

В.З. АБДРАХИМОВ¹, Д.В. АБДРАХИМОВ²

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗОЛОШЛАКОВОЙ СМЕСИ НА СУШИЛЬНЫЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО ОБРАЗЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

^{1, 2}ФГБОУ ВО Самарский государственный экономический университет, г. Самара, Россия

Аннотация. Многочисленные исследования показали, что регулирование и стабилизация сушки, при которой количество влаги удаляется в пределах 70%, в керамических изделиях осуществляется в основном за счет введения в глинистые композиции различные отощители, которые увеличивают расстояния межмолекулярное воздействие между глинистыми частицами, вследствие чего удаляется механически примешанная вода. **Цель работы:** исследовать влияние золошлаковой смеси на показатели сушки: водопроводность, усадку и механическую прочность керамического образца на основе техногенного сырья цветной металлургии – ГЦИ (глинистой части «хвостов» гравитации циркон-ильменитовых руд) с использованием регрессивного метода анализа. **Постановка задачи.** С учетом ограниченного во многих регионах России наличия качественных сырьевых материалов для получения керамических образцов использовались отходы энергетики и цветной металлургии без применения природного традиционного сырья. Введение в керамическую композицию в качестве отощителя золошлаковой смеси, которая не имеет усадку, способствует более равномерному по всему образцу распределению влаги, а затем ее плавному удалению во время сушки изделия. Золошлаковую смесь необходимо вводить в керамические массы для сокращения усадки при сушке, повышения влаговодности, но необходимо при этом учесть, что снижается прочность высушенного образца при сжатии. Увеличение содержания золошлаковой смеси в керамических композициях уменьшает ее пластичность. Повышение содержания золошлаковой смеси до 32% снижает пластичность до 9. Такая пластичность при формовании полуфабрикатов способствует появлению на них трещин (снижается у глинистого компонента связующая способность, что не позволяет формовать образцы без дефектов). Оптимальными составами для эффективной сушки образцов являются составы, содержащие 20-24% золошлаковой смеси. В настоящей работе использовался регрессионный метод анализа, дающий возможность выбрать необходимые модельные уравнения, которые помогут определить керамические массы, обладающие эффективными свойствами и для прогнозирования результатов, не вошедших в эксперимент.

Ключевые слова: золошлаковая смесь, сушильные свойства, ГЦИ, керамический образец, регрессионный метод анализа.

V.Z. ABDRAKHIMOV¹, D.V. ABDRAKHIMOV²

STUDY OF INFLUENCE OF ASH-SLAG MIXTURE ON DRYING PROPERTIES OF CERAMIC SAMPLE USING REGRESSION ANALYSIS METHOD

^{1, 2}Samara State University of Economics, Samara, Russia

Abstract. Numerous studies have shown that control and stabilization of drying, in which the amount of moisture is removed within 70%, in ceramic products is mainly due to the introduction of various absorbers into clay compositions, which increase the intermolecular distance between clay particles, as a result of which mechanically mixed water is removed. **The purpose of the work:** to study the effect of ash and slag mixture on drying indicators: plumbing, shrinkage and mechanical strength of a ceramic sample based on technogenic raw materials of non-ferrous metallurgy - GZI (clay part of the "tails" of gravity of zircon-ilmenite ores) using a regressive analysis method.

Task statement. *Given the limited availability of high-quality raw materials in many regions of Russia, energy waste and non-ferrous metallurgy without the use of natural traditional raw materials were used to obtain ceramic samples. The inclusion of a non-shrinkable ash-slag mixture in the ceramic composition contributes to a more uniform distribution of moisture throughout the sample and then to its smooth removal during drying of the article. The ash and slag mixture must be added to the ceramic masses to reduce shrinkage during drying, increase moisture conductivity, but it must be borne in mind that the compression strength of the dried sample decreases. Increase of ash-slag mixture content in ceramic compositions reduces its plasticity. Increasing the content of ash and slag mixture to 32% reduces ductility to 9. Such plasticity in the formation of semi-finished products contributes to the appearance of cracks on them (the binding ability of the clay component decreases, which does not allow forming samples without defects). Optimal compositions for efficient drying of samples are those containing 20-24% ash and slag mixture. In this work, a regression analysis method was used, which makes it possible to select the necessary model equations that will help determine ceramic masses with effective properties and to predict results that were not included in the experiment.*

Keywords: ash-slag mixture, drying properties, GZI, ceramic sample, regression analysis method.

Введение

Сушке керамического кирпича на протяжении уже более 2000 лет эволюции керамической промышленности уделяется огромное влияние, так как сушка является первостепенным и одним из решающих этапов всего технологического процесса. При сушке из кирпича удаляется большая часть воды (остаточная вода, как правило, не должна превышать 5%) как приобретенная с сырьем, так и включенная для формования. По данным автора работы [1] влага удаляется при сушке в пределах 70%, а в процессе термообработки в интервале 1000-1050°C – оставшиеся 30%.

Исследования, проведенные в работе [2] показали, что в глинистых материалах с числом пластичности в пределах 12-15 необходимо для улучшения сушильных свойств использовать отошители в количестве от 10 до 15%, а при пластичности глинистого компонента с числом 18-20 можно использовать количество отошителей 20-25%. Основная задача отошителей – это улучшение основных технологических показателей глины благодаря снижению ее сушильной усадки, за счет уменьшения пластичности глинистого компонента. Использование отошителей позволит повысить производительность формовочного отделения кирпичного цеха, и заметно сократит необходимое время для сушки кирпича [3]. Чаще всего в качестве отошающего материала употребляются минеральные и частично сырьевые материалы органического происхождения.

Избрание или отбор отошающих сырьевых материалов целесообразно производить в зависимости от места нахождения керамического завода, причем желательно в непосредственной близости. Применение отошителя, находящегося вблизи завода позволит решать вопросы транспортно-логистической инфраструктуры, за счет сокращения расстояний при перевозке сырьевых материалов. К таким отошителям можно отнести отходы ТЭК (топливно-энергетический комплекс), в частности золошлаковые смеси, так как все ТЭС (теплоэнергетические станции) находятся либо в границе населенных пунктов, либо недалеко от них. Кроме того, сырьевые компоненты для выпуска керамических кирпичей, находящиеся недалеко от заводов, либо практически заканчиваются, либо становятся менее качественными, а золошлаковые смеси все еще остаются в настоящее время крупнотоннажными отходами, которые еще и наносят непоправимый вред экологии. Во многих научных трудах [4-9] показано, что продуктивная утилизация многотоннажных отходов ТЭК – это еще и эффективное решение многих экологических проблем.

Постановка задачи. С учетом ограниченного во многих регионах России содержания качественных сырьевых материалов для выпуска керамического кирпича требуется изыскать передовые способы по их замещению на техногенное сырье ТЭК, в частности на золошлаковые смеси и отходы цветной металлургии. Такие исследования, проведенные

авангардными государствами, показали техническую осуществимость такого развивающегося направления.

Цель работы: исследовать влияние золошлаковой смеси на основные показатели сушки: водопроводность, усадку и механическую прочность керамического образца на основе техногенного сырья цветной металлургии – ГЦИ (глинистой части «хвостов» гравитации циркон-ильменитовых руд) без применения природных традиционных материалов с использованием регрессивного метода анализа

Методы исследования и сырьевые материалы

Методы исследования. Исследования техногенного сырья ТЭК и цветной металлургии, используемых в качестве сырьевых материалов для изготовления кирпича, в настоящей работе осуществляли с использованием растрового электронного микроскопа JSM 6390A фирмы Jeol, Япония для получения поэлементного анализа и электронных фото (микроструктура). Для определения минералогического (минерального) состава применялись петрографические исследования на основе иммерсионных жидкостей, прозрачных шлифов и аншлифов под микроскопом МИН-8 и МИН-7.

Определения сушильных свойств: усадку, водопроводность и механическую прочность высушенного кирпича проводили как в работах [10-14].

Сырьевые материалы. Для исследования процессов сушки полуфабриката (высушенного керамического кирпича) в качестве сырьевых материалов были использованы: отход цветной металлургии - ГЦИ (глинистая часть «хвостов» гравитации циркон-ильменитовых руд) в роли пластичного компонента и золошлаковой смеси в роли отощителя и частично исполняющего роль выгорающей добавки. Химические оксидный и поэлементный составы техногенного сырья представлены в табл. 1 и табл. 2, фракционный состав в табл. 3, технологические показатели в табл. 4, минералогический состав на рис. 1, а микроструктура (электронное фото) на рис. 2

Таблица 1 – Усредненный оксидный химический состав техногенного сырья

Техногенное сырье	Содержание оксидов, мас. %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O*	Δm _{прк} ** при 1000°C
ГЦИ	59,59	22,43	6,74	1,28	1,40	1,58	7,18
Золошлаковая смесь	50,27	18,21	5,55	7,81	1,78	4,21	12,17

Примечание R₂O*=K₂O+Na₂O; **Δm_{прк} - потери при прокаливании

Таблица 2 - Поэлементный состав техногенного сырья

Техногенное сырье	Содержание элементов, мас. %								
	C	O	Na	Mg	Al+Ti	Si	K	Ca	Fe
ГЦИ	2,18	51,26	0,38	0,54	15,45	24,8	0,32	0,2	4,87
Золошлаковая смесь	7,44	45,38	1,39	0,93	10,65	21,9	1,53	6,2	4,58

Таблица 3 –Фракционный состав техногенного сырья

Техногенное сырье	Содержание фракций в %, размер частиц в мм				
	>0,063	0,063-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
ГЦИ	0,8	8,1	12,1	21,0	58
Золошлаковая смесь	14,4	32,2	35,8	12,4	5,2

Таблица 4 – Технологические показатели техногенного сырья

Техногенное сырье	Теплотворная способность, ккал/кг	Огнеупорность, °C		
		начало деформации	размягчение	жидкоплавкое состояние
1. ГЦИ	450	1490	1520	1580
2. Золошлаковая смесь	1800	1300	1300	1390

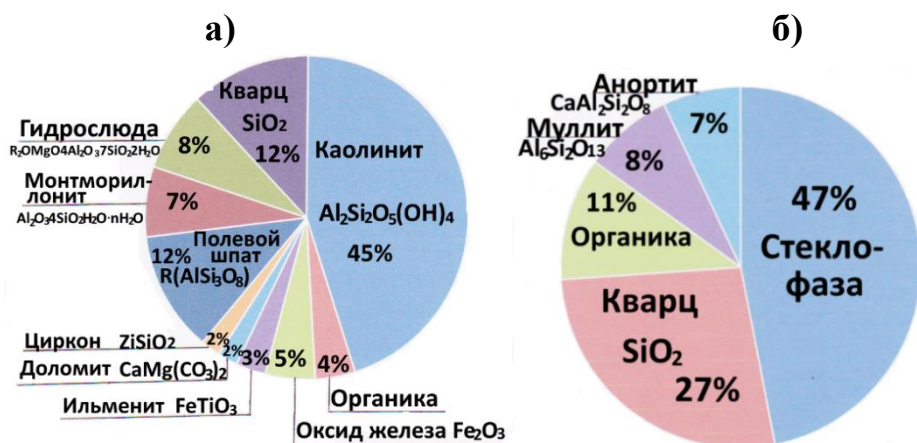


Рисунок 1 – Минералогический состав техногенного сырья:
а) – ГЦИ; б) золошлаковая смесь

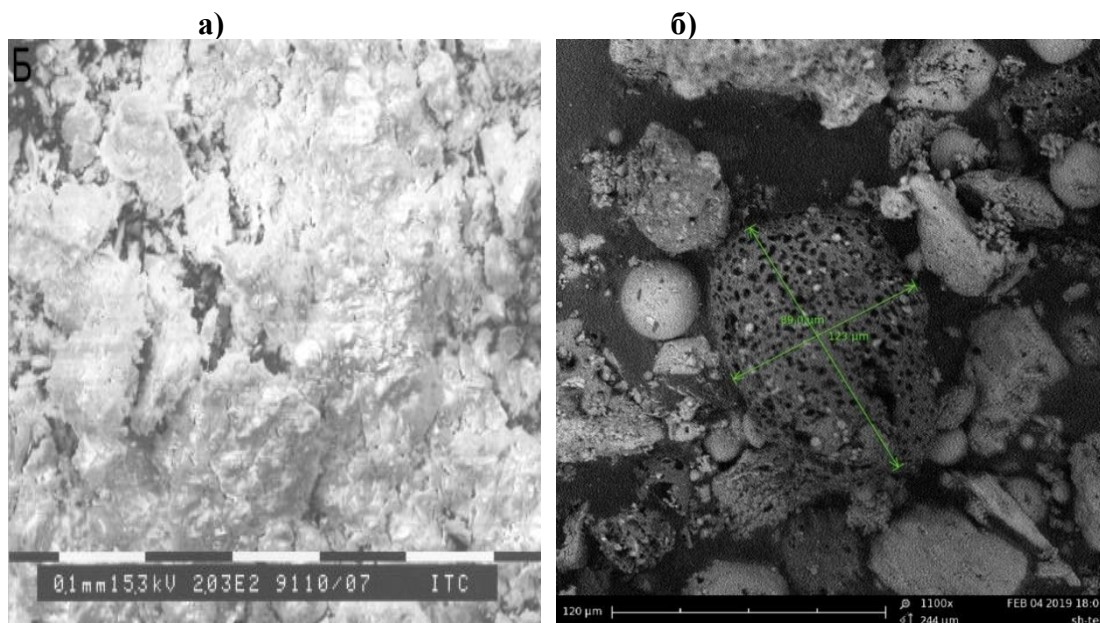


Рисунок 2- Микроструктура (электронное фото) техногенного сырья: а) ГЦИ; б- золошлакового сырья. Увеличение а) $\times 1000$; б) $\times 205$

Глинистый компонент (ГЦИ). ГЦИ применялась в качестве глинистого компонента с числом пластичности 18-20 после грохочения и дезинтеграции руды влажностью 37-45% в виде суспензии [15]. Цвет ГЦИ от розового до светло-желтого, плотность 2,36-2,42 г/см³ и, в отличие от природных традиционных глин, приобретает более гомогенные гранулометрические и химические составы, за счет образования ее микроструктурным способом. Основные свойства и показатели ГЦИ представлены в табл. 1-4 и рис. 1-2.

Золошлаковая смесь. Исследуемая золошлаковая смесь является техногенным сырьем гидроудаления ТЭС [5]. Основные свойства и показатели золошлаковой смеси представлены в табл. 1-4 и рис. 1-2.

Технология и получение керамического образца. Для получения керамических образцов, изучения влияния золошлаковой смеси на сушильные показатели и сравнительной

оценки этих показателей в зависимости от соотношения в керамической массе техногенных компонентов были исследованы составы, приведенные в табл. 5.

Таблица 5 - Составы керамических масс и их пластичность

Компонент	Содержание отходов, мас. %								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ГЦИ (X_1)	100	96	92	88	84	80	76	72	68
Золошлаковая смесь (X_2)	–	4	8	12	16	20	24	28	32
Пластичность, безразмерная единица	19	18	17	15	14	13	11	10	9

Основные показатели керамических образцов (усадка и механическая прочность) при сушке во многом зависят от пластичности используемого глинистого компонента.

По методикам, представленных в работах [16-18], для формования образцов техногенные сырьевые компоненты высушивались в сушильном шкафу при 100°C, затем перемалывали до прохода сквозь сито 1 мм. Сырьевую смесь, включающую ГЦИ и золошлак скрупулезно перемешивали увлажняли, затем через лабораторный ленточный пресс без мундштука пропускали дважды. Полученные композиции для гомогенизации в эксикаторе выдерживались при влажности W-20-26% в зависимости от содержания золошлака (от состава) в течение суток для формирования равномерной влажности

Образцы пластическим прессованием формовались на гидравлическом прессе с выходным отверстием $d = 1,5 \cdot 10^{-2}$ м. Такое формование, согласно работам [16-18] гарантировало, во-первых, тождественность для сравнения керамических масс, а во-вторых, плотность сформованных образцов приближало к плотности заводских полуфабрикатов $\rho = 1800-1850$ кг/м³. Из полученных стержней диаметром $d = 1,5 \cdot 10^{-2}$ м длиной $l = 7,0 \cdot 10^{-2}$ м вырезались образцы. Усадки и влагосодержания образцов различных составов были получены на специальной установке, как в работах [10, 19] и были занесены в табл. 6.

Таблица 6 - Физико-механические показатели образцов при сушке

Показатель	Составы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
(Y_1). Усадка после сушке, %	5,8	5,5	5,3	4,7	4,1	3,8	3,5	3,2	2,5
(Y_2). Водопроводность, м ² /час•10 ⁻⁴	1,80	1,90	2,00	2,10	2,30	2,80	3,10	3,60	4,10
(Y_3). Механическая прочность высушенного сырца до остаточной влажности 5%, при сжатии, МПа	9,4	9,2	8,8	8,2	7,6	6,8	5,5	4,3	3,1

Регрессионный анализ

Регрессионный метод дает возможность приобрести знания о ранее неизвестных взаимоотношениях и закономерностях и выбрать необходимые модельные уравнения, которые помогут определить керамические массы, обладающие эффективными свойствами [20, 21]. Используемый метод был разделен на три этапа:

на первом этапе анализировалось влияние отношения содержания золошлаковой смеси (X_2) на усадку после сушки (Y_1);

на втором этапе анализировалось влияние отношения содержания золошлаковой смеси (X_2) на водопроводность после сушки (Y_2);

на третьем этапе анализировалось влияние отношения содержания золошлаковой смеси (X_2) на механическая прочность высушенного сырца до остаточной влажности 5%, при сжатии (Y_3).

В табл. 7 представлены значения величин регрессионного анализа показателей при

сушке для трех этапов.

Таблица 7 – Значения величин регрессионного анализа показателей при сушке

Значение	Для уравнения регрессии по:		
	Усадка после сушке, (Y ₇), %.	Водопроницаемость, м ² /час•10 ⁻⁴ , (Y ₈).	Механическая прочность высушенного сырца, МПа (Y ₉).
Значение коэффициента b ₀	-4,4336	8,728	-9,969
Значение коэффициента b ₁	0,1037	-0,07265	0,2021
Значение коэффициента b ₂	-0,5	-0,0625	0,5
Средняя ошибка аппроксимации A%	236,75	34,34	163,43
Значение стандартной ошибки регрессии S	11,679	1,483	11,693
Значение коэффициента детерминации R ²	-79,0776	-1,4627	-19,2923
F-наблюдаемое значение	-2,963	-1,782	-2,852

Для нахождения уравнения регрессии применили метод наименьших квадратов [20, 21].

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X_2, \quad (1)$$

Для усадки после сушки:

$$Y_1 = -4,4336 + 0,1037X_1 - 0,5X_2, \quad (2)$$

Для водопроницаемости:

$$Y_2 = 8,728 - 0,07265X_1 - 0,0625X_2, \quad (3)$$

Для механической прочности высушенного сырца до остаточной влажности 5%, при сжатии:

$$Y_3 = -9,969 + 0,2021X_1 + 0,5X_2, \quad (4)$$

Графики полученных зависимостей по экспериментальным данным представлены на рис. 3-5.

Анализ модельных графиков полезен как при уточнении диапазонов состояния между опытами, так и для прогнозирования результатов, не вошедших в эксперимент.



Рисунок 3 – Зависимость усадки после сушке от содержания золошлаковой смеси

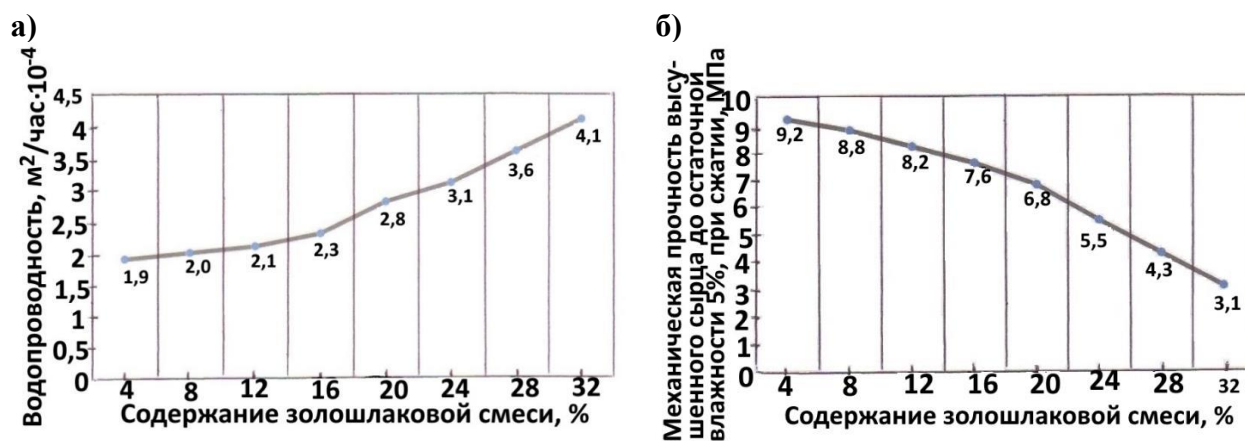


Рисунок 4 – Зависимость водопроницаемости от содержания золошлаковой смеси (а); зависимость механической прочности высушенного сырья до остаточной влажности 5%, при сжатии от содержания золошлаковой смеси (б)

Результаты обсуждения

Многочисленные исследования [10, 16, 17, 19] показывают, что регулирование и стабилизация сушки керамических изделий осуществляется в основном введением в глинистые композиции различных отощителей, которые увеличивают расстояния межмолекулярного воздействия между глинистыми частицами, вследствие чего удаляется механически примешанная вода.

Высушить керамический кирпич из глинистого материала, содержащего монтмориллонит (ГЦИ, рис. 1) без отощителей очень сложно, так монтмориллонит обладает наибольшей влагоемкостью по отношению к другим глинистым материалам. Водопроницаемость (влагопроницаемость) глинистых материалов показывает интенсивность передислокации внутри глинистой композиции влаги. Количественным показателем характеризующим глинистую композицию по влагопроницаемости служит коэффициент потенциала переноса влаги, который в некоторых случаях теории сушки называют коэффициентом потенциалопроводности, который для различных глин в зависимости от минерального состава находится в пределах $0,65\text{--}2,15 \text{ м}^2/\text{час} \cdot 10^{-4}$.

Влагоемкость монтмориллонита — это способность глинистого сырьевого компонента вмещать в себя повышенное количество воды и удерживать ее вопреки действию силы тяжести. Сорбционная способность у монтмориллонита среди глин самая высокая, поэтому водопроницаемость у состава №1 низкая (рис. 4а). У глин, содержащих в основном монтмориллонит влагопроницаемость в 10-15 раз меньше, чем у глин каолинитовых, так как монтмориллонит в наибольшей степени прочно связывает воду в силу особенностей его строения.

Отощитель, в качестве которого в настоящей работе использовалась золошлаковая смесь, практически не имеющая усадку, поэтому ее вводят в керамические массы для сокращения усадки при сушке (рис. 3), повышения влагопроницаемости (рис. 4а), но при этом снижается прочность при сжатии (рис. 4б). Введение золошлаковой смеси способствует более равномерному по всему образцу распределению влаги и ее удалению во время сушки, что положительно сказывается на процессах формования и сушке керамических изделий. Кроме того, как показывают работы [10, 11, 13], отощитель формирует структуру черепка и создает каркас при обжиге.

Увеличение содержания в керамических композициях золошлаковой смеси уменьшает пластичность (табл. 4б). Повышение содержания золошлаковой смеси до 32% снижает пластичность до 9. Такая пластичность при формовании полуфабрикатов способствует появлению на них трещин (снижается у глинистого компонента связующая способность, что

не позволяет формировать образцы без брака). В работах [10, 11] было показано, что оптимальным числом пластичности для получения керамических образцов без трещин и других дефектов можно считать число пластичности 11-13.

Таким образом, к оптимальным составам следует отнести составы №6-7, у которых образцы имеют оптимальные усадку, теплопроводность и прочность, при которой на изделиях не появляются трещины.

Выводы

1. Введение в керамическую композицию в качестве отощителя золошлаковую смесь, которая не имеет усадку, способствует более равномерному по всему образцу распределению влаги и ее удалению во время сушки полуфабриката, что положительно сказывается на процессах формования и сушки керамических изделий.

2. Золошлаковую смесь необходимо вводить в керамические массы для сокращения усадки при сушке (рис. 3), повышения теплопроводности, но необходимо учесть, что при этом снижается прочность при сжатии.

3. Увеличение содержания в керамических композициях золошлаковой смеси уменьшает пластичность. Повышение содержания золошлаковой смеси до 32% снижает пластичность до 9. Такая пластичность при формовании полуфабрикатов способствует появлению на таких образцах трещин (снижается у глинистого компонента связующая способность, что не позволяет формировать образцы без брака). Оптимальными составами для эффективной сушки являются составы, содержащие 20-24% золошлаковой смеси.

4. В настоящей работе использовался регрессионный метод анализа, дающий возможность приобрести знания о ранее неизвестных взаимоотношениях и закономерностях и выбрать необходимые модельные уравнения, которые помогут определить керамические массы, обладающие эффективными свойствами и для прогнозирования результатов, не вошедших в эксперимент.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баскаков С.В. Сушка кирпича. М.: Издательство литературы по строительству, 1966. 175 с.
2. Абдрахимов В.З. Получение керамических стеновых материалов на основе монтмориллонитовой глины и «хвостов» обогащения полиметаллических руд // Строительство и реконструкция. 2022. №4 С. 132-138. DOI: [10.33979/2073-7416-2022-102-4-132-138](https://doi.org/10.33979/2073-7416-2022-102-4-132-138)
3. Волочко А.Т., Подболотов К.Б., Хорт Н.А., Манак П.И. Влияние комплексных видов отощителей и цветонесущего сырья на свойство изделий строительной керамики // Вестник полоцкого государственного университета. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. 2020. №16. С. 42-46.
4. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Использование в производстве жаростойких бетонах алюмосодержащего нанотехногенного сырья и отходов углеобогащения // Строительство и реконструкция. 2021. №1. С. 96-105. DOI: [10.33979/2073-7416-2021-93-1-96-105](https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-93-1-96-105)
5. Абдрахимов В.З. Использование золошлакового материала и нанотехногенного карбонатного шлама в производстве кирпича на основе бейделлитовой глины // Строительство и реконструкция. 2019. №2. С. 81-89.
6. Столбоушкин А.Ю., Иванов А.И., Бердов Г.И., Сыромьясов В.А., Дружинин М.С. Влияние вещественного состава заполнителя из отходов сжигания топлива на формирование ячеистой структуры газозолобетона // Строительные материалы. 2014. №12. С. 42-44.
7. Кожухова Н.И., Жерновский И.В., Фомина Е.В. Фазообразование в геополимерных системах на основе золы-уноса Апатитской ТЭЦ // Строительные материалы. 2015. №12. С. 85-87
8. Ахмедьянов А.У., Киргизбаева К.Ж., Туреханова Г.И. Вторичная переработка отходов (золошлаков) промышленных предприятий // Технические науки. Горное дело. 2018. №10. С. 8-11.
9. Досмухамедов Н.К., Калан В.А., Дареуш Г.С. Инновационная технология комплексной переработки золы от сжигания угля // Уголь 2020. №1. С. 58-62.

10. Сайбулатов С.Ж., Сулейменов С.Т., Ралко А.В. Золотокерамические стеновые материалы. Алма-Ата. Наука. – 1982, С 292.
11. Сулейменов С.Т. Физико-химические процессы структурообразования в строительных материалах и минеральных отходов промышленности –М: Моноскрип – 1996. 298 с.
12. Шмитко Е. И., Суслов А. А., Усачев А. М. Новый способ повышения эффективности процессов сушки керамических изделий // Строительные материалы. 2006. №5. С 20-22.
13. Горгодзе Г.А. Исследование фактора, влияющего на сушильные свойства керамического кирпича // Альманах современной науки и образования. 2009. №6. С. 49-52.
14. Дятлов Е.М., Бирюк В.А. Химическая технология керамики и огнеупоров. Лабораторный практикум. Минск: БГТУ, 2006. 275 с.
15. Kairakbaev A.K., Abdrakhimova E.S., Abdrakhimov V.Z. Use of Nonferrous Metallurgy Waste: Clayey Portion of the Zircon-Illmenite Ore Gravity Tailings and Pyrite Cinders in Tile-Making // Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. 2020. Vol. 989. pp 47-53.
16. Сайбулатов С.Ж. Исследование реологических свойств и напряженного состояния золотокерамических масс в процессе сушки // Промышленная теплотехника. 1982. Т.2. №3. С. 62-65.
17. Абдрахимова Е.С. Исследование упруго-пластично-вязких показателей, водопроводности и усадочных свойств глинистых материалов различного химико-минералогического состава // Новые огнеупоры. 2004. С. 45-50.
18. Шмитко Е. И., Суслов А. А., Усачев А. М., Афанасьева С. Н. Оценка влагоемкостных характеристик материалов-подложек для контактно-диффузионного способа сушки изделий // Высокие технологии в экологии труды 9 международной учебно-практической конференции. Воронеж, 2006. С 141-145.
19. Сайбулатов С.Ж. Исследование влияния состава зол на фазовые превращения в золотокерамике. С.Ж. Сайбулатов. // Комплексное использование минерального сырья. 1985 №11. С 78-81с.
20. Лысенко А.А. Введение в регрессионный анализ данных и регрессионные модели // Неделя науки Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. 2020. Т. 1. №3-1. С. 93-95.
21. Кайракбаев А.К., Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Исследование регрессивным методом влияния содержания отходов при нефтедобыче и нефтехимии на физико-механические показатели керамического кирпича // Материаловедение 2017. №6. С. 31-35.

REFERENCES

1. Baskakov S.V. Drying bricks. M.: Publishing House of literature on construction, 1966. 175 p.
2. Abdrakhimov V.Z. Obtaining ceramic wall materials based on montmorillonite clay and "tails" of polymetallic ore enrichment // Construction and reconstruction. 2022. No.4 pp. 132-138. DOI: 10.33979/2073-7416-2022-102-4-132-138
3. Volochko A.T., Podbolotov K.B., Hort N.A., Manak P.I. Influence of complex types of cleaners and color-bearing raw materials on the property of building ceramics products. *Bulletin of Polotsk State University. Series F. Construction. Applied sciences*. 2020. No.16. pp. 42-46. (rus)
4. Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. The use of aluminum-containing nanotechnogenic raw materials and carbon enrichment waste in the production of heat-resistant concrete/ *Construction and reconstruction*. 2021. No. 1. pp. 96-105. DOI: 10.33979/2073-7416-2021-93-1-96-105. (rus)
5. Abdrakhimov V.Z. The use of ash and slag material and nanotechnogenic carbonate sludge in the production of bricks based on beidellite clay. *Construction and reconstruction*. 2019. No.2. pp. 81-89. (rus)
6. Stolboushkin A.Yu., Ivanov A.I., Berdov G.I., Syromyasov V.A., Druzhinin M.S. The influence of the material composition of the filler from fuel combustion waste on the formation of the cellular structure of gas-reinforced concrete. *Building materials*. 2014. No.12. pp. 42-44. (rus)
7. Kozhukhova N.I., Zhernovsky I.V., Fomina E.V. Phase formation in geopolymer systems based on fly ash of Apatitskaya CHP. *Building materials*. 2015. No.12. pp. 85-87. (rus)
8. Akhmedianov A.U., Kirgizbaeva K.Zh., Turekhanova G.I. Recycling of waste (ash and slag) of industrial enterprises. *Technical Sciences. Mining*. 2018. No.10. pp. 8-11.
9. Dosmukhamedov N.K., Kalan V.A., Dareush G.S. Innovative technology of complex processing of ash from coal combustion. *Coal* 2020. No. 1. pp. 58-62. (rus)
10. Saibulatov S.Zh., Suleimenov S.T., Ralko A.V. Gold-ceramic wall materials. Alma-Ata. The science. - 1982, With 292.
11. Suleimenov S.T. Physico-chemical processes of structure formation in building materials and mineral wastes of industry –М: Моноскрип – 1996. 298 p.
12. Shmitko E. I., Suslov A. A., Usachev A.M. A new way to increase the efficiency of drying processes of ceramic products. *Building materials*. 2006. No.5. From 20-22. (rus)
13. Gorgodze G.A. Investigation of the factor influencing the drying properties of ceramic bricks. *Almanac of modern science and education*. 2009. No. 6. pp. 49-52.

14. Dyatlov E.M., Biryuk V.A. Chemical technology of ceramics and refractories. Laboratory workshop. Minsk: BSTU, 2006. 275 p.
15. Kairakbaev A.K., Abdrakhimova E.S., Abdrakhimov V.Z. Use of Nonferrous Metallurgy Waste: Clayey Portion of the Zircon-Ilmenite Ore Gravity Tailings and Pyrite Cinders in Tile-Making. *Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland*. 2020. Vol. 989. pp 47-53.
16. Saibulatov S.Zh. Investigation of rheological properties and stress state of ash-ceramic masses in the drying process. *Industrial heat engineering*. 1982. Vol.2. No. 3. pp. 62-65.
17. Abdrakhimova E.S. Investigation of elastic-plastic-viscous parameters, water resistance and shrinkage properties of clay materials of various chemical and mineralogical composition. *New refractories*. 2004. pp. 45-50.
18. Shmitko E. I., Suslov A. A., Usachev A.M., Afanasyeva S. N. Evaluation of moisture-intensive characteristics of substrate materials for the contact-diffusion method of drying products. High technologies in ecology proceedings of the 9th international educational and practical conference. Voronezh, 2006. pp. 141-145.
19. Saibulatov S.Zh. Investigation of the effect of the composition of ash on phase transformations in gold ceramics. S.Zh. Saibulatov. Complex use of mineral raw materials. 1985 No.11. P. 78-81c.
20. Lysenko A.A. Introduction to regression analysis of data and regression models. Science Week of St. Petersburg State Maritime Technical University. 2020. Vol. 1. No.3-1. pp. 93-95.
21. Kairakbaev A.K., Abdrakhimova E.S., Abdrakhimov V.Z. Investigation by a regressive method of the influence of waste content in oil production and petrochemistry on the physical and mechanical parameters of ceramic bricks. *Materials Science* 2017. No. 6. pp. 31-35.

Сведения об авторах

Абдрахимов Владимир Закирович

доктор технических наук, профессор (профессор кафедры «Землеустройство и экология»), почетный работник высшего и профессионального образования, заслуженный работник высшего профессионального образования Самарской области.

e-mail: 3375892@mail.ru

Абдрахимов Дмитрий Владимирович,

студент Самарского государственного экономического университета,

e-mail: 3375892@mail.ru

Information about the authors

Abdrakhimov Vladimir Zakirovich,

Doctor of Technical Sciences, Professor (Professor of the Department "Land Management and Ecology"), honorary worker of higher and professional education, honored worker of higher professional Education of the Samara region.

e-mail: 3375892@mail.ru

Abdrakhimov Dmitry Vladimirovich,

student of Samara State University of Economics,

e-mail: 3375892@mail.ru