время, учитывая масштабы проблемных зданий, в Москве не стали сразу рубить с плеча и 4 июля 2008 г. приняли «откорректированное» решение НТС Комплекса архитектуры, строительства, развития и реконструкции города Москвы, на котором в связи с серьезностью высказанных замечаний было принято решение рекомендовать временно приостановить в Москве проектирование многослойных ограждающих конструкций с облицовкой кирпичом. Позже (6 апреля 2009 г.) вышло Распоряжение Правительства Москвы № 587-РП «О запрете применения на объектах государственного заказа города Москвы многопустотного кирпича в качестве облицовки слоистых стеновых ограждающих конструкций зданий». Решение вопроса было продолжено 18 мая 2009 г., когда НТС Комплекса градостроительной политики и строительства города Москвы вновь собрался для рассмотрения откорректированных технических решений многослойных ограждающих конструкций зданий с облицовкой кирпичом. В итоге было решено остановиться на незатейливом, тяжелом и дорогом техническом решении конструкций энергоэффективных наружных стен с облицовкой кирпичом 250 мм (в один кирпич) с полным опиранием на железобетонные перекрытия. При этом кирпич для облицовки должен быть полнотелым, в крайнем случае, с тремя технологическими отверстиями. Применение кирпича с утолщенной до 20 мм внешней стенкой еще придется обсудить. Одним из путей устранения в будущем таких дефектов многослойных облегченных кирпичных фасадов современных зданий является использование высококачественного кирпича.

Поэтому 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 – клинкерный фасадный кирпич, который обладает морозостойкостью F100 и более и имеет толщину наружных стенок пустот более 16 мм.

В связи с этим, разработка составов и технологии производства высокопрочного, морозостойкого, полнотелого фасадного клинкерного кирпича на основе местных легкоплавких полиминеральных глин РТ – **актуальная задача.**

В наших ранних работах [1-4] мы уже указывали основные причины, из-за которых до настоящего времени в РТ и РФ в широких промышленных масштабах производство клинкерного кирпича не осуществляется. Сегодня широкая потребность в качественном клинкерном кирпиче, не смотря на высокую цену, в основном возмещается за счет ее импорта из стран ближнего (Украина, Белоруссия, Прибалтика) и дальнего зарубежья (Германия, Австрия, Финляндия и др.)

Не смотря на длинный перечень достоинств клинкерного кирпича, следует перечислить и те недостатки, которые следует знать потенциальным его производителям в РФ:

- затраты на производство клинкера значительно выше, чем на лицевой кирпич, т.к. обжиг производится при температуре на 150-200°С выше (известно, что повышение

температуры печи на обжиг на 50°C приводит к увеличению расхода газа на 25 %).

- высокая плотность – более 2000 кг/м³ и ограниченная сырьевая база (в РТ и многих регионах РФ нет тугоплавких и огнеупорных глин),
- требуется специальный раствор,
- низкая производительность кладки – 5-6 рядов в сутки.

Результаты НИОКР

В работах [1-4] отмечалось, что одной из проблем выпуска клинкерного кирпича во многих регионах РФ является наличие только традиционных легкоплавких кирпично-черепичных глин и отсутствие тугоплавких и огнеупорных глин. Поэтому были разработаны двухкомпонентные шихты, в которых основной составляющей являются легкоплавкие глины, а в качестве добавки вводилась тугоплавкая или огнеупорная глина. Предварительно была проведена аналитическая оценка пригодности более 100 месторождений легкоплавких глин РТ и РФ и более десяти месторождений тугоплавких и огнеупорных глин Урала и Оренбургской области на их пригодность для производства клинкерного кирпича. Основными критериями выбора глин служили химический, гранулометрический и минеральный состав, а также их технологические признаки, которые должны были соответствовать или быть близкими к требованиям, предъявляемым для сырья клинкерного кирпича [5, 6].

Из большого многообразия глин для исследования были выбраны легкоплавкая глина Калининского и огнеупорная глина Нижне-Увельского месторождений, свойства которых приведены в табл. 2.

Таблица 2

Свойства глин

Свойства глин	Калининская	Нижне-Увельская	Требования для клинкера
Интервал спекания, °С	50	Более 100	Более 100, лучше 190-200 °С
Al ₂ O ₃ , мас. %	12,55-13,12	20-39	15-25
CaO, мас. %	1,55-2,02	0,1-3,6	не более 7-8
(K ₂ O+Na ₂ O), мас. %	2,33-2,80	0,3-3	не более 3
Fe ₂ O ₃ , мас. %	5,88-7,02	0,4-3,5	не более 6-8
Монтмориллонит, мас. %	42	3,5	20-45
Каолинит, % мас.	4,0	55	25-40
Гидрослюда, % мас.	5,0	25	20-50

Проведена оценка возможности получения клинкерного кирпича на основе двухкомпонентной шихты, основным ингредиентом которой является легкоплавкая глина Калининского месторождения (РТ), а в виде добавки вводится огнеупорная глина Нижне-Увельского месторождения (Челябинская обл.). Получены зависимости изменения основных свойств кирпича при увеличении в шихте доли добавки в виде огнеупорной глины, которую вводили в количестве от 10 до 100 %.

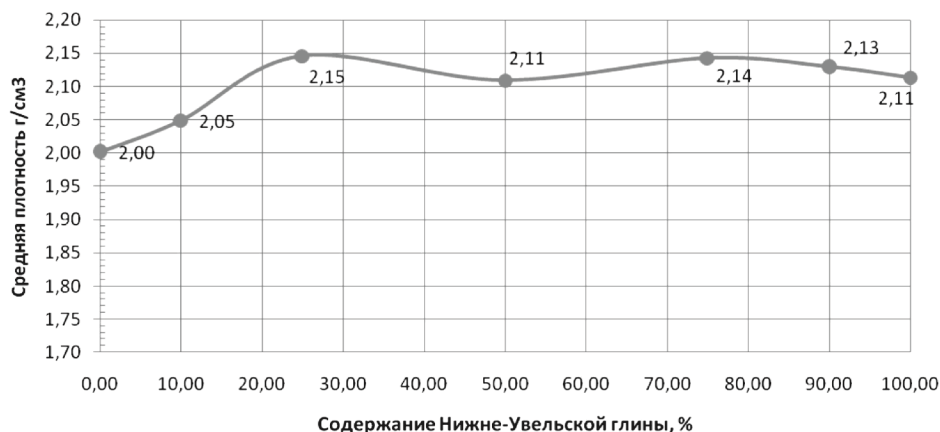


Рис. 2. Зависимость изменения средней плотности обожженных образцов от содержания Нижне-Увельской глины

Из рис. 2 видно, что добавка в шихту из легкоплавкой Калининской глины огнеупорной Нижне-Увельской глины способствует увеличению средней плотности. Так если средняя плотность черепка на чистой Калининской глине составляет 2 г/см^3 , то при введении 10 % огнеупорной глины плотность увеличивается до $2,05 \text{ г/см}^3$, а при 25 % добавки – до $2,15 \text{ г/см}^3$.

Последующее увеличение содержания огнеупорной глины до 100 % практически не увеличивает плотность, которая сохраняется на уровне $2,11-2,15 \text{ г/см}^3$. Для дальнейшего увеличения плотности черепка необходима корректировка состава или технологических режимов. Для первого случая, корректировку шихты рекомендуется осуществлять дополнительным введением мелкодисперсных минеральных наполнителей, для второго, например, увеличением температуры обжига. Поэтому необходимо проведение дополнительных исследований по повышению плотности черепка до $2,3-2,4 \text{ г/см}^3$, который имеют лучшие образцы немецкого клинкерного кирпича, например, производства фирмы HAGEMEISTER.

Из характера кривой на рис. 2 можно сделать предварительный вывод: оптимальная дозировка огнеупорной глины составляет 20-30 %, т.к. при этом обеспечивается наибольшая плотность черепка. Дальнейшее увеличение количества добавки не способствует уплотнению структуры черепка, поэтому нет необходимости ее увеличивать. Это оправдано и экономически, так как стоимость шихты и клинкера при большей дозировке огнеупорной глины увеличится из-за дополнительных транспортных расходов на перевозку глины.

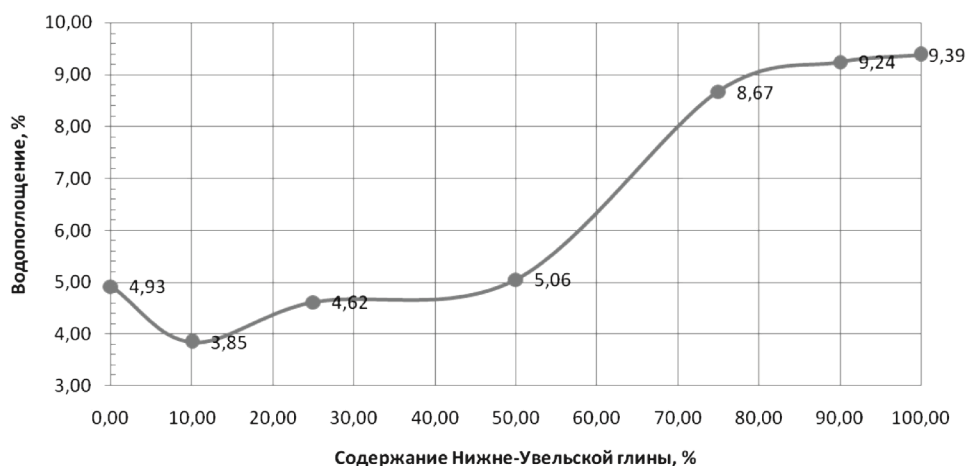


Рис. 3. Зависимость изменения водопоглощения обожженных образцов от содержания Нижне-Увельской глины

Анализ характера кривой на рис. 3 показывает, что на чистой Калининской глине образцы при $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ имеют спеченный черепок с водопоглощением 5 %. Добавка 10 % огнеупора способствует уменьшению водопоглощения до 3,85 %. Уровень водопоглощения спеченного черепка менее 5 % сохраняется при замене легкоплавкой глины огнеупорной в шихте до 50 %. Увеличение дозировки Нижне-Увельской глины свыше 50 % способствует увеличению водопоглощения, связанному, видимо, с недостатком стеклофазы, формирующейся при обжиге из щелочных и щелочноземельных оксидов, присутствующих в Калининской глине при $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ и некоторым «разрыхлением» структуры черепка из-за избытка реликтов тугоплавких минералов огнеупорной глины, формирующихся при этой температуре.

Наибольший интерес представляет полученная зависимость (рис. 4) повышения прочности черепка клинкерного кирпича с увеличением дозировки огнеупорной Нижне-Увельской глины в составе двухкомпонентной шихты с легкоплавкой глиной. Видно, что на чистой Калининской глине прочность черепка – $421,74 \text{ кг/см}^2$ ($42,174 \text{ МПа}$), а на чистой Нижне-Увельской – $1127,66 \text{ кг/см}^2$ ($112,766 \text{ МПа}$). При этом, с увеличением количества огнеупорной глины прочность черепка увеличивается почти линейно.

Анализируя характер кривой на рис. 4 можно отметить, что клинкерный кирпич марок «600», «800» и «1000» можно получить при соотношении указанных в шихте глин (Калининская: Нижне-Увельская), равном соответственно 90:10; 75:35 и 50:50 мас.%. Следовательно, полученная зависимость позволяет прогнозировать марочность клинкерного кирпича в зависимости от состава шихты. Эта зависимость имеет важное практического значение, т.к. позволяет в заводских условиях маркшейдеру и технологу устанавливать оптимальное соотношение исходных ингредиентов, регулировать глинопоток в карьере, устанавливать производительность глиноподготовки в технологической линии и подбирать оптимальный состав шихт для получения заданной марочности кирпича в сравнительно широком интервале прочности: от 400 до 1000.

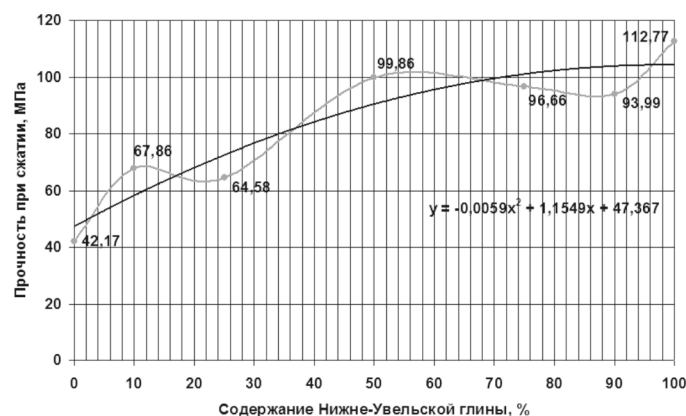


Рис. 4. Зависимость изменения предела прочности при сжатии обожженных образцов от содержания Нижне-Увельской глины

По требованиям последнего ГОСТ 530-2012, верхний потолок прочности клинкерного кирпича соответствует марке 1000.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- лабораторно-технологическими испытаниями доказана возможность получения на основе двухкомпонентных шихт, включающих в качестве основной глины легкоплавкую Калининскую и в виде добавки огнеупорную Нижне-Увельскую, клинкерного кирпича марок по прочности от 600 до 1000;

- доказано, что кирпич марок «600», «800» и «1000» можно получить при соотношении указанных в шихте глин (Калининская:Нижне-Увельская), равном соответственно 90:10; 75:35 и 50:50 мас.%.

Список библиографических ссылок

1. Габидуллин М.Г., Миндубаев А.А., Лыгина Т.З., Исламова Г.Г., Вассерман Д.В. Лабораторно-технологическая апробация возможности получения нового фасадного клинкерного кирпича «Татклинкер» на основе местного сырья Республики Татарстан // Известия КазГАСУ, 2010, № 1 (13). – С. 274-280.
2. Миндубаев А.А., Габидуллин М.Г., Рахимов Р.З. Апробация возможности производства клинкерного кирпича на основе местных глин Республики Татарстан // Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии. Том I, Материалы XV академических чтений РААСН – Международной н/т конф. – Казань, 2010. – С. 416-419.
3. Миндубаев А.А., Габидуллин М.Г. Высокомарочный клинкерный кирпич // Известия КазГАСУ, 2011, № 2 (16). – С. 209-212.
4. Миндубаев А.А., Габидуллин М.Г., Рахимов Р.З. Моделирование и оптимизация составов клинкерного кирпича на основе модифицированной легкоплавкой глины // Строительные материалы, 2013. – С. 26-29.
5. Августиник А.И. Керамика // Государственное издательство литературы по строительным материалам. – М., 1957. – С. 488.
6. Будников П.П., Бережной А.С., Булавин И.А., Калига Г.П., Куколев Г.В., Полубояринов Д.Н. Технология керамики и огнеупоров // Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам. – М., 1962. – 707 с.

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

E-mail: gabmah@mail.ru

Mindubaev A.A. – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Civil Engineering

The organization address: 420042, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Gabidullina A.N. – senior researcher

Institute of Mechanics and Engineering, Kazan Scientific Center, RAS

The organization address: 420111, Russia, Kazan, Lobachevskogo st., 2/31

Two-component blend to produce clinker

Resume

With the transition in 1995 to the new standards of the thermal resistance of building envelopes the walls of residential buildings began to be constructed with new technologies using effective thermal insulation materials. Today most of the exterior walls of residential buildings are multilayer structures, in which a facial hollow brick is most widely used for outer facade. After a few years of operation of such buildings numerous shortcomings of the exterior facades have been identified – the presence of a long cracks a few floors long on the surface of the masonry, partial destruction of the outer surface of the brick face exposing brick voids, complete loss of masonry's fragments exposing insulating layer. One of the main causes of these defects – low maintenance properties of the facial brick associated with a thin brick voids' outer wall (16 mm) and low frost resistance.

In this connection, the designers and builders are encouraged to use for the front of the masonry facades more durable and frost-resistant bricks with a thicker outer wall and smaller emptiness. A clinker facade brick has these properties but is almost not produced in Russia because of the lack of conditioned clays to produce it, absence of tried and true formulas and technology. In this regard, the authors of this article evaluated the possibility of producing clinker on the basis of a two-component mixture, in which the main component is fusible clay widespread throughout Russia and traditionally used in the conventional brick production and scarce fire clay as the additive.

Laboratory tests proved the possibility of obtaining high-grade clinker with strength from 600 to 1000 on the basis of two-component mixtures containing fusible Kalininskaya clay as the main part and refractory Nizhny-Uvelskaya clay as an additive. It is proved that the bricks of «600», «800» and «1000» grades can be produced if the ratio of the specified clays (Kalininskaya to Nizhny-Uvelskaya) equals 90:10, 75:35 and 50:50 wt.%, respectively. Thus the authors solved the topical problem of high-strength and frost-resistant clinker, which provides long life for facades of modern residential buildings.

Keywords: clinker brick, clay, charge, strength, density.

Reference list

1. Gabidullin M.G., Mindubaev A.A., Lygina T.Z., Islamova G.G., Wasserman D. Approbation of possibility of manufacture clinker brick on the basis of local clays of Tatarstan Republic // News of the KSUAE, 2010, № 1 (13) . – P. 274-280.
2. Mindubaev A.A., Gabidullin M.G., Rakhimov R.Z. Testing the possibility of production of clinker bricks on the basis of local clays Tatarstan // Achievements and Problems of Materials Science and modernization of the construction industry. Volume I., Materials XV academic readings RAASN – International N / T Conf. – Kazan, 2010. – P. 416-419.
3. Mindubaev A.A., Gabidullin M.G. High-quality clinker brick // News of the KSUAE, 2011, № 2 (16). – P. 209-212.
4. Mindubaev A.A., Gabidullin M.G., Rakhimov R.Z. Simulation and optimization of clinker compositions based on modified fusible clay // Construction Materials, 2013. – P. 26-29.
5. Avgustinik A.I. Ceramics // The publishing house of literature on building materials. – M., 1957. – P. 488.
6. Budnikov P.P., Cautious A.S., Bulavin I.A., Kaliga G.P., Kukolev G.V., Poluboyarinov D.N. The technology of ceramics and refractories // The publishing house of literature on construction, architecture and building materials. – M., 1962. – 707 p.