

Л.Н. ТАЦКИ¹, Л.В. ИЛЬИНА¹

¹ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»,
г. Новосибирск, Россия

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ШИХТЫ ИЗ НИЗКОКАЧЕСТВЕННОГО СЫРЬЯ НА СВОЙСТВА ОСВЕТВЛЕННОГО КЕРАМИЧЕСКОГО ЧЕРЕПКА

Аннотация. В связи с дефицитом высококачественного глинистого сырья, во многих регионах России актуальна задача получения кирпича, особенно лицевого, из пород с пониженным содержанием глинистых фракций. Проблема может быть решена за счет использования способа полусухого прессования. Осветление керамического черепка рекомендуется осуществлять введением в состав тонкомолотого мела в сочетании с упрочняющей добавкой волластонитом. Подбор состава шихты осуществлялся методом рационального планирования эксперимента. Введение добавок в оптимальной дозировке позволило получить: кремовый цвет черепка из красножгущегося глинистого сырья прочностью при сжатии 49,5 МПа, водопоглощением 10,5 мас. %. При этом необходимо строго контролировать дозировку мела, т.к. ее превышение сверх оптимума приводит к снижению предела прочности и росту водопоглощения. Таким образом на основе сырья с содержанием глинистых частиц всего 6,8 об. % возможно получение лицевого керамического кирпича с осветленным черепком.

Ключевые слова: низкокачественное глинистое сырье, полусухое прессование, осветление керамического черепка, добавки дисперсного мела и волластонита.

L.N. TACKY¹, L.V. ILINA¹

¹Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia

INFLUENCE OF MIXTURE COMPOSITION FROM LOW-QUALITY RAW MATERIALS ON THE PROPERTIES OF THE LIGHTED CERAMIC TILES

Abstract. Due to the shortage of high-quality clay raw materials, in many regions of Russia the urgent task of obtaining bricks, especially facing, from rocks with a low content of clay fractions. The problem can be solved by using the semi-dry pressing method. It is recommended to clarify the ceramic crock by introducing finely ground chalk in combination with a reinforcing additive wollastonite. The composition of the mixture was selected by the method of rational planning of the experiment. The introduction of additives in the optimal dosage made it possible to obtain: the cream color of the crock from red-baked clay raw materials with compressive strength of 49.5 MPa and water absorption of 10.5 wt.%. In this case, it is necessary to strictly control the dosage of chalk, as exceeding it above the optimum leads to a decrease in tensile strength and an increase in water absorption. Thus, based on raw materials with a clay particle content of only 6.8 vol. % it is possible to obtain a front ceramic brick with a clarified shard.

Keywords: low-quality clay raw materials, semi-dry pressing, clarification of ceramic shards, additives of dispersed chalk and wollastonite.

1 Введение

Вследствие высоких механических и эстетических показателей мелкоштучных стеновых керамических изделий, высокой комфортности жилья, построенного из них, кирпич остается одним из самых востребованных изделий на сегодняшнем рынке стеновых материалов [1-3].

Анализ географии заводов по выпуску керамических стеновых изделий показал, что в Центральном федеральном округе сосредоточено до трети всех производственных мощностей, в Приволжье - 23 %, в Сибири – около 18 %. [4, 5]. В Сибири объем производства керамических стеновых материалов увеличивается, при этом доля кирпича достигает 82 %, что больше, чем в других федеральных округах [6].

Однако для изготовления керамических стеновых изделий во многих регионах существует нехватка глинистого сырья с высоким содержанием глинистых частиц [7-9]. Так большая часть глинистых пород Сибири и Красноярского края содержит малое количество глинистых частиц и большое количество пылеватых частиц, что приводит к появлению трещин при сушке и снижает их спекаемость при низких температурах обжига изделий [10]. Вместе с тем А.Е. Бурученко с соавторами выполнена работа, показывающая, что при содержании в шихте на основе легкоплавкой глины более 20 мас. % карбоната кальция при обжиге инициируется образование волластонита. Игольчатые кристаллы волластонита армируют керамический черепок, придавая ему высокие физико-механические свойства [11].

Ивлева И.А. утверждает, что при добавлении в краснойжгущую глину волластонита уменьшается воздушная и огневая усадка путем создания условий для удаления газов из черепка в результате чего образуется структура микроармированная (см. рисунок 1) новообразованиями анортита, волластонита, диопсида, α-тридимита, что улучшает физико-механические свойства керамики по сравнению с контрольными составами [12, 13].

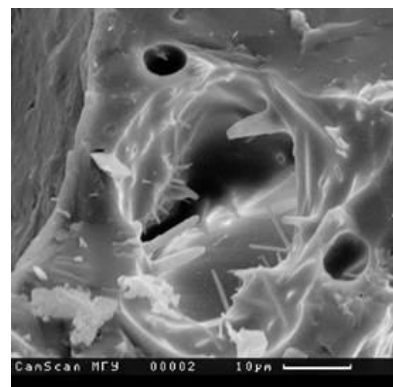


Рисунок 1 – Микрофотография образца композита

В условиях отсутствия высококачественного глинистого сырья для производства изделий пластического формования, предлагается создание новых и модернизация существующих заводов полусухого прессования кирпича [14, 15]. В технологическую схему предприятий Гуров Н.Г. [14] рекомендует включение измельчительно-сушильной установки (ИСУ), в которой происходит сушка, помол и механотермическая активация сырья. В результате за счет частичной дегидратации глинистой породы снижается ее чувствительность к сушке и устраняется вредное влияние карбонатных включений при их содержании до 20 мас. % [9, 16]. Сырье, активированное в ИСУ, гранулируется в турболопастных смесителях-грануляторах, что позволяет увеличить прочность керамического черепка, снизить водопоглощение и повысить морозостойкость [17]. В смесители-грануляторы можно при необходимости вводить дополнительные компоненты. Из смесителей-грануляторов отформованные гранулы поступают в расходные бункеры, установленные над прессами. После выталкивания из пресс-формы сырец подается на конвейер-накопитель. Робот-пакетировщик формирует пакеты с сырцом на обжиговых вагонетках, подсушка которых осуществляется в предпечи-накопителе, а обжиг – в туннельных печах [14].

Н.Г. Гуров утверждает, что завод III поколения позволит производить качественный лицевой кирпич, в том числе объемного окрашивания [14]. Последний, как известно более долговечен по сравнению с двухслойным, ангобированным, глазурированным [18].

Таким образом, целью работы явилось получение высококачественных стеновых керамических материалов полусухого прессования с осветленным черепком на основе низкокачественного краснойжгущего глинистого сырья.

2 Сырьевые материалы

В исследованиях использовалась глинистая порода Клешихинского месторождения, являющаяся сырьевой базой производства кирпича пластического формования на ОАО

«ЗСМ-7» г. Новосибирска. Предприятие является старейшим производителем этого вида изделий, введенным в строй в 50-е годы XX века. В таблице 1 приведено изменение химического состава сырья, определенное в различные годы.

Таблица 1 – Химический состав глинистого сырья

Содержание оксидов, % по сухой массе							
SiO ₂	Al ₂ O ₃ +TiO ₂	Fe ₂ O ₃ +FeO	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	п.п.п.
62,50-64,29	13,93-11,45	5,20-4,83	6,11-5,10	2,30-2,34	следы-1,01	3,00-0,62	6,90-9,85

Рентгенограммы глинистого сырья представлены на рисунке 2. Кривые комплексного термического анализа (см. рисунок 3) показали, что термоэффекты, полученные при нагревании сырья, соответствуют следующим процессам:

- удалению адсорбированной воды при температуре 95 °С;
- дегидратации гидрослюд - 275 °С;
- дегидратации вероятно каолинита, монтмориллонита и гидрослюд - 500 - 580 °С;
- превращение α-кварца в β-кварц - 580 °С;
- диссоциация карбонатов - 740 °С;
- вероятно, окисление FeO до Fe₂O₃ и переход γ-Fe₂O₃ в α-Fe₂O₃ - 830-900 °С;
- разрушение решетки гидрослюд - 940 °С;
- кристаллизация аморфных продуктов разложения глинистых минералов – 1000 °С.

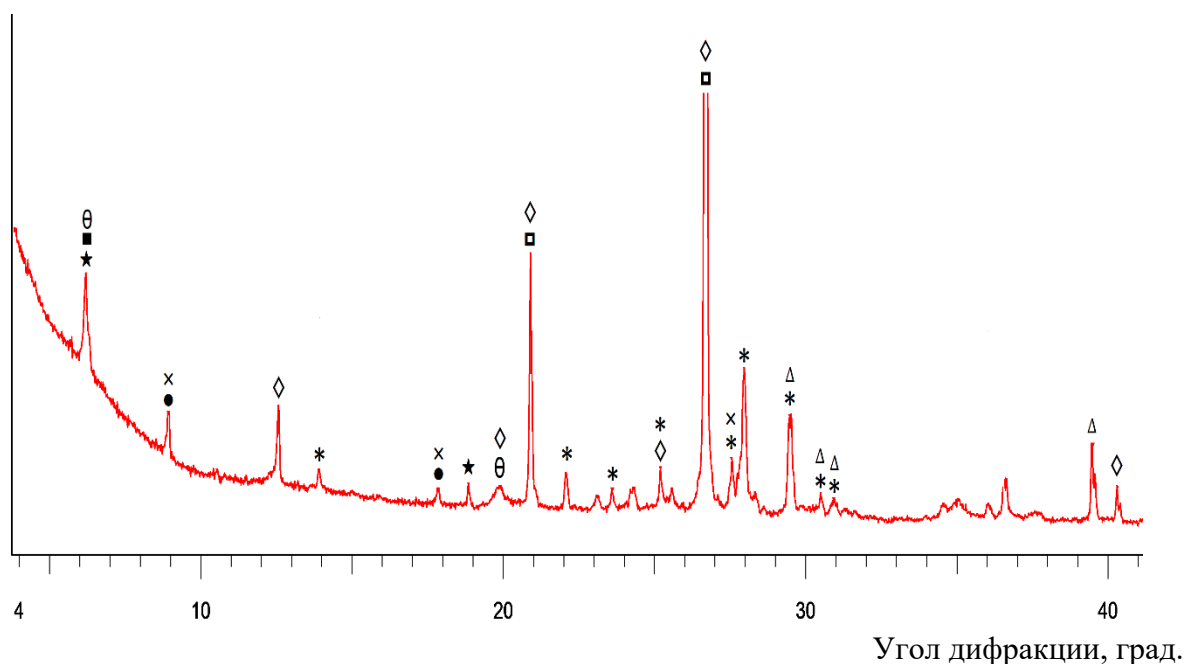


Рисунок 2 – Рентгенограмма глинистой породы:

Δ - карбонаты, * - хлорит, ▣ - смешанно-слойные минералы, • - гидрослюды, ◇ - каолинит, ◻ - кварц, ◊ - кальцит, * - альбит, θ - монтмориллонит, × - мусковит.

Таким образом, порода Клешихинского месторождения характеризуется как полиминеральное закарбонизованное сырье. Глинистые минералы представлены гидрослюдами с примесью каолинита, монтмориллонита, смешанно-слойными минералами, хлоритом; в качестве примесей присутствуют кварц, альбит, мусковит, карбонаты. При этом по усиленному удалению адсорбированной и межпакетной воды в ранний период подъема температуры можно судить о предрасположенности сырья к образованию трещин при сушке. В таблице 2 приведены состав и технологические свойства сырья в период с 1965 по 2010 годы.

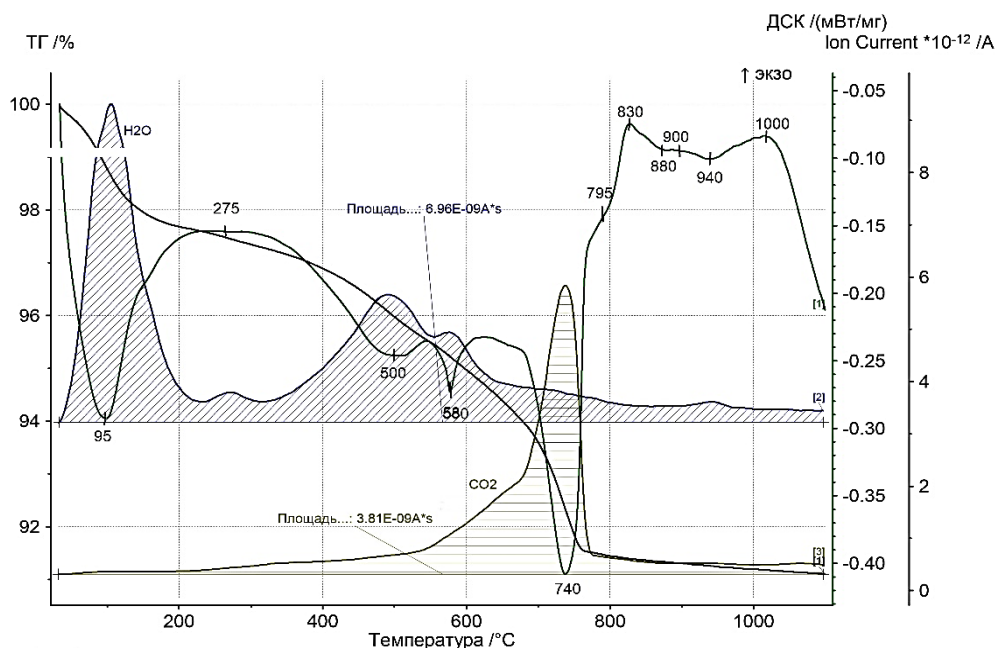


Рисунок 3 – Кривые комплексного термического анализа

Таблица 2 – Гранулометрический состав и дообжиговые свойства сырья

Год	Гранулометрический состав			Число пластичности			Линейная усадка, %	
	50 мкм – 1000 мкм	5 – 50 мкм	менее 5 мкм	ϕ_1 , %	ϕ_2 , %	П	воздушная	общая
1965*	11,75	77,75	10,50	35,2	15,4	19,8	6,2	6,9
2008	19,45	74,32	6,23	28,0	12,1	15,9	6,8	7,4
2010	19,45	75,19	6,81	27,5	12,3	15,2	5,9	6,1

Примечание: результаты 1965 года взяты по литературным источникам [19].

Анализ данных, приведенных в таблице 2, показал, что в глинистом сырье в течение времени снижается максимальная молекулярная влагоемкость (ММВ, ϕ_2) и содержание глинистых частиц. Высокая дисперсность пылеватых частиц при этом приводит к несоответствию между достаточной пластичностью (П) и низкой ММВ. По мнению Книгиной Г.И. [19] все это объясняет высокую величину брака при сушке в заводских условиях (ОАО «ЗСМ-7»). В связи с указанными особенностями глинистого сырья предпочтительным способом формования является полусухое прессование.

В качестве добавок использовались:

- осветляющая добавка – мел МТД-2 производства АО «МелСтром», изготавливаемый по ТУ 5743-008-05720542-96, содержащий 96,84 мас. % углекислого кальция;
- микроармирующая добавка – волластонит (однокальциевый силикат), рудник «Веселый» республика Алтай.

В таблицах 3 и 4 приведены химический состав волластонита и его физико-технические свойства. На рисунке 4 представлена игольчатая структура дисперсного волластонита.

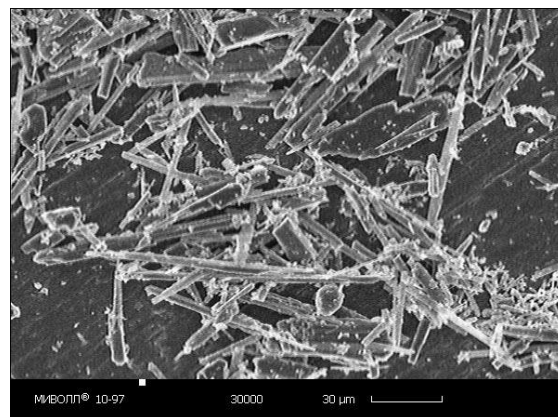


Рисунок 4 - Структура дисперсного волластонита

Таблица 3- Химический состав волластонита

Содержание оксидов, % по массе					
SiO ₂	Al ₂ O ₃ +TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	п.п.п
47,1	3,9	2,4	45,2	0,3	0,90

Таблица 4 - Физико-технические свойства волластонита

Плотность, кг/м ³		Твердость по Моосу	Удельная поверхность, м ² /кг	Степень белизны, %
истинная	насыпная			
2870	1450	4,5	250	78,1

3 Методы исследования

Гранулометрический состав глинистого сырья определяли по методу Б.И. Рутковского. Пластичность устанавливали следующим образом: верхний предел (ϕ_1 , мас. %) при помощи балансного конуса, нижний предел – по значению ММВ (ϕ_2 , мас. %). Число пластичности – как разность между ϕ_1 и ϕ_2 .

Минеральный состав глинистого сырья установлен с помощью термогравиметрического и комплексного термического методов. Комплексный термический анализ проведен на термоанализаторе NETZSCH STA 449F1 в аргоне, скорость съёмки 10 °С/мин. Физико-технические свойства волластонита установлены по общепринятым методикам, степень белизны – на блескомере путем сравнения с эталоном.

Технология изготовления керамических образцов полусухого прессования заключалась в следующем. Высушенное глинистое сырье подвергалось механоактивации в шаровой мельнице. После чего в него вводились добавки и смесь перешивалась сначала в сухом состоянии, а затем во влажном. Полученный пресс-порошок гранулировался и расфасовывался на пробы по 80 г. Затем из проб изготавливались образцы диаметром 40 мм. При этом образцы прессовались в две стадии: первая стадия – давление прессования составляло 50 % от требуемого и на второй стадии оно поднималось до требуемого значения. Отформованные образцы подвергались сушке по общепринятой методике: трое суток – под влажной тканью, затем одни сутки без нее и затем в сушильном шкафу при температуре 100 – 105 °С. Обжиг производился в лабораторной электропечи в течение 8 часов с выдержкой при максимальной температуре 1 час.

Для определения оптимальных технологических параметров использовался метод рационального планирования эксперимента. За факторы варьирования при этом приняты: количество осветляющей добавки (X_1), температура обжига (X_2), влажность пресс-порошка (X_3) и давление прессования (X_4). При этом содержание осветляющей добавки составляло 25, 30 и 35 мас. %; температура обжига – 950, 1000 и 1050 °С; влажность пресс-порошка – 8, 10, и 12 мас. %; давление прессования – 15, 20 и 25 МПа. За отклики принимались: средняя плотность, прочность при сжатии и водопоглощение керамического черепка. Методика рационального планирования была предложена М.М. Протоdjяконовым и Р.И. Тедером [20] и развита А.Н. Атласовым. При этом предполагалось, что технологический процесс описывается уравнением:

$$y = F(X_1)i + F(X_2)j + F(X_3)k + F(X_4)n,$$

где $F(X_1)i$, $F(X_2)j$, $F(X_3)k$, $F(X_4)n$ – вклад каждого фактора в значение отклика.

Для проверки соответствия принятой модели реальному процессу, осуществлялись контрольные замесы в отдельных точках матрицы и устанавливались фактические расчетные значения откликов.

4 Результаты экспериментов

В таблице 5 приведены свойства обожженных образцов в точках матрицы планирования, которые математически обрабатывались для получения вкладов каждого фактора (см. таблицы 6 – 8) в значения отклика (свойства образцов). При этом для нивелирования отрицательного действия карбонатной осветляющей добавки (мела) на прочность и водопоглощение обожженных образцов в шихту дополнительно вводилось 10 % дисперсного волластонита.

Таблица 5 - Свойства обожженных образцов

Состав по матрице					Свойства обожженных образцов		
№ состава	содержание осветляющей добавки, мас. %	температура обжига, °C	влажность пресс-порошка, %	давление прессования, МПа	средняя плотность, кг/м³	прочность при сжатии, МПа	водопоглощение, %
1	25	1000	12	15	1950	33,3	13,2
2	25	1050	8	20	1900	28,9	14,3
3	25	950	10	25	1980	40,8	12,9
4	30	950	8	15	1850	21,7	16,3
5	30	1000	10	20	1800	32,2	14,6
6	30	1050	12	25	1720	12,8	20,2
7	35	1050	10	15	1690	9,4	21,6
8	35	950	12	20	1650	10,6	22,2
9	35	1000	8	25	1880	12,8	16,3

Примечание: содержание волластонита во всех составах принято 10 мас. % сверх 100 %.

Таблица 6 - Влияние изменения технологических параметров на прочность обожженных образцов

Факторы	Уровни		
	1	2	3
Содержание осветляющей добавки, мас. %	34,333	22,233	17,603
Температура обжига, °C	3,070	2,740	-5,810
Влажность пресс-порошка, мас. %	-3,260	-0,810	4,070
Давление прессования, МПа	-0,343	8,037	-7,693

Таблица 7 - Влияние технологических параметров на водопоглощение обожженных образцов

Факторы	Уровни		
	1	2	3
Содержание осветляющей добавки, мас. %	13,467	17,033	20,023
Температура обжига, °C	-1,221	-0,474	1,696
Влажность пресс-порошка, мас. %	0,192	0,196	-0,388
Давление прессования, МПа	0,296	-2,154	1,859

Таблица 8 - Влияние изменений технологических параметров на среднюю плотность обожженных образцов

Факторы	Уровни		
	1	2	3
Содержание осветляющей добавки, мас. %	1943	1790	1740
Температура обжига, °C	52	-1	-51
Влажность пресс-порошка, мас. %	6	-41	36
Давление прессования, МПа	2	52	-54

Анализ данных позволил выявить оптимальное количество добавок в шихте (осветляющей добавки - 25 %, волластонита - 10 %) и оптимальные технологические параметры (давление прессования – 20 МПа, влажность пресс-порошка – 12 %, температура

обжига – 1000 °С) с точки зрения обеспечения наилучших эксплуатационных показателей керамического черепка. При этом получен керамический черепок кремового цвета со средней плотностью 2000 кг/м³, прочность при сжатии – 49,2 МПа и водопоглощением – 10,4 %. Увеличение содержания в шихте мела на 5 % по сухой массе при сохранении остальных технологических параметров на оптимальных значениях, снизило среднюю плотность на 10 %, прочность – на 30,3 %, повысило водопоглощение на 14,8 %. Эти результаты свидетельствуют о необходимости строгого соблюдения дозировки отбеливающей добавки.

5 Выводы

В связи с дефицитом высококачественного глинистого сырья для производства кирпича актуальной является задача получения керамических стеновых изделий, отвечающих по качеству потребностям современного рынка. На отдельных этапах переработки сырья в готовые стеновые изделия необходимо исследовать их морозостойкость и использовать прогрессивные технологические решения:

- экспериментально установленную возможность получения лицевого керамического изделий с осветленным черепком на основе легкоплавкого глинистого сырья с низким содержанием глинистых фракций;
- необходимость введения в состав шихты упрочняющей добавки – дисперсного волластонита для повышения прочности при осветлении черепка мелом;
- необходимость строгого контролирования содержания отбеливающей добавки (мела), так как увеличение его количества сверх оптимального на 5 мас. % понижает прочность более чем на 30 % и повышает водопоглощение на 14,8 %;
- необходимость апробирования на конкретных видах глинистого сырья возможности формирования при обжиге упрочняющего компонента в виде волластонита.

Таким образом, на основе глинистого сырья с низким содержанием глинистых частиц возможно получение лицевого керамического изделий с осветленным черепком.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pishchulina V., Kotlyar V., Argun A. Integrated Cross-disciplinary Approach to Dating the Architectural Heritage Objects. Based on Abkhazia and Chechnya Architectural Monuments Dating back from 2nd to 11th Centuries. 2nd International Conference on Art Studies: Science, Experience, Education (ICASSEE 2018) «Advances in Social Science, Education and Humanities Research». Vol. 284. Pp. 613–617. <https://doi.org/10.2991/icassee-18.2018.121>.
2. Pishchulina V., Kotlyar V., Argun A. Modern techniques of research of medieval lime mortars for carrying out dating of monuments (on the example of objects of Abkhazia of the 2-11th c.). Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics (TPA-CEE 2018). 2019. Vol. 91. Article Number 02006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199102006>.
3. Vereshchagin V.I., Khabas T.A., Proskurdina O.A., Starosvetkiy S.I., Proskurdin D.V. Increase in strength of porous alumina ceramic by additives of aluminum oxide nanopowder // Inorganic Materials: Applied Research. 2016. T. 7. No 1. Pp. 29-33. <https://doi.org/10.1134/S2075113316010275>.
4. Тематические новости: «Рынок керамики, керамогранита и кирпича РФ» [Электронный ресурс]. <http://infoline.spb.ru/shop/Tematicheskie-novosti/page.php?ID=151971> (Дата обращения: 28.10.2019).
5. Буйко О.В., Котенёва П.И. Анализ и тенденции развития рынка строительства и производства стеновых строительных материалов // Ползуновский альманах. 2017. № 4. Т. 2. С. 20-24.
6. Stolboushkin A., Fomina O., Fomin A. The investigation of the matrix structure of ceramic brick made from carbonaceous mudstone tailings. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 124. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/124/1/012143.2016/>
7. Тацки Л.Н., Ильина Л.В., Филин Н.С. Технологические принципы повышения качества керамического кирпича полусухого прессования из низкокачественного сырья // Известия вузов. Строительство. 2019. № 7. С. 35- 49. <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2019-727-7-35-48>.
8. Stolboushkin A., Akst D., Fomina O., Ivavov A. Structure and properties of ceramic brick colored by manganese-containing wastes. 4th international young researchers conference on youth, science solutions: ideas and prospects. 2017. P. 02009. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201714302009>.
9. Guryeva V.A., Doroshin A.V. Building Ceramics Based on Carbonate-Containing Raw Materials // Solid State Phenomena. 2018. Vol. 284. Pp. 910–915. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.284.910>.

10. Kazantseva L.K., Rashchenko S.V. Chemical processes during energy-saving preparation of lightweight ceramics // *Journal of the American Ceramic Society*. 2014. Vol. 97. No. 6. Pp. 1743–1749. <https://doi.org/10.1111/jace.12980>.
11. Бурученко А.Е., Харук Г.Н., Мушарапова С.И., Сергеев А.А. Влияние карбоната кальция на формирование фазового состава керамики на основе легкоплавких и тугоплавких глин при обжиге // *Известия вузов. Строительство*. 2018. №2. С. 21-29.
12. Ивлева И.А., Панова О.А. Технологические приемы получения теплоэффективных керамических материалов из некондиционного глинистого сырья // *Стекло и керамика*. 2018. № 3. С. 19-22.
13. Ivleva I.A., Besedin P.V., Nemets I.I., Andrushhak S.V. Influence of mineralogy of clays on structural and textural features of the heat effective composite material // *Research Journal of Applied Sciences*. 2014. Vol. 9. No. 11. Pp. 733-737. <https://doi.org/10.3923/rjasci.2014.733.737>.
14. Гуров Н.Г. Заводы керамических стеновых материалов III поколения как современная база жилищного строительства в Российской провинции // *Строительные материалы*. 2011. №4. С. 6-8.
15. Guryeva V.A., Doroshin A.V., Dubineckij V.V. Ceramic bricks of semi-dry pressing with the use of fusible loams and non-traditional mineral raw materials // *Solid State Phenomena*. 2019. Vol. 299, Pp. 252–257. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.299.252>.
16. Brook R.I. Principles for the production of ceramics with improved chemical characteristics // *British Ceramic Society*. 1982. No. 32.
17. Столбоушкин А.Ю. Теоретическое и технологическое обоснование процесса грануляции дисперсных компонентов при получении керамического кирпича // *Известия вузов. Строительство*. 2008. № 5. С. 41-47.
18. Альперович И.А. Керамические стеновые и теплоизоляционные материалы в современном строительстве // Дайджест публикаций журнала «Строительные материалы» за 1996-2002 г.г. по тематике: «Керамические строительные материалы». 2003. С. 7-12.
19. Книгина Г.И. Улучшение технологических свойств сибирских суглинков. Новосибирск: Зап.-Сиб. Книжное изд-во, 1966. 74 с.
20. Протодяконов М.М., Тедер Р.И. Методика рационального планирования экспериментов. М.: Наука. 1970. 76 с.

REFERENCES

1. Pishchulina V., Kotlyar V., Argun A. Integrated Cross-disciplinary Approach to Dating the Architectural Heritage Objects. Based on Abkhazia and Chechnya Architectural Monuments Dating back from 2nd to 11th Centuries. 2nd International Conference on Art Studies: Science, Experience, Education (ICASSEE 2018) «Advances in Social Science, Education and Humanities Research». Vol. 284. Pp. 613–617. <https://doi.org/10.2991/icassee-18.2018.121>.
2. Pishchulina V., Kotlyar V., Argun A. Modern techniques of research of medieval lime mortars for carrying out dating of monuments (on the example of objects of Abkhazia of the 2-11th c.). Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics (TPA-CEE 2018). 2019. Vol. 91. Article Number 02006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199102006>.
3. Vereshchagin V.I., Khabas T.A., Proskurdina O.A., Starosvetskiy S.I., Proskurdin D.V. Increase in strength of porous alumina ceramic by additives of aluminum oxide nanopowder. *Inorganic Materials: Applied Research*. 2016. T. 7. No 1. Pp. 29-33. <https://doi.org/10.1134/S2075113316010275>.
4. Tematicheskie novosti: «Rynok keramiki, keramogranita i kirpicha RF» [Thematic news: “The market of ceramics, porcelain stoneware and brick of the Russian Federation”] [Online]. <http://infoline.spb.ru/shop/Tematicheskie-novosti/page.php?ID=151971> (date of the application: 28.10.2019). (rus)
5. Buiko O.V., Koteneva P.I. Analiz i tendencii razvitiya rynka stroitel'stva i proizvodstva stenovykh stroitel'nykh materialov [Analysis and development trends of the construction market and production of wall building materials]. *Polzunovsky Almanac*. 2017. No. 4. Vol. 2. Pp. 20-24. (rus)
6. Stolboushkin A., Fomina O., Fomin A. The investigation of the matrix structure of ceramic brick made from carbonaceous mudstone tailings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2016. Vol. 124. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/124/1/012143.2016/>
7. Tacky L.N., Ilyina L.V., Filin N.S. Tekhnologicheskie principy povysheniya kachestva keramicheskogo kirpicha polusuhogo pressovaniya iz nizkokachestvennogo syr'ya [Technological principles for improving the quality of semi-dry pressed ceramic bricks from low-quality raw materials]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2019. No. 7. Pp. 35-49. <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2019-727-7-35-48>. (rus)
8. Stolboushkin A., Akst D., Fomina O., Ivavov A. Structure and properties of ceramic brick colored by manganese-containing wastes. 4th international young researchers conference on youth, science solutions: ideas and prospects. 2017. P. 02009. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201714302009>.
9. Guryeva V.A., Doroshin A.V. Building Ceramics Based on Carbonate-Containing Raw Materials. *Solid State Phenomena*. 2018. Vol. 284. Pp. 910–915. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.284.910>.

10. Kazantseva L.K., Rashchenko S.V. Chemical processes during energy-saving preparation of lightweight ceramics. *Journal of the American Ceramic Society*. 2014. Vol. 97. No. 6. Pp. 1743–1749. <https://doi.org/10.1111/jace.12980>.
11. Buruchenko A.E., Kharuk G.N., Musharapova S.I., Sergeev A.A. Vliyanie karbonata kal'ciya na formovanie fazovogo sostava keramiki na osnove legkoplavkih i tugo-plavkih glin pri obzhige [The effect of calcium carbonate on the formation of the phase composition of ceramics based on low-melting and refractory clays during firing]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2018. No. 2. Pp. 21–29. (rus)
12. Ivleva I.A., Panova O.A. Tekhnologicheskie priemy polucheniya teploeffektivnykh keramicheskikh materialov iz nekonditsionnogo glinistogo syr [Technological methods for producing heat-efficient ceramic materials from substandard clay raw materials]. *Steklo i keramika*. 2018. No. 3. Pp. 19–22. (rus)
13. Ivleva I.A., Besedin P.V., Nemets I.I., Andrushhak S.V. Influence of mineralogy of clays on structural and textural features of the heat effective composite material // *Research Journal of Applied Sciences*. 2014. Vol. 9. No. 11. Pp. 733–737. <https://doi.org/10.3923/rjasci.2014.733.737>.
14. Gurov N.G. Zavody keramicheskikh stenovykh materialov III pokoleniya kak sovremennaya baza zhilishchnogo stroitel'stva v Rossijskoj provincii [Factories of ceramic wall materials of the III generation as a modern housing base in the Russian province]. *Stroitel'nyye materialy*. 2011. No. 4. Pp. 6–8. (rus)
15. Guryeva V.A., Doroshin A.V., Dubineckij V.V. Ceramic bricks of semi-dry pressing with the use of fusible loams and non-traditional mineral raw materials // *Solid State Phenomena*. 2019. Vol. 299, Pp. 252–257. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.299.252>. (rus)
16. Brook R.I. Principles for the production of ceramics with improved chemical characteristics. *British Ceramic Society*. 1982. No. 32.
17. Stolboushkin A.Yu. Teoreticheskoe i tekhnologicheskoe obosnovanie processa granulyacii dispersnykh komponentov pri po-luchenii keramicheskogo kirpicha [Theoretical and technological substantiation of the process of granulation of dispersed components upon receipt of ceramic brick]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2008. No. 5. Pp. 41–47. (rus)
18. Alperovich I.A. Keramicheskie stenovye i teploizolyacionnye materialy v sovremennom stroitel'stve [Ceramic wall and heat-insulating materials in modern construction]. Digest of publications of the magazine "Building Materials" for 1996–2002 by topic: "Ceramic building materials". 2003. Pp. 7–12. (rus)
19. Knigina G.I. Uluchshenie tekhnologicheskikh svoystv sibirskikh suglinkov [Improving the technological properties of Siberian loams]. Novosibirsk: West-Sib. Book Publishing House, 1966. 74 p. (rus)
20. Protodyakonov M.M., Teder R.I. Metodika racional'nogo planirovaniya eksperimentov [Methodology of rational planning of experiments]. Moscow: Nauka, 1970. 76 p. (rus)

Информация об авторах

Тацки Людмила Николаевна

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»,
г. Новосибирск, Россия,
кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры строительных материалов, стандартизации и сертификации.
E-mail: Tacky@sibstrin.ru

Ильина Лилия Владимировна

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»,
г. Новосибирск, Россия,
декан факультета инженерных и информационных технологий.
E-mail: l.ilina@sibstrin.ru

Information about authors

Tacky Lyudmila N.

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
candidate in tech. sc., docent, prof. of the dep. of Building Materials, Standardization and Certification.
E-mail: Tacky@sibstrin.ru

Iliina Liliia V.

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
doctor in tech. sc., prof., Dean of the Faculty of Engineering and Information Technology.
E-mail: l.ilina@sibstrin.ru