

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 174–184.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 174–184.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 666.3

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-174-184

EDN: OGKAOC

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КЛИНКЕРНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ЛЕГКОПЛАВКОГО И ТУГОПЛАВКОГО СЫРЬЯ СИБИРСКОГО РЕГИОНА

**Ольга Александровна Иванова, Марк Андреевич Семеновых,
Нелли Карповна Скрипникова**

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия*

Аннотация. *Актуальность.* В производстве керамических материалов и изделий клинкерная керамика превосходит традиционную керамику по механическим показателям, долговечности и устойчивости к внешним воздействиям. Однако себестоимость продукции играет решающую роль в целесообразности производства клинкерной керамики, поэтому ключевой задачей в производственной цепочке становится подбор доступного местного сырья.

Целью работы является исследование сырья Сибирского региона и апробация его для получения клинкерной керамики.

В работе описан опыт использования сырья Сибирского региона в виде легкоплавкой красножгущейся глины Воронинского месторождения, тугоплавкой светложгущейся глины Кайлинского месторождения и минеральной добавки альбитофир для получения клинкерной керамики.

Результаты. Исследованы свойства сырьевых материалов. Обоснованы и представлены компонентные составы для получения на их основе клинкерной керамики. Определены технологические свойства компонентой шихты и обожженных образцов, полученных на их основе. Установлено, что обжиг шихты состава: воронинская глина – 45 %, кайлинская глина – 40 %, альбитофир – 15 % при температуре 1100 °С с выдержкой 8 ч позволяет получить клинкерную керамическую продукцию, черепок которой имеет величину водопоглощения 2,70–2,98 %.

Ключевые слова: керамика, сырье, керамический кирпич, клинкерный кирпич, отощитель, альбитофир

Для цитирования: Иванова О.А., Семеновых М.А., Скрипникова Н.К. Исследование свойств клинкерной керамики на основе легкоплавкого и тугоплавкого сырья Сибирского региона // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 174–184. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-174-184. EDN: OGKAOC

ORIGINAL ARTICLE

PROPERTIES OF CLINKER CERAMICS BASED ON LOW- AND HIGH-MELTING RAW MATERIALS FROM THE SIBERIAN REGION

Olga A. Ivanova, Mark A. Semenovych, Nelly K. Skripnikova
Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. In the production of ceramic materials and products, clinker ceramics leaves behind traditional ceramics in mechanical properties, durability and resistance to external influences. However, the production cost plays a crucial role in feasibility of clinker ceramics production, so the key task in the production chain is a selection of available local raw materials.

Purpose: The aim of this work is to study raw materials from the Siberian region and their testing to produce clinker ceramics. The paper describes the experience of using raw materials in the form of low-melting red-burning clay from the Voroninsky deposit, refractory light-burning clay from the Kailinsky deposit and mineral additive albitophyre for the clinker ceramics production.

Research findings: Raw materials properties are studied to obtain clinker ceramics with specific composition. Technological properties of mixture components and calcinated ceramics are determined. It is shown that calcination of mixture components (45 % of clay from Voroninsky deposit, 40 % of clay from Kailinsky deposit, 15 % of albitophyre) at 1100 °C for 8 hours, allows to produce clinker ceramic products with the ceramic body water absorption of 2.70 to 2.98 %.

Keywords: ceramics, raw materials, ceramic brick, clinker, nonplastic material, albitophyre

For citation: Ivanova O.A., Semenovych M.A., Skripnikova N.K. Properties of Clinker Ceramics based on Low- and High-Melting Raw Materials from the Siberian Region. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 174–184. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-174-184. EDN: OGKAOC

Керамика – это изделия и материалы, получаемые спеканием глин и их смесей с минеральными добавками, а также оксидов и других неорганических соединений. Существует несколько видов керамики: грубая керамика, фарфор, фаянс, майолика, огнеупорная керамика, художественная керамика и один из подвидов грубой керамики – клинкерная.

В клинкерной керамике, в отличие от обычной, используются определенные виды сырья, которые позволяют получить плотный, спечённый черепок с минимальным количеством пор и максимальными физико-механическими показателями. К клинкерному сырью относят различные глины, спекающие добавки – полевые шпаты, фельзиты, диориты, гранодиориты и т. д. Необходимо также учесть, что производство клинкерной керамики всегда происходит при вы-

соких температурах, существенно превышающих температурные режимы производства обычной керамики. Так, обжиг строительного кирпича осуществляется в диапазоне от 980 до 1020 °С, а клинкерной керамики – от 1080 до 1200 °С.

Клинкер – это керамические изделия, обожженные до высокой степени спекания черепка без остеклования поверхности и без признаков деформации.

В настоящее время керамику можно определить как совокупность изделий, обладающих общими признаками. Керамические изделия изготавливают из одного либо нескольких природных или техногенных неорганических неметаллических материалов путем их предварительного дробления, измельчения и перемешивания с добавлением при необходимости связующих и иных компонентов. Далее следует формование полуфабриката из полученных масс (порошкообразных, тестообразных или жидкотекучих) и завершающая термическая обработка, обеспечивающая получение готовых изделий с заданной структурой, фазовым составом и свойствами. Свойства керамики определяются ее составом, структурой и пористостью. К примеру, основные свойства традиционно получаемых керамических материалов, относящихся к грубой керамике [1]:

- средняя плотность – 1600–1900 кг/м³;
- водопоглощение – для пористой керамики в диапазоне 8–12 % по массе;
- теплопроводность в зависимости от пористости и химического состава – 0,9–0,2 Вт/(м·К);
- прочность при сжатии – 125–200 МПа.

В отличие от грубой керамики, клинкерная керамика имеет следующие свойства [2]:

- средняя плотность – 2200–2400 кг/м³;
- водопоглощение – 0,5–6 % по массе;
- теплопроводность в зависимости от пористости и химического состава – 1,5–1,0 Вт/(м·К);
- прочность при сжатии – 200–300 МПа.

Такие различия в свойствах объясняются разной структурой технической и клинкерной керамики, что обуславливает их область применения. Клинкерную керамику применяют в агрессивных средах. В строительной отрасли это места повышенного воздействия окружающей среды: тротуары, устройство полов, парапеты, примыкания к фундаментам, заборы и т. д. В металлургии изготавливают элементы футеровки плавильных печей. В ландшафтном дизайне клинкерная керамика – материал для воплощения любых идей: от облицовки бассейнов до изготовления парковых декоративных конструкций.

Согласно нормативным документам, клинкерные виды продукции бывают следующих видов: 1) кирпич клинкерный: согласно ГОСТ 530–2012, это изделие, имеющее высокую прочность и низкое водопоглощение, обеспечивающее эксплуатационные характеристики кладки в сильно агрессивной среде и выполняющее функции декоративного материала; 2) клинкерная плитка – это керамогранит, согласно ГОСТ 13996–2019; 3) клинкерный кирпич для мощения: согласно ГОСТ 32311–2012, это изделие определенной формы и размера, применяемое для мощения и изготавливаемое из глины или глинистых материалов со спекающимися добавками (полевые шпаты, фельзиты, диориты, гранодиориты) или без них.

Целью работы является исследование сырья Сибирского региона и апробация его для получения клинкерной керамики.

Для подбора составов клинкерной керамики в рамках работы использовались следующие виды глинистого сырья: легкоплавкая красножгущаяся глина Воронинского месторождения и тугоплавкая светложгущаяся глина Кайлинского месторождения, а также минеральная добавка альбитофир, являющаяся отходом щебеночного производства ОАО «Каменский карьер» (Новосибирская обл.) [3], и кварцевый песок Кудровского месторождения. Перед началом работы над клинкерными составами было проведено исследование свойств глин, а именно гранулометрического, химического и минералогического составов. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Гранулометрический состав глинистого сырья,
приведенный к тройной диаграмме распределения частиц**

Table 1

Clay particle size reduced to the triangular diagram

Вид сырья	Содержание, % фракции размером, мм			Классификация по Охотину
	Песчаные (1–0,06 мм)	Пылеватые (1–0,06 мм)	Глинистые (менее 0,005 мм)	
Глина Кайлинского месторождения	9,09	27,25	63,66	Глина пылеватая
Глина Воронинского месторождения	16,29	45,37	38,34	Глина пылеватая

Из данных табл. 1 следует, что глина Кайлинского месторождения более пластичная и менее запесоченная, чем воронинская.

При нанесении на тройную диаграмму Охотина (рис. 1) глинистое сырье Кайлинского месторождения относится к глинам (т. 1), Воронинского месторождения – к пылевато-глинистым суглинкам (т. 2), что характеризует их как сырье, пригодное для производства керамического кирпича, керамзита и керамической плитки.

Химический состав глинистого сырья характеризуется содержанием оксидов, выраженных в процентах по массе (табл. 2).

По данным табл. 2 химический состав глины Кайлинского месторождения по содержанию Al_2O_3 классифицируется как полукислое глинистое сырье (21,75 %), по суммарному содержанию оксида кальция и магния – с низким содержанием карбонатных примесей (0,94 %), по содержанию оксида TiO_2 – с высоким содержанием красящих оксидов (3,51 %).

Глина Воронинского месторождения по содержанию оксида алюминия близка к полукислым и кислым глинистым породам (14,53 %), по содержанию красящего оксида Fe_2O_3 также является глиной с высоким содержанием (4,27 %) красящих оксидов. Однако из-за преобладания оксида железа над оксидом титана в пробе Воронинской глины можно сделать вывод, что она является красножгущейся. В отличие от глины Кайлинского месторождения, глина Воронинского месторождения по суммарному содержанию $CaO+MgO$ является глиной с высоким содержанием карбонатов.

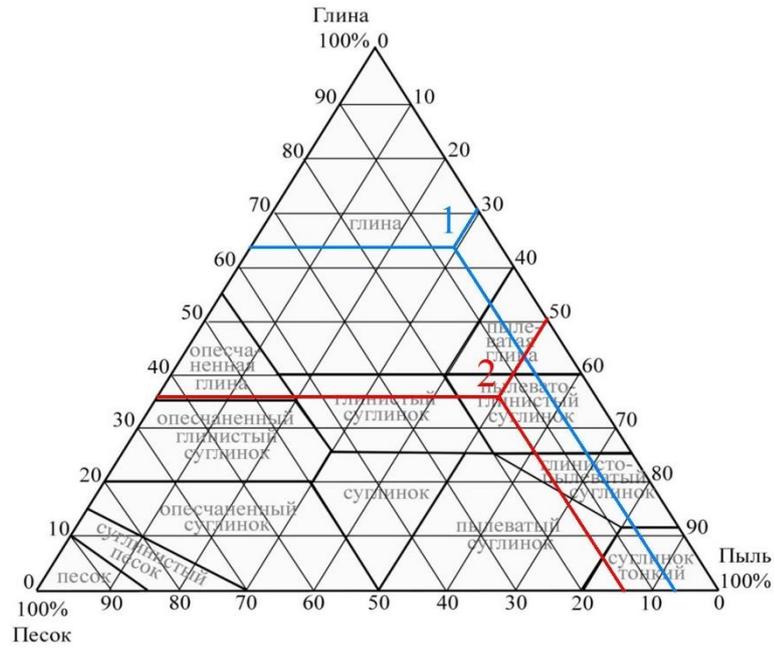


Рис. 1. Положение точек гранулометрического состава глинистого сырья Кайлинского (1) и Воронинского (2) месторождений

Fig. 1. Triangular diagram of clay particle size from Kailinsky (1) and Voroninsky (2) deposits

Таблица 2

Химический состав проб глинистого сырья Кайлинского и Воронинского месторождений

Table 2

Chemical composition of clay samples from Kailinsky and Voroninsky deposits

Вид сырья	Содержание оксидов, масс. %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Δm _{прк}
Глина Кайлинского месторождения	61,87	21,75	3,51	0,86	0,01	0,64	0,30	0,81	0,75	9,50
Глина Воронинского месторождения	66,57	14,53	0,84	4,27	0,09	2,48	0,53	2,07	1,65	6,97

Минеральный состав глины Кайлинского месторождения состоит из каолинита (Al₂O₃·2SiO₂) и гидрослюды типа иллита (0,2 K₂O·Al₂O₃·3SiO₂·1,5H₂O).

В глине Воронинского месторождения основным глинообразующим минералом является монтмориллонит, также присутствует минерал каолинит. Особенностью глины является присутствие натриевых и калиевых полевых шпатов (альбит и ортоклаз).

Для клинкерных составов использовалось несколько видов отощителя: кварцевый песок Кудровского месторождения и минеральная добавка альбитофир.

Кварцевый песок Кудровского месторождения, согласно ГОСТ 8736–2014 «Песок для строительных работ. Технические условия», по модулю крупности относится к группе мелких или очень мелких песков ($M_k = 1,47–1,60$), по остатку на сите № 063 – к группе очень мелких песков. Насыпная плотность данного песка – $1,3–1,5 \text{ г/см}^3$, влажность – от 5 до 8 % [4].

Альбитофир – отход камнедробления горных пород, полученный из систем путем пылеулавливания. Данный вид сырья относится к группе алюмосиликатов с высоким содержанием щелочных оксидов. Химический состав, выраженный в масс. %: $\text{SiO}_2 – 77,68$; $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 – 11,51$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 – 1,62$; $\text{CaO} – 1,68$; $\text{MgO} – 0,24$; $\text{Na}_2\text{O} – 5,4$; $\text{K}_2\text{O} – 0,48$. Минеральная добавка сложена в основном альбитом, кварцем и нефелином [3].

Для подбора шихт для клинкерной керамики были выбраны следующие составы, приведённые в табл. 3.

Таблица 3

Экспериментальные составы шихт для получения клинкерной керамики

Table 3

Experimental compositions of mixtures for clinker ceramics production

№ состава	Маркировка	Сырьевые материалы, %				$T_{\text{обж}}$, °C
		Глина Воронинского месторождения	Глина Кайлинского месторождения	Альбитофир (фр. менее 0,5 мм)	Песок Кудровского месторождения	
1	К-ЛК	45	40	15	–	1100
2	А-1	30	55	15	–	1100
3	П-1	40	40	–	20	1100

Из данных табл. 3 следует, что базовым являлся состав с шифром К-ЛК. Далее, в составе с шифром П-1 отощитель альбитофир заменили на кварцевый песок с шагом 5 %, а в составе с шифром А-1 альбитофир оставили без изменений, но выполнили регулировку процентного содержания глинистого сырья с шагом 15 %.

Формовочные параметры и результаты испытаний экспериментальных составов представлены в табл. 4–9.

Таблица 4

Технологические параметры составов серии К-ЛК

Table 4

Technological parameters of K-LK mixture compositions

Маркировка	Формовочная влажность, %	Остаток на сите 0,04, %	Линейная усадка, %		
			воздушная	огневая	общая
К-ЛК-1	19,91	17,02	6,0	3,56	9,56
К-ЛК-2	19,90		6,65	2,07	8,72
К-ЛК-3	19,96		6,35	2,06	8,41

В табл. 4 исследовались образцы базового состава К-ЛК с шифрами: К-ЛК-1, К-ЛК-2, К-ЛК-3. Определялись следующие показатели: формовочная влажность образцов, остаток на сите 0,04 сырьевой смеси, линейная усадка образцов.

Таблица 5

**Результаты физико-механических испытаний
экспериментальных составов серии К-ЛК**

Table 5

Physical and mechanical properties of experimental K-LK compositions

Маркировка	$m_{\text{форм}}$, Г	$m_{\text{сух}}$, Г	$p\text{-}p_{\text{сух}}$, мм	$m_{\text{обж}}$, Г	$p\text{-}p_{\text{обж}}$, мм	$m_{\text{нас}}$, Г	W , %
К-ЛК-1	69,52	55,68	47,00	52,29	45,33	53,845	2,98
К-ЛК-2	68,79	55,10	46,68	51,75	44,78	53,2	2,80
К-ЛК-3	67,58	54,09	47,33	50,75	46,35	52,1	2,7

Примечание. В таблице $m_{\text{форм}}$ – масса отформованного образца; $m_{\text{сух}}$ – масса сухого образца; $p\text{-}p_{\text{сух}}$ – размер между усачными метками на сухом образце, мм; $m_{\text{обж}}$ – масса обожжённого образца; $p\text{-}p_{\text{обж}}$ – размер между усачными метками на обожжённом образце, мм; $m_{\text{нас}}$ – масса водонасыщенного образца; W – водопоглощение образца.

В табл. 5 образцы базового состава К-ЛК исследовались на показатель водопоглощения, который является одним из основных для клинкерной керамики.

Анализируя результаты табл. 4 и 5 по составу К-ЛК, можем сделать следующие выводы:

– по данным табл. 4: состав К-ЛК имеет высокую усадку, средний показатель – 9,0 %;

– по данным табл. 5: все образцы состава К-ЛК соответствуют требованиям для клинкерной керамики [5]. Средний показатель водопоглощения составляет 2,83 %.

Для оценки визуальных характеристик образцов были сделаны фотографии состава К-ЛК, представленные на рис. 2.



Рис. 2. Фотографии образцов экспериментальных составов К-ЛК
Fig. 2. Photographs of experimental K-LK samples

На рис. 2 видно, что образцы имеют насыщенный красно-терракотовый цвет.

В табл. 6 и 7 приведены данные испытаний состава А-1, в котором от базового состава были изменены процентные содержания глинистого сырья с шагом 15 %, а отощитель был оставлен без изменения. Исследовались образцы с шифрами А-1 и А-2.

Таблица 6

Технологические параметры составов серии А

Table 6

Technological parameters of composition A

Маркировка	Формовочная влажность, %	Линейная усадка, %		
		воздушная	огневая	общая
А-1	24,27	7,1	1,83	8,93
А-2	24,17	7,1	2,48	9,58

В табл. 6 приведены результаты исследования образцов состава А-1, им были присвоены шифры А-1, А-2. Определялись следующие показатели: формовочная влажность образцов, остаток на сите 0,04 сырьевой смеси, линейная усадка образцов.

Таблица 7

Результаты физико-механических испытаний экспериментальных составов серии А

Table 7

Physical and mechanical properties of experimental composition A

Маркировка	$m_{\text{форм}}$, Г	$m_{\text{сух}}$, Г	$p\text{-}p_{\text{сух}}$, мм	$m_{\text{обж}}$, Г	$p\text{-}p_{\text{обж}}$, мм	$m_{\text{нас}}$, Г	W, %
А-1	65,755	49,795	46,45	46,804	45,6	51,25	8,67
А-2	65,63	49,771	46,45	46,767	45,3	50,8	8,62

В табл. 7 приведены результаты исследования образцов состава А-1 на показатель водопоглощения, который является одним из основных для клинкерной керамики.

Для оценки визуальных характеристик образцов были сделаны фото состава А-1, представленные на рис. 3.



Рис. 3. Фотографии образца экспериментального состава А-1

Fig. 3. Photographs of experimental composition A-1

На рис. 3 видно, что цвет образца имеет светлый песчаный оттенок.

Анализируя результаты табл. 6 и 7, а также рис. 3, можно констатировать, что при добавлении тугоплавкой светложгущейся глины в шихту происходит:

– снижение содержания оксида железа, черепок после обжига становится более светлым;

– увеличение усадки относительно результатов испытаний базового состава К-ЛК до среднего показателя 9,3 %;

– рост показателя водопоглощения относительно результатов испытаний базового состава К-ЛК до 8,65 %.

Следовательно, можно сделать вывод, что увеличение процента тугоплавкой глины Кайлинского месторождения на 15 % и снижение содержания легкоплавкой глины Воронинского месторождения на 15 % ухудшили спекание образца и не позволили достичь клинкерных показателей.

В табл. 8 и 9 приведены данные испытаний состава П-1, в которых от базового состава были изменены процентные содержания глинистого легкоплавкого сырья с шагом 5 % и заменен отощитель альбитофир на кварцевый песок. Исследовались образцы данного состава с шифрами П-1 и П-2.

Таблица 8

Технологические параметры составов серии П

Table 8

Technological parameters of composition P

Маркировка	Формовочная вл., %	Линейная усадка, %		
		воздушная	огневая	общая
П-1	21,01	4,86	1,79	6,65
П-2	21,00	3,2	1,82	5,02

В табл. 8 представлены результаты определения свойств образцов составов с шифрами П-1, П-2: формовочная влажность образцов, остаток на сите 0,04 сырьевой смеси, линейная усадка образцов.

Таблица 9

Результаты физико-механических испытаний экспериментальных составов серии П

Table 9

Physical and mechanical properties of experimental composition P

Маркировка	$m_{\text{форм}}$, Г	$m_{\text{сух}}$, Г	p - $p_{\text{сух}}$, ММ	$m_{\text{обж}}$, Г	p - $p_{\text{обж}}$, ММ	$m_{\text{нас}}$, Г	W , %
П-1	69,415	54,832	47,575	51,955	46,725	56,84	8,59
П-2	69,295	54,745	48,4	51,865	47,525	57,1	10,1

Для оценки визуальных характеристик образцов были сделаны фото состава А-1, представленные на рис. 4.

На рис. 4 видно, что цвет образца состава П-1 имеет красноватый терракотовый оттенок.



Рис. 4. Фотографии образца экспериментального состава П-1
Fig. 4. Photographs of experimental composition P-1

Анализируя результаты табл. 8, 9 и рис. 4, можно сделать следующие выводы: при замене отощителя альбитофир на кварцевый песок Кудровского месторождения цвет черепка относительно базового состава К-ЛК практически не изменился, усадка образцов снизилась, а показатель водопоглощения увеличился более чем в 3 раза от базового состава К-ЛК и составил 9,3 %. Из этого следует, что кварцевый песок выполняет только функцию отощителя, а альбитофир работает в составе как плавленый с образованием увеличенного количества стеклофазы [6].

Выводы

Таким образом, в процессе исследования установлено:

1. Базовый состав шихты под шифром К-ЛК (воронинская глина – 45 %, кайлинская глина – 40 %, альбитофир – 15 %) может быть использован для получения клинкерной керамической продукции согласно показателям ГОСТ 530–2012. На основе данного состава получен керамический черепок с водопоглощением 2,70–2,98 % при температурном режиме 1100 °С и выдержкой 8 ч.

2. Изменения в базовом составе процентного содержания глин и замены вида отощителя в составах П-1 и А-1 дали отрицательный результат: водопоглощение обожженного черепка составляет 8,59 и 8,67 % соответственно, что, согласно требованиям ГОСТ 530–2012, превышает допускаемую величину. Такие составы не могут быть использованы для получения клинкерной керамической продукции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Будников П.П., Балкевич В.Л., Бережной А.С. и др. Химическая технология керамики и огнеупоров. Москва : Стройиздат, 1972. 552 с.
2. Мустафин Н.Р., Ашмарин Г.Д. Клинкерная керамика на основе кремнеземистого сырья и техногенных отходов // Строительные материалы. 2006. № 1. С. 32–33. EDN: НТН1WL
3. Шоева Т.Е. Оценка влияния альбитофира на свойства керамического черепка // Современное строительство и архитектура. 2018. № 1 (09). С. 10–12. DOI: <https://doi.org/10.18454/мса.2018.09.3>
4. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Песок и гравий. Москва : Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 2007. 40 с.
5. Езерский В.А. Клинкер. Технология и свойства // Строительные материалы. 2011. № 4. С. 79–82. EDN: ОВНВUB

6. *Салахов А.М., Фасеева Г.Р., Гизатуллин Б.И. и др.* Клинкерная керамика: от лаборатории к промышленному производству // *Строительные материалы*. 2011. № 4. С. 60–62. EDN: OVBHBSD

REFERENCES

1. *Budnikov P.P., Balkevich V.L., Berezchnoy A.S., et al.* Chemical Technology of Ceramics and Refractories. Moscow: Stroyizdat, 1972. 552 p. (In Russian)
2. *Mustafin N.R., Ashmarin G.D.* Clinker Ceramics based on Siliceous Raw Materials and Technogenic Waste. *Stroitel'nye materialy*. 2006; (1): 254–255. EDN: HTHIWL (In Russian)
3. *Shoeva T.E.* Influence of Albitophyre on Ceramic Body Properties. *Sovremennoe stroitel'stvo i arkhitektura*. 2018; 1 (9): 10–12. DOI: 10.18454/mca.2018.09.3 (In Russian)
4. Methodological recommendations for application of classification of deposit reserves and probable resources of solid minerals. Sand and gravel, 2007. 40 p. (In Russian)
5. *Ezerskiy V.A.* Clinker. Technology and Properties. *Stroitel'nye materialy*. 2011; (4): 79–82. (In Russian)
6. *Salakhov A.M., Faseeva G.R., Gizatullin B.I., et al.* Clinker Ceramics: from Laboratory to Industrial Production. *Stroitel'nye materialy*. 2011; (4): 60–62. (In Russian)

Сведения об авторах

Иванова Ольга Александровна, аспирант, управляющий индивидуальный предприниматель группы кирпичных заводов FURBAU, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, Томск, пл. Соляная 2, olgarik2022@gmail.com

Семеновых Марк Андреевич, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, Томск, пл. Соляная 2, semenovykhmark@gmail.com

Скрипникова Нелли Карповна, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, Томск, пл. Соляная 2, nks2003@mail.ru

Authors Details

Olga A. Ivanova, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, olgarik2022@gmail.com

Mark A. Semenovykh, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, semenovykhmark@gmail.com

Nelly K. Skripnikova, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, nks2003@mail.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

The authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.02.2025
Одобрена после рецензирования 27.02.2025
Принята к публикации 04.03.2025

Submitted for publication 12.02.2025
Approved after review 27.02.2025
Accepted for publication 04.03.2025