

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ[®] №8



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1955 г. WWW.RIFSM.RU WWW.JOURNAL-CM.RU АВГУСТ 2020 г. (783)



TES , Tecno Extrusion System, это система Bongioanni для автоматического управления экструзионным оборудованием, означающая: сокращение времени на регулировку с помощью передовых производственных решений, настройку параметров в реальном времени для эффективного использования энергии и для улучшения процессов производства, безопасности и диагностики оборудования. Посредством получения данных о производстве (BigData Industry 4.0) **TES** позволяет оптимизировать и анализировать продукт и производственный процесс, - все это через чрезвычайно простое взаимодействие между оператором и машиной. Являясь лидером в области машин для производства черепицы и кирпича с более чем 100-летним опытом работы, **Bongioanni** - это всегда шаг вперед в будущее.



BONGIOANNI

Bongioanni Macchine S.p.A. -12045 Fossano - Italy
Tel. +39 0172 650511 - info@bongioannimacchine.com
www.bongioannimacchine.com

Представитель в РФ и СНГ:

РУССКИХ Тамара Tel.: +7 915 125 63 80 WhatsApp: +7 915 125 63 80 E-mail: russia@bongioannimacchine.com

Генеральный спонсор конференции:



Спонсор конференции:



7–8 ОКТЯБРЯ 2020 г.
РОСТОВ-НА-ДОНУ. РОССИЯ
Marins Park Hotel Rostov



7–8 on OCTOBER, 2020
ROSTOV-ON-DON. RUSSIA
Marins Park Hotel Rostov

THE SCIENTIFICALLY-PRACTICAL CONFERENCE
«DEVELOPMENT OF THE CERAMIC INDUSTRY OF RUSSIA»

KERAMTEX



СПЕЦИАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ:
СИМПОЗИУМ «НАУКА – КЕРАМИЧЕСКОМУ ПРОИЗВОДСТВУ»

6 октября 2020 г.

SPECIAL PROJECT: SYMPOSIUM «THE SCIENCE – FOR CERAMIC PRODUCTION»

6 on OCTOBER, 2020

Партнеры МИАП KERAMTEX / KERAMTEX' partners



Посещение завода «Донской кирпич» и предприятий ГК UNITILE
«Шахтинская плитка» и «Шахтинские смеси»

Visit to brick-plant «Donskoy kirpich» and The Unitile Group of Companies

Уникальный Музей кирпича / the brick Museum



150 HÄNDLE
1870 | 2020

Благодарим Вас за доверие к нашим
продуктам и сервису

Компетентность, приверженность наших сотрудников и стремление предлагать нашим клиентам еще более качественные продукты, услуги и достижения сделали нас одним из лидеров на рынке и в области технологий.

HÄNDLE - ПРЕИМУЩЕСТВО В КИРПИЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

HÄNDLE GmbH Maschinen und Anlagenbau · Mühlacker (Germany) · www.haendle.com

ООО ХЕНДЛЕ-БРАУН · 196247 Санкт-петербург (Российская Федерация) · Тел +7 812 309 5663 · info@haendle-braun.ru

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО · 196247 Санкт-петербург (Российская Федерация) · Тел +7 812 309 5611 · gleb.yushin@haendle.ru

ООО ХЕНДЛЕ УРАЛ · 454138 Челябинск (Российская Федерация) · Тел +7 351 219 8535 · haendle.ural@gmail.com

OMS Group

ПРОИЗВОДИТЕЛЬ УПАКОВОЧНЫХ СИСТЕМ

ООО «ОМС Системс»

142703, Московская область,
г. Видное, ул. Донбасская, д. 2
тел.: +7 (499) 70-33-790
e-mail: info@omssystems.ru

Сделано в Италии



УПАКОВКА ГРУЗОВ НА ПАЛЛЕТАХ



Автоматическое упаковочное оборудование:
стреппинг машины, паллетоупаковщики,
термоусадочное оборудование, стретч-худ,
горизонтальные упаковочные машины

Ручной упаковочный инструмент

Проектные решения

Техническое сопровождение

Поставка запасных частей

Сервис

www.omssystems.ru

Керамические строительные материалы

В.А. СЫРОМЯСОВ, Т.В. ВАКАЛОВА, Г.И. СТОРОЖЕНКО

Практика принятия решений при выборе способа производства керамического кирпича 4

А.В. КОТЛЯР, Ю.И. НЕБЕЖКО, Ю.А. БОЖКО, Р.А. ЯЩЕНКО, Н.И. НЕБЕЖКО, В.Д. КОТЛЯР

Клинкерный кирпич на основе отсевов дробления песчаников Ростовской области 9

А.Н. БЕСКОПЫЛЬНЫЙ, Х.С. ЯВРУЯН, Е.С. ГАЙШУН, А.В. КОТЛЯР, А.С. ГАЙШУН

Высокоэффективные керамические камни из отсевов переработки терриконигов Восточного Донбасса 16

В.А. ГУРЬЕВА, А.А. ИЛЬИНА

Влияние техногенных отходов на структуру и свойства керамического кирпича 25

Итальянская компания BONGIOANNI (Бонжиоанни) забивает еще один гол

в Центральной Африке (Информация) 30

В.А. ВЛАСОВ, Н.К. СКРИПНИКОВА, М.А. СЕМЕНОВЫХ, О.Г. ВОЛОКИТИН, В.В. ШЕХОВЦОВ

Стеновые керамические материалы с использованием техногенного железосодержащего сырья 33

А.Ю. СТОЛБОВУШКИН, Д.В. АКСТ, О.А. ФОМИНА

**Разработка модели формирования цвета и распределения красящего компонента
при обжиге керамики каркасно-окрашенной структуры 38**

Б.Ч. МЕСХИ, Ю.А. БОЖКО, Ю.В. ТЕРЁХИНА, К.А. ЛАПУНОВА

Brick-дизайн и его основные элементы 47

**Греческая компания SABO_{S.A.} очередной раз расширила свою географию на мировом рынке
и завершила строительство нового кирпичного завода в Узбекистане (Информация) 52**

Я.В. ЛАЗАРЕВА, А.В. КОТЛЯР

Расчет составов керамических масс для производства черепицы на основе аргиллитов 54

Б.В. ТАЛПА, А.Э. ОВСЕПЯН

Роль армянских промышленников в развитии кирпичных производств Юга Российской империи 59

Б.Э. ЮДОВИЧ, А.И. ЗВЕЗДОВ, Х.А. ДЖАНТИМИРОВ

**Сухие смеси на основе наномодифицированного цемента и стекловолоконистых материалов.
Способ получения 66**

Founder of the journal:
«STROYMATERIALY»
Advertising-Publishing Firm, OOO
Registration certificate PI № 77-1989
Included in the list of journals of
the Higher Attestation Commission
(Russia), Project Russian Science
Citation Index (Russia), Russian
Science Citation Index on the platform
Web of Science

Editorial address:
9/3 Dmitrovskoye Highway,
127434, Moscow, Russian Federation

Monthly scientific-technical and industrial journal

STROITEL'NYE MATERIALY®

№ 8

Founded in 1955 (783) August 2020

Tel.: (499) 976-22-08, (499) 976-20-36 mail@rifsm.ru; www.rifsm.ru; www.journal-cm.ru

Ceramic building materials

V.A. SYROMYASOV, T.V. VAKALOVA, G.I. STOROZHENKO

Decision-Making Practice When Choosing the Method of Production of Ceramic Bricks 4

A.V. KOTLYAR, Yu.I. NEBEZHKO, Yu.A. BOZHKO, R.A. YASHCHENKO, N.I. NEBEZHKO, V.D. KOTLYAR

Clinker Brick Based on Screenings Crushing of Sandstones of the Rostov Region 9

A.N. BESKOPLYNY, K.S. YAVRUYAN, E.S. GAISHUN, A.V. KOTLYAR, A.S. GAISHUN

High-Performance Ceramic Stones from Waste Disposal sites in Eastern Donbass 16

V.A. GURIEVA, A.A. IL'INA

Influence of anthropogenic waste on the structure and properties of ceramic bricks 25

Italian Company BONGIOANNI Scores Another Goal in Central Africa (Information) 30

V.A. VLASOV, N.K. SKRIPNIKOVA, M.A. SEMENOVYKH, O.G. VOLOKITIN, V.V. SHEKHOVTSOV

Wall Ceramic Materials Using Technogenic Iron-Containing Raw Materials 33

A.Yu. STOLBOUSHKIN, D.V. AKST, O.A. FOMINA

**Development of a Model for Color Formation and Distribution of a Coloring Component During
of the Firing of Ceramics of Frame-Painted Structure 38**

B.Ch. MESKHI, Yu.A. BOZHKO, Yu.V. TEREKHINA, K.A. LAPUNOVA

Brick-Design and its Main Elements 47

**Greek Company SABO_{S.A.} Has Once Again Expanded its Geography on the World Market
and Completed the Construction of a New Brick Factory in Uzbekistan (Information) 52**

Ya.V. LAZAREVA, A.V. KOTLYAR

Calculation of Compositions of Ceramic Masses for Production of Tiles Based on Argillites 54

B.V. TALPA, A.E. OVSEPYAN

The Role of Armenian Industrialists in the Development of Brick Production in the South of the Russian Empire 59

B.E. YUDOVICH, A.I. ZVEZDOV, Kh.A. DZHANTIMIROV

Dry Mixes on The Basis of Nano-Modified Cement and Fiberglass Materials. Production Method 66

The authors of published materials are responsible for the accuracy of the submitted information, the accuracy of the data from the cited literature and for using in articles data which are not open to the public. The Editorial Staff can publish the articles as a matter for discussion, not sharing the point of view of the author. Reprinting and reproduction of articles, promotional and illustrative materials are possible only with the written permission of the editor-in-chief. The Editorial Staff is not responsible for the content of advertisements and announcements.

Редакционный совет

Главный редактор:

ЮМАШЕВА Е.И.,

инженер-химик-технолог, почетный строитель России

Председатель редакционного совета:

РЕСИН В.И.,

д-р экон. наук, профессор, академик РААСН (Москва)

АЙЗЕНШТАДТ А.М.,

д-р хим. наук, профессор (Архангельск)

АСКАДСКИЙ А.А.,

д-р хим. наук, профессор (Москва)

БУРЬЯНОВ А.Ф.,

д-р техн. наук, директор Российской гипсовой ассоциации (Москва)

ВАЙСБЕРГ Л.А.,

д-р техн. наук, профессор, академик РАН (Санкт-Петербург)

ВЕРЕЩАГИН В.И.,

д-р техн. наук, профессор (Томск)

ГОРИН В.М.,

канд. техн. наук, президент Союза производителей керамзита и керамзитобетона (Самара)

ЕРОФЕЕВ В.Т.,

д-р техн. наук, профессор, академик РААСН (Саранск)

КОРОЛЕВ Е.В.,

д-р техн. наук, профессор (Москва)

КРИВЕНКО П.В.,

д-р техн. наук, профессор (Украина)

ЛЕОНОВИЧ С.Н.,

д-р техн. наук, профессор (Беларусь)

ЛЕСОВИК В.С.,

д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент РААСН (Белгород)

МУРТАЗАЕВ С.-А.Ю.,

д-р техн. наук, профессор (Грозный)

НЕДОСЕКО И.В.,

д-р техн. наук (Уфа)

ПИЧУГИН А.П.,

д-р техн. наук, профессор (Новосибирск)

ПУХАРЕНКО Ю.В.,

д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент РААСН (Санкт-Петербург)

ТРАВУШ В.И.,

д-р техн. наук, академик РААСН (Москва)

ФЕДОСОВ С.В.,

д-р техн. наук, профессор, академик РААСН (Иваново)

ФИШЕР Х.-Б.,

доктор-инженер (Германия)

ХОЗИН В.Г.,

д-р техн. наук, профессор (Казань)

ЧЕРНЫШОВ Е.М.,

д-р техн. наук, профессор, академик РААСН (Воронеж)

ШЕБЛ С.М.,

д-р наук, профессор (Египет)

ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.,

канд. техн. наук (Омск)

ШТАКЕЛЬБЕРГ Д.И.,

д-р техн. наук, профессор (Израиль)

ЯКОВЛЕВ Г.И.,

д-р техн. наук, профессор (Ижевск)

Ю ЖЯНГМЯО,

д-р философии (Китай, Гуанчжоу)

Editorial Board

Editor-in-chief

YUMASHEVA E.,

engineer-chemist-technologist, Honorary Builder of Russia

Chairman of Editorial Board

RESIN V.,

Doctor of Science (Economy), Professor (Moscow)

AYZENSHTADT A.,

Doctor of Sciences (Chemistry), Professor (Arkhangelsk)

ASKADSKIY A.,

Doctor of Science (Chemistry), Professor (Moscow)

BURYANOV A.,

Doctor of Science (Engineering), Director of the Russian Association of gypsum (Moscow)

VAYSBERG L.,

Doctor of Science (Engineering), Academician of RAS (St. Petersburg)

VERESHCHAGIN V.,

Doctor of Science (Engineering), Professor (Tomsk)

GORIN V.,

Candidate of Science (Engineering), President of the Union of Haydite and Haydite Concrete Producers (Samara)

EROFEEV V.,

Doctor of Science (Engineering), Professor, Academician of RAACS (Saratov)

KOROLEV E.,

Doctor of Science (Engineering), Professor (Moscow)

KRIVENKO P.,

Doctor of Science (Engineering), Professor (Ukraine)

LEONOVICH S.,

Doctor of Science (Engineering), Professor (Belarus, Minsk)

LESOVIK V.,

Doctor of Science (Engineering), Corresponding Member of RAACS (Belgorod)

MURTAZAEV S.-A.,

Doctor of Science (Engineering), Professor (Grozniy)

NEDOSEKO I.,

Doctor of Science (Engineering) (Ufa, Bashkortostan)

PICHUGIN A.,

Doctor of Science (Engineering), Professor, Member of the Russian Academy of Natural Science (Novosibirsk)

PUKHARENKO Yu.,

Doctor of Science (Engineering), Professor (St. Petersburg)

TRAVUSH V.,

Doctor of Science (Engineering), academician of RAACS (Moscow)

FEDOSOV S.,

Doctor of Science (Engineering), Professor, Academician of RAACS (Ivanovo)

FISHER H.-B.,

Doctor-Engineer (Germany, Weimar)

KHOZIN V.,

Doctor of Science (Engineering), Professor (Kazan)

CHERNYSHOV E.,

Doctor of Science (Engineering), Professor, Academician of RAACS (Voronezh)

SHEBL S.M.,

Doctor of Science, Professor (Egypt)

SHLEGEL I.,

Candidate of Science (Engineering), OOO «INTA-Stroy» (Omsk)

SHTACKELBERG D.,

Doctor of Science (Engineering), Professor (Israel)

YAKOVLEV G.,

Doctor of Science (Engineering), Professor (Izhevsk)

YU JIANGMIAO,

PhD / Associate Professor (China, Guangzhou)

В.А. СЫРОМЯСОВ¹, инженер-исследователь (syromyasov@mail.ru);

Т.В. ВАКАЛОВА², д-р техн. наук (vakalova@mail.ru);

Г.И. СТОРОЖЕНКО³, д-р техн. наук (storozhenko_gi@mail.ru)

¹ Сибирский государственный индустриальный университет (654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

² Национальный исследовательский Томский политехнический университет (634050, г. Томск, пр. Ленина, 30)

³ Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113)

Практика принятия решений при выборе способа производства керамического кирпича

Проведен анализ проектных решений при выборе технологии производства керамического кирпича из глинистого сырья Таскаевского месторождения (Алтайский край) на основе его исследований ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова, Алтайагропромом, Китайским научно-исследовательским плано-проектным институтом промышленности строительных материалов и чешской компании «ГеоБрик». Приведены результаты исследований Томского государственного политехнического университета и ООО «Баскей» по комплексному обогащению сырья при активации дисперсных систем путем однократной (Ш1) и двукратной (Ш2) переработки в жидкостном смесителе с сиреной роторного типа. Показана эффективность предлагаемого способа.

Ключевые слова: ресурсосбережение, керамический кирпич, глинистое сырье, технология, обогащение сырья, механоактивация.

Для цитирования: Сыромьясов В.А., Вакалова Т.В., Стороженко Г.И. Практика принятия решений при выборе способа производства керамического кирпича // *Строительные материалы*. 2020. № 8. С. 4–8. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-738-8-4-8>

V.A. SYROMYASOV¹, Engineer-researcher (syromyasov@mail.ru); T.V. VAKALOVA², Doctor of Sciences (Engineering) (vakalova@mail.ru);

G.I. STOROZHENKO³, Doctor of Sciences (Engineering) (storozhenko_gi@mail.ru)

¹ The Siberian State Industrial University (42, Kirov Street, Kemerovo Region, Novokuznetsk, 654007, Russian Federation)

² The Tomsk Polytechnic University (30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation)

³ The Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (SIBSTRIN) (113, Leningradskaya Street, Novosibirsk, 630008, Russian Federation)

Decision-Making Practice When Choosing the Method of Production of Ceramic Bricks

The analysis of design decisions when choosing the technology of production of ceramic bricks from clay raw materials of Tascaevskoe Deposit (Altai Krai) on the basis of its research by VNIISTROM named after P.P. Budnikov, Altaiaagroptom, Chinese Research Planning and Design Institute of Building Materials Industry, and Czech Company "GeoBrick" is conducted. The results of research of Tomsk State Polytechnic University and "Baskey" LLC (Russia) on complex enrichment of raw materials when activating dispersed systems by single-time (SH1) and double-time (SH2) processing in a liquid mixer with a rotor siren are presented. The effectiveness of the proposed method is shown.

Keywords: resource saving, ceramic bricks, clay raw materials, technology, raw material enrichment, mechanical activation.

For citation: Syromyasov V.A., Vakalova T.V., Storozhenko G.I. Decision-making practice when choosing the method of production of ceramic bricks. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 8, pp. 4–8. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-738-8-4-8>

Авторы многих публикаций в научных журналах, ссылаясь на угрозу истощения месторождений качественных глинистых пород для производства стеновой и строительной керамики [1–4 и др.], предлагают различные варианты решения этой проблемы, в частности использование пластифицирующих добавок (ПАВ, пластичные глины) или механоактивации сырья, переходить на способ полусухого прессования и т. д. [5–7]. Все предложения в той или иной мере направлены на изменение состояния дисперсных систем, которыми являются наиболее распространенные глинистые породы (малопластичные глины и суглинки), в технологических циклах массоподготовки, формования (прессования), сушки и обжига.

Экспансия зарубежных фирм на рынке оборудования для производства керамических стеновых и строительных материалов в последние десятилетия привела к тому, что многие отечественные заводы, работающие на одном виде сырья (зачастую кирпичных глинах низкого качества), были закрыты. Взамен началось строительство крупных предприя-

тий средней мощностью 60 млн шт. усл. кирпича в год. Перед началом строительства таких заводов проводились исследования глинистого сырья, и зарубежные компании, несмотря на неудовлетворительные свойства глинистых пород, зачастую давали положительное заключение по качеству с оговорками по поводу возможного введения добавок, в частности пластичных глин, или вовсе умалчивали о такой необходимости.

В результате на ряд новых заводов, работающих на традиционных для районов восточнее Урала суглинках, за сотни километров завозятся пластичные глины, необходимые для улучшения реологических свойств исходного сырья. Например, Челябинское рудоуправление (пос. Увельский) поставляет пластичные глины на Копейский кирпичный завод, завод «Кемма», на Ревдинский кирпичный завод (Свердловская область); пластичная глина Компановского месторождения (Красноярский край) завозится на Ленинск-Кузнецкий кирпичный завод (Кемеровская обл.) и т. д.

Таблица 1
Table 1Химический состав сырья Таскаевского месторождения
Chemical composition of raw materials of Taskaevskoye deposit

Компания	Содержание, %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	CO ₂	ППП
ООО «Баскей»	63,9*	11,56	0,76	4,73	5,43	2,06	2,18	2,09	0,08	2,52	4,68
	64,14	12,61	0,68	4,5	5,25	1,54	1,65	1,43	0,02	2,42	4,97
«ГеоБрик» (Чехия)	63	12,6	0,78	5,03	5,76	2,03	1,82	1,83	0,19	–	6,59
	63,66	12,4	0,77	4,75	5,25	1,73	1,37	1,91	0,13	–	7,07

* Над чертой данные верхней толщи, под чертой – нижней.
Количество несвязанного оксида кремния составляет соответственно 41/35,4 и 39/38%.

Несмотря на то что теория контактных взаимодействий в дисперсных системах была разработана в нашей стране П.А. Ребиндером и его учениками, а применительно к глинистым породам впоследствии были разработаны основы управления реологическими свойствами глинистых дисперсий В.Н. Соколовым (1973, 1988), Л.И. Кульчицким и О.Г. Усыряевым (1981), в практике работы кирпичных заводов многие научные результаты не используются.

Обратимся, например, к истории разработки проектных решений применительно к Таскаевскому месторождению глинистого сырья, традиционному для Западной Сибири и Алтайского края, которое относится ко 2-й группе по типу средних пластообразных, не выдержанных по строению, мощности и качеству месторождений для производства керамического кирпича. Месторождение имеет типичное для Алтайского края двухъярусное строение. Верхняя толща до глубины 8 м сложена пылеватыми супесями с числом пластичности в среднем 4–5, а нижняя, вскрытая мощность которой составляет 10–12 м, представлена низкодисперсным глинистым сырьем с числом пластичности 7 и выше. Естественная влажность меняется по глубине от 6 до 20%. Химический состав обеих толщ примерно одинаков (табл. 1).

Технологические испытания, включая и полузаводские, выполнялись ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова и Алтайагропромом в 1993 г. Исходя из свойств сырья в качестве перспективного рассматривался полусухой способ прессования. При этом предлагалось производить смешивание сырья верхней и нижней толщ в равных пропорциях с получением в итоге керамического кирпича пустотелого марки 100, плотностью 1640 кг/м³, морозостойкостью Мрз15.

В 2007 г. испытания глинистого сырья нижней толщи выполнялись Китайским научно-исследовательским планово-проектным институтом промышленности стройматериалов. Исследовались технологические пробы нижней толщи с природной влажностью 19,53%. Китайские коллеги отнесли сырье уже к группе среднепластичного сырья и дали положительное заключение по его пригодности для производства керамического кирпича пластического формования марок 75–100. Они были готовы приступить к строительству завода только на основе сырья 2-й толщи, но слишком много было несоответствий в их результатах, поэтому от китайского проекта завода пластического формования отказались.

В 2010 г. компания «ГеоБрик» (Чехия) исследовала глинистое сырье Таскаевского месторождения не

Таблица 2
Table 2Результаты гранулометрического анализа и определения CaCO₃
Results of particle size analysis and determination of CaCO₃

Проба	CaCO ₃	Ситовый анализ, % / описание остатков							Микрогранулы, %			
		Гравий		Песок					Песок	Алеврит		Глина
				крупно-зернистый	средне-зернистый	мелкозернистый		крупно-зернистый		мелко-зернистый		
%	%	> 8 мм	8–2 мм	2–1 мм	1–0,5 мм	0,5–0,25 мм	0,25–0,125 мм	0,125–0,063 мм	>63 мкм	63–20 мкм	20–2 мкм	<2 мкм
Слой 1, 3–5 м	5,3	–	–	0,1	0,1	0,1	0,8	2,8	6,1	32,8	42,3	18,8
				Известковые раковины								
Слой 2, 8–10 м	5,3	–	–	–	0,1	0,1	0,1	0,6	1,3	30,1	41,3	27,3
				Песчаник, кварц, кальцит								

Таблица 3
Table 3

Значения реологических параметров, полученных на продавливающем реометре
Values of rheological parameters obtained on the pressure rheometer

Проба	Реологические параметры		Значения при сравнительном сдвигающем напряжении $\tau=0,2$ МПа			
	a	m, МПа	W_a %	W_r %	$\Sigma c_{рез}$, кПа	D_n
Слой 1 (3–5 м)	1,6	811	21,7	17,8	36	0,58
Слой 2 (8–10 м)	1,41	95	21,8	17,9	64	0,7
Смесь 1 и 2	1,37	54	21,6	17,7	85	0,74

Примечание. Классификация пластичных масс по реологическим параметрам следующая:
 $a < 1,3$ – весьма хорошо перерабатываемое, т. е. тесто с малой чувствительностью к изменению содержания воды, с большой внутренней поверхностью, активируемой водой.
 $a = 1,3-1,4$ – хорошо перерабатываемое, т. е. тесто со средней чувствительностью к изменению содержания воды, с большой внутренней поверхностью, активируемой водой.
 $a > 1,4$ – плохо перерабатываемое, т. е. тесто весьма чувствительное к изменению содержания воды, с малой внутренней поверхностью, активируемой водой.
 $m < 50$ МПа – тесто с весьма малым внутренним трением.
 $m = 50-500$ МПа – тесто с малым внутренним трением.
 $m > 500$ МПа – тесто с большим внутренним трением.

только каждой толщ, но и смеси двух слоев, отличающихся по свойствам. Изучены были не только вещественный состав (табл. 1, 2), но и реологические свойства масс (табл. 3).

Реологические свойства массы в пластичном виде чешские коллеги исследовали путем оценки зависимости сдвигающего напряжения от формовочной влажности теста на продавливающем реометре (табл. 3), а также зависимости сдвигающего напряжения от скорости деформации теста на приборе Reotest по следующей формуле сдвигающего напряжения:

$$\tau = m \times a^{-w_r},$$

где τ – сдвигающее напряжение, МПа; m – экстраполированное значение сдвигающего напряжения при нулевой относительной влажности; a – параметр экспоненциальной формулы зависимости сдвигающего напряжения от относительной влажности; w_r – относительная влажность.

Специалисты компании «ГеоБрик» по результатам полученных реологических параметров сделали заключение, что слой 1 (3–5 м) в качестве сырья для самостоятельной формовки практически неприменим. Пластичное тесто из него отличается плохой перерабатываемостью, высокой чувствительностью к изменению влажности, малой внутренней поверхностью, активируемой водой, и большим внутрен-

Таблица 4
Table 4

Характеристики активированных шликеров
Characteristics of activated slips

Шифр шликера	Плотность, г/см ³	Влажность, %
Ш1	1,364	57,1
Ш2	1,532	44,4

ним трением. Пластичное тесто из слоя 2 (8–10 м) отличается улучшенными реологическими свойствами и классифицируется как предельное между плохо и хорошо перерабатываемыми.

По заключению чешских коллег, приемлемое улучшение реологических свойств наступает лишь при добавке 20% пластичной (каолиновой) глины к смеси 1 и 2, хотя при соотношении основных видов сырья в этой смеси 1:2 и происходит изменение значения параметра a с оценки «плохо перерабатываемое тесто (более 1,4)» на оценку «хорошо перерабатываемое тесто (1,3–1,4)».

Однако если вблизи будущего завода нет месторождений пластичных глин, то доставка ее на длинные расстояния может существенно снизить эффективность производства керамического кирпича. Еще одним технологическим решением при разработке проекта кирпичного завода пластического формова-

Таблица 5
Table 5

Пластические и формовочные свойства исследуемых масс
Plastic and molding properties of the tested masses

Шифр массы	Влажность $W_{абс.}$, %		Число пластичности	Полное водосодержание $W_{отн.}$, %	Водозатворяемость $W_{абс.}$, %
	предел текучести	граница раскатывания			
M1 (на воде)	26,2	19,3	6,9	17,2	20,8
M2 (на шликере Ш1)	26,4	19,3	7,1	17,6	21,2
M3 (на шликере Ш2)	28,5	18,5	10	18,1	21,4

Таблица 6
Table 6Пластические свойства исследуемых масс
Plastic properties of the tested masses

Шифр массы	Влажность $W_{абс}$, %		
	предел текучести	граница раскатывания	число пластичности
M1 (1)	26,2	19,3	6,9
M1 (3)	26,8	19,4	7,4
M1 (5)	28,1	18,5	9,6
M2 (1)	26,4	19,3	7,1
M2 (3)	26,8	18,5	8,3
M2 (5)	28,1	18,6	9,5
M3 (1)	28,5	18,5	10
M3 (3)	29,1	18	11,1
M3 (5)	31,5	17,6	13,9

ния была попытка улучшения качества тощих пылеватых суглинков за счет их механоактивации, использование которой на стадии подготовки керамической массы может существенно изменить реологические свойства дисперсных систем. Эти изменения должны обеспечить однородность свойств формуемой массы в течение всего периода пребывания ее в объемно-напряженном состоянии, что является важнейшей задачей теории и практики пластического формования, которая может быть решена для сибирских пылеватых суглинков при соблюдении следующих основных условий.

1. Дисперсная система должна иметь гранулометрический состав, обеспечивающий максимально плотную упаковку частиц. Этого можно достичь при определенном количественном соотношении структурного каркаса и порового вещества [8].

2. Механоактивация суглинков при пластическом формовании кирпича должна заключаться не в супертонком измельчении грубодисперсных частиц, образующих структурный каркас керамической массы, а в изменении коллоидно-химических свойств ее поровой составляющей [9].

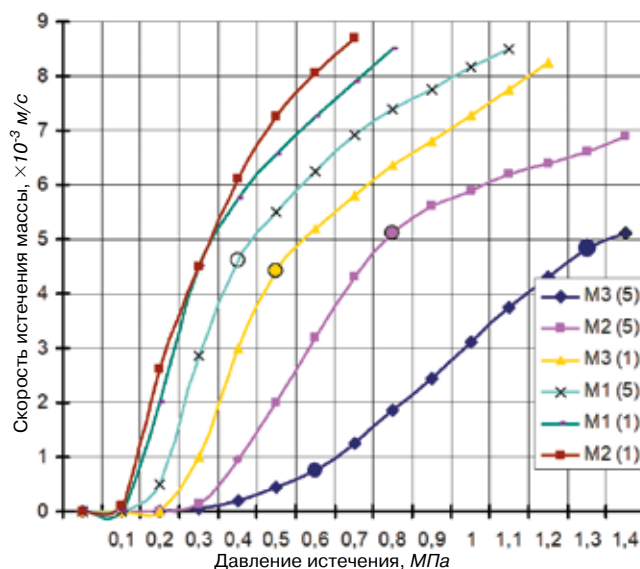
3. Свойства поровой суспензии определяют уровень сил когезионно-адгезионного взаимодействия, и необходимо, чтобы когезионные силы в ней были равными адгезионным силам на границе между поровой суспензией и частицами структурного каркаса.

4. Формовочная влажность масс должна быть предельно низкой [8].

5. Масса должна содержать минимальное количество капиллярно-подвижной воды.

Керамические массы, удовлетворяющие этим требованиям, будут обладать хорошей формуемостью, т. е. сохранять однородность в процессе деформации при напряжениях, которые больше динамического предела текучести.

Исследования проводились на пластичных массах 1-го слоя, обогащенных шликером на основе 2-го слоя, активация которого осуществлялась в результате однократной (Ш1) и двукратной (Ш2) переработки в

Реологические кривые глинистых масс после второй стадии активации
Rheological curves of clay masses after the second activation stage

жидкостном смесителе с сиреной роторного типа [9]. Вторая стадия активации проводилась на лабораторном шнековом прессе посредством многократной переработки массы при влажности на границе максимальной молекулярной влагоемкости (ММВ), где проходило сжатие и сдвиг материала. Целью вторичной активации являлось разрушение водопрочных оболочек, цементирующих отдельные зерна глинообразующих минералов, и частичное разрушение самих зерен.

Характеристики активированного шликера приведены в табл. 4. Формовочные свойства глинистого сырья с добавками шликера оценивались величинами полного водосодержания и водозатворяемости (табл. 5).

Исследования показали, что использование активированного шликера Ш2 обеспечивает улучшение пластических свойств сырья 1-го слоя (табл. 5).

На второй стадии активации каждая масса влажностью, близкой к ММВ, перерабатывалась на шнековом лабораторном прессе соответственно 1, 3 и 5 раз, после чего влажность масс доводилась до формовочной и валушки вылеживались сутки в эксикаторе. Таким образом, были получены массы: $MI(J)$, где $I = 1, 2, 3$, а $J = 1, 3, 5$. Для каждого состава определялась пластичность, и исследовалась реология на капиллярном вискозиметре В.А. Лотова [10]. Результаты испытаний приведены в табл. 6 и на рисунке.

При оценке формовочных свойств предпочтение отдается тем массам, у которых интервал пластического состояния (прямые участки кривых $MI(J)$) больше. Поэтому можно сделать вывод, что наиболее предпочтительной для формования является масса М3 (5), подвергавшаяся комплексной активации за счет введения активированного шликера Ш2 и усиленной механической обработки в лабораторном шнековом прессе.

Практика принятия решений при выборе способа производства изделий стеновой керамики показывает, что зарубежные компании, поставляющие технологическое оборудование на российский рынок, не стремятся выстраивать аппаратное обеспечение технологии пластического формования под существующие месторождения сырья, которые на обширных территориях Сибири чаще всего представлены пылеватыми суглинками. Предлагаются и реализуются решения, когда шихта для производства кирпича

на местном сырье обогащается за счет доставки на дальние расстояния пластичных глин. Однако, исследования ученых советской керамической школы и результаты данной работы показывают, что регулирование свойств дисперсных систем на основе низкокачественного сырья за счет их многостадийной активации приведет к тому, что многие месторождения, ранее считавшиеся непригодными для производства керамического кирпича методом пластического формования, станут востребованными.

Список литературы

1. Белановская Е.В., Сакова А.А., Немирова Е.А. Оценка месторождений кирпичных глин в Пришекснинском районе Вологодской области. В сборнике: *Инновационное развитие территорий. Материалы III Международной научно-практической конференции*. Череповец, 25–27 февраля 2015. С. 40–43.
2. Слепова И.Э., Тарасов Р.В., Макарова Л.В. Оценка возможности использования глин месторождений Пензенской области для производства керамической продукции // *Современные научные исследования и инновации*. 2014. № 8-1 (40). С. 138–141.
3. Бондарович В.В. Некоторые особенности разработки месторождений глин Калининградской области // *Горный журнал*. 2010. № 3. С. 65–67.
4. Грачева Ю.В., Глухова М.В. Результаты исследования возможности использования глин пензенских месторождений в производстве стеновых керамических материалов. Ч. 1. // *Интернет-вестник ВолгГАСУ*. 2012. № 2 (22). С. 5.
5. Терехов В.А. Комплексный подход к созданию и модернизации действующего производства керамических стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2003. № 2. С. 8–11.
6. Григоренко М.В. Керамическая промышленность Краснодарского края – итоги и направления развития // *Строительные материалы*. 2003. № 2. С. 6–7.
7. Ашмарин Г.Д. Восемнадцатый общеевропейский конгресс производителей керамического кирпича и черепицы (ТВЕ) // *Строительные материалы*. 1996. № 4. С. 24–27.
8. Паничев А.Ю., Бердов Г.И., Завадский В.Ф., Паничева Г.Г. Обогащение и активирование суглинков с использованием кавитационного и ударно-волнового воздействия // *Строительные материалы*. 2000. № 9. С. 30–31.
9. Стороженко Г.И. и др. Заводской опыт внедрения наноматериалов в производство изделий стеновой керамики. В сб. докладов: *Керамика и огнеупоры: перспективные решения и нанотехнологии*. Белгород. 2009. С. 101–105.
10. Лотов В.А. Выбор оптимального состава керамической массы при производстве глиняного кирпича // *Строительные материалы*. 1982. № 6. С. 11–12.

References

1. Belanovskaya E.V., Sakova A.A., Nemirova E.A. Assessment of deposits of brick clays in the Pesheksninsky district of the Vologda region. In the collection: *Innovative development of territories. Materials of the III International Scientific and Practical Conference*. Cherepovets, February 25–27, 2015, pp. 40–43. (In Russian).
2. Slepova I.E., Tarasov R.V., Makarova L.V. Assessment of the possibility of using clay deposits of the Penza region for the production of ceramic products. *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii*. 2014. No. 8–1 (40), pp. 138–141. (In Russian).
3. Bondarovich V.V. Some features of the development of clay deposits in the Kaliningrad region. *Gorniy zhurnal*. 2010. No. 3, pp. 65–67. (In Russian).
4. Gracheva Yu.V., Glukhova M.V. Results of the study of the possibility of using clays of the Penza deposits in the production of wall ceramic materials (Part 1). *Internet-vestnik VolgGASU*. 2012. No. 2 (22), p. 5. (In Russian).
5. Terekhov V.A. An integrated approach to the creation and modernization of the existing production of ceramic wall materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2003. No. 2, pp. 8–11. (In Russian).
6. Grigorenko M.V. Ceramic industry of Krasnodar region – results and directions of development. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2003. No. 2, pp. 6–7. (In Russian).
7. Ashmarin G.D. Eighteenth pan-european congress of ceramic brick and tile manufacturers (TVE). *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 1996. No. 4, pp. 24–27. (In Russian).
8. Panichev A.Yu., Berdov G.I., Zavatsky V.F., Panicheva G.G. Enrichment and activation of loams using cavitation and shock-wave action. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2000. No. 9, pp. 30–31. (In Russian).
9. Storozhenko G.I. and others. Factory experience of introducing nanomaterials into the production of wall ceramics. Collection of Reports: *Ceramics and Refractories: Advanced Solutions and Nanotechnology*. Belgorod. 2009, pp. 101–105. (In Russian).
10. Lotov V.A. The choice of the optimal composition of the ceramic mass in the production of clay bricks. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 1982. No. 6, pp. 11–12. (In Russian).

А.В. КОТЛЯР¹, канд. техн. наук (toss871@yandex.ru); Ю.И. НЕБЕЖКО², инженер (uran74@list.ru); Ю.А. БОЖКО¹, инженер (ovdun_yrs@mail.ru), Р.А. ЯЩЕНКО¹, инженер (roma.8929@mail.ru); Н.И. НЕБЕЖКО³, инженер (uran74@list.ru); В.Д. КОТЛЯР¹, д-р техн. наук (diatomit_kvd@mail.ru)

¹ Донской государственный технический университет (344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

² ООО «Элитная строительная керамика» (346421, г. Новочеркасск, ул. Александровская, 86А)

³ Индивидуальный предприниматель (344000, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 108)

Клинкерный кирпич на основе отсевов дробления песчаников Ростовской области

Показано, что увеличение производства стенового и дорожного клинкерного кирпича в России напрямую зависит от сырьевой базы. Отмечается, что ориентация на традиционное тугоплавкое спекающееся глинистое сырье бесперспективна в силу его малой распространенности и высокой стоимости. Дана характеристика отсевов дробления песчаников Восточного Донбасса как нового техногенного сырья для производства клинкерного кирпича с пониженной себестоимостью. Лабораторно-технологические и полужавовские испытания показали, что для производства клинкерного кирпича можно использовать фракции отсевов: 0–0,63 мм; 0–0,315 мм и 0–0,16 мм, обладающие необходимыми свойствами. Для выделения целевых фракций отсевы необходимо рассевать с сепарацией. Исследования показали, что для достижения требований по водопоглощению для дорожного клинкерного кирпича (менее 2,5%) для фракции 0–0,16 мм требуется температура обжига 990–1010°C, для фракции 0–0,315 мм – 1030–1050°C, а для фракции 0–0,63 мм – 1060–1080°C. При этих температурах обжига с большим запасом достигаются требуемые значения показателей для дорожного клинкерного кирпича: прочность, плотность, морозостойкость, истираемость, кислотостойкость. Полученные результаты позволяют говорить, что отсевы дробления песчаников являются перспективным сырьем для получения стенового и дорожного клинкерного кирпича с минимальной себестоимостью по упрощенной технологии и в перспективе Ростовская область может стать крупным центром по производству клинкерного кирпича со стоимостью, доступной для бюджетного строительства.

Ключевые слова: ресурсосбережение, комплексное использование сырья, клинкерный кирпич, песчаник, отсевы, зерновой состав, температура обжига, прочность, водопоглощение.

Для цитирования: Котляр А.В., Небежко Ю.И., Божко Ю.А., Ященко Р.А., Небежко Н.И., Котляр В.Д. Клинкерный кирпич на основе отсевов дробления песчаников Ростовской области // *Строительные материалы*. 2020. № 8. С. 9–15.

DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-9-15>

A.V. KOTLYAR¹, Candidate of Sciences (Engineering) (toss871@yandex.ru); Yu.I. NEBEZHKO², Engineer (uran74@list.ru);

Yu.A. BOZHKO¹, Engineer (ovdun_yrs@mail.ru), R.A. YASHCHENKO¹, Engineer (roma.8929@mail.ru);

N.I. NEBEZHKO³, Engineer (uran74@list.ru); V.D. KOTLYAR¹, Doctor of Sciences (Engineering) (diatomit_kvd@mail.ru)

¹ Don State Technical University (1, Gagarina Square, Rostov-on-Don, 344010, Russian Federation)

² ООО "Elite construction ceramics" (86A, Alexandrovskaya Street, Novochoerkassk, Rostov Region, 346421, Russian Federation)

³ Individual entrepreneur (108, Prosvescheniya Street, Novochoerkassk, Rostov Region, 344000, Russian Federation)

Clinker Brick Based on Screenings Crushing of Sandstones of the Rostov Region

It is shown that the increase in production of wall and road clinker bricks in Russia directly depends on the raw material base. It is noted that the focus on traditional refractory sintering clay raw materials is unpromising due to its low prevalence and high cost. The characteristic of siftings of crushing sandstones of the Eastern Donbass as a new man-made raw material for the production of clinker bricks with a reduced cost is given. Laboratory-technological and semi-factory tests have shown that for the production of clinker bricks, the following selected fractions of siftings can be used: 0–0.63 mm; 0–0.315 mm and 0–0.16 mm, which have the necessary features and which are most efficiently obtained by sieving and separating the bulk of the siftings. The results of research are presented, according to which to achieve water absorption requirements for road clinker bricks (less than 2.5%) the burning temperature for the 0–0.16 mm fraction is 990–1010°C, the temperature for the 0–0.315 mm fraction is 1030–1050°C, and for the 0–0.63 mm fraction it is 1060–1080°C. At these burning temperatures, the required values of the necessary indicators for road clinker bricks are reached with a large margin: strength, density, frost resistance, abrasion resistance, acid resistance. The results allow us to say that sandstone crushing siftings are a promising raw material for obtaining wall and road clinker bricks with minimal cost using simplified technology and in the future Rostov region can become a major center for the production of clinker bricks with a cost available for budget construction.

Keywords: clinker brick, millstone grit, siftings, size range, burning temperature, strength, water absorption.

For citation: Kotlyar A.V., Nebezko Yu.I., Bozhko Yu.A., Yashchenko R.A., Nebezko N.I., Kotlyar V.D. Clinker brick based on screenings crushing of sandstones of the Rostov region. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 8, pp. 9–15. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-9-15>

Требования к глинистому сырью для производства клинкерного кирпича, разработанные в прошлом, имеют ряд специфических требований, которым отвечает ограниченный круг глинистого сырья, что не позволяет рассчитывать на выпуск необходимого для России количества клинкерного кирпича [1]. В связи с этим первостепенной и актуальной

задачей для геологов и технологов является поиск новых доступных сырьевых материалов и отработка технологий для производства дорожного и стенового клинкерного кирпича, клинкерной черепицы и керамического сайдинга, а также различных архитектурных элементов. В Донском государственном техническом университете, осознавая важность задачи и

учитывая, что в последние годы наблюдается неуклонный рост импорта клинкерных изделий из Европы, исчисляемый десятками миллиардов рублей, уделяют этому особое внимание [2–6].

Ростовская область в Европейской части России является крупным производителем бутового камня и щебня для различных видов строительства. Геологической особенностью региона является выход на поверхность пород каменноугольного периода (300–360 млн лет), представленным в основном песчаниками, алевролитами, аргиллитами, глинистыми сланцами и существенно реже известняками. В Ростовской области разведано более сотни месторождений песчаников, которые разрабатывались или разрабатываются в настоящее время. В процессе получения щебня образуются отсеvy дробления с фракционным составом менее 5 мм, которые для примене-

ния в строительстве должны соответствовать требованиям ГОСТ 31424–2010. «Материалы строительные нерудные из отсеvов дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия». В большинстве случаев без дополнительной переработки отсеvy не соответствуют требованиям данного ГОСТа по содержанию пылевидных и глинистых частиц. Это связано с текстурными и структурными особенностями песчаников, когда мелкие прослои, сложенные малопрочными измененными полевошпатовыми, слюдистыми и глинистыми минералами, чередуются с более прочными прослоями, сложенными в большей мере кварцем (рис. 1). Это приводит к тому, что в процессе переработки песчаников (дробление, транспортировка, рассев, перевалка и т. д.) наиболее слабые породы и минералы попадают в мелкие фракции, т. е. отсеvy [7].



Рис. 1. Слоистое строение толщи песчаников
Fig. 1. Layered structure of sandstone strata



Рис. 2. Прослои глины между слоями песчаника
Fig. 2. Clay interlayers between sandstone layers



Рис. 3. Отвалы отсеvов на Кондаковском месторождении
Fig. 3. Dumps of screenings at Kondakovskoye field

Таблица 1
Table 1

Зерновой состав отсеvов дробления песчаников
Grain composition of sandstone crushing screenings

Содержание фракций, мм, мас. %					
5–2,5	2,5–1,25	1,25–0,63	0,63–0,315	0,315–0,16	< 0,16
21,2	18,1	16,5	14,4	12,3	17,5

Таблица 2
Table 2

Химический состав песчаников и отсеvов, мас. %
Chemical composition of sandstones and screenings, wt %

Материал	ППП	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂
Песчаники	2,86	75,83	9,05	4,9	2,24	1,38	0,12	1,9	1,38	0,14
Отсеvy	4,7	63,72	15,8	5,04	2,9	1,65	0,14	3,96	1,68	0,17

Большая часть отсевов дробления является не востребуемой и используется только для обратной засыпки различных выработок и рекультивации, что нерационально. Получение качественного обогащенного песка из отсевов дробления достаточно затратный процесс, так как для этого требуется дополнительное специальное оборудование и часто промывка или сепарация.

Строение толщ песчаников в Ростовской области неодинаково. Если для западной части характерно чередование слоев прочных песчаников с прослоями алевролитов, аргиллитов и глинистых сланцев, то для восточной части характерно чередование слоев песчаников с прослоями аргиллитоподобных глин и даже типичных глин. Последние представляют наибольший интерес для производства различных видов строительной керамики. Одним из таких типичных месторождений является Кондаковское месторождение, находящееся в Константиновском районе Ростовской области. Его особенностью является наличие прослоев пластичных гидрослюдисто-каолиновых глин между слоями песчаника (рис. 2). Значительные площади около карьера занимают отсева, образующиеся при получении щебня (рис. 3).

Отсевы имеют коричневато-серый цвет и влажность около 5–6% на глубине ниже 1 м. Характеризуются усредненным зерновым составом, особенностью которого является повышенное содержание фракции менее 0,16 мм, которой согласно ГОСТ 31424–2010 должно быть не более 3–10% в зависимости от модуля крупности. Фракция 0–0,16 мм в основном представлена глинистыми и тонкодисперсными слюдястыми минералами (серицитом), а также пелитизированными полевыми шпатами (табл. 1).

Химический состав отсевов в сравнении с песчаниками (табл. 2) характеризуется прежде всего повышенным содержанием глинозема и щелочных оксидов за счет увеличения содержания глинистых и слюдястых минералов. Если сравнивать химический состав отсевов с глинистым сырьем, то согласно ГОСТ 9169–79 «Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация», в зависимости от содержания Al_2O_3 в прокаленном состоянии их можно отнести к группе полуокислого сырья, а в зависимости от содержания Fe_2O_3 и TiO_2 в прокаленном состоянии – к группе с высоким содержанием красящих оксидов. Т. е. химический состав отсевов является типичным для суглинков и легкоплавких глин.

Изменения в химическом составе отсевов в отличие от песчаников являются отражением изменений в минеральном составе. Так, если главным минералом песчаников является кварц (50–60%), то в отсевах его количество уменьшается до 40–50%, а содержание выветренных полевых шпатов (альбит, микроклин и др.), слюд (в основном тонкодисперсный пелитизированный биотит) и глинистых минералов увеличивается. Следует отметить, что химико-минералогический состав отсевов пофракционно суще-

ственно отличается. Фракции 1–5 мм в большей степени похожи на материнскую породу – песчаник, фракции менее 1 мм существенно отличаются в сторону увеличения содержания глинозема и щелочных оксидов за счет увеличения содержания полевых шпатов, слюд и глинистых минералов.

В естественном состоянии отсева мало пригодны для производства клинкерных стеновых, дорожных и кровельных керамических изделий. Наибольшая крупность зерен в технологии данных изделий не должна превышать 0,5–1 мм. Нами выделено *три направления подготовки отсевов* для производства вышеуказанных изделий:

- доизмельчение до фракций менее 1–0,1 мм;
- рассев и сепарация с целью удаления крупных фракций;
- удаление более крупных фракций с последующим доизмельчением мелких фракций.

С технико-экономической точки зрения более предпочтительными являются 2-й и 3-й варианты. Во-первых, появляется возможность параллельно с подготовкой керамических масс выпускать востребованный продукт – обогащенный или фракционированный песок. Во-вторых, именно в тонких фракциях содержатся более предпочтительные для керамических масс минералы – глинистые, полевые шпаты, тонкодисперсные слюды. Это отражается на дообжиговых и обжиговых керамических свойствах отсевов. На рис. 4, 5 показаны зависимости пластичности и связности различных фракций отсевов.

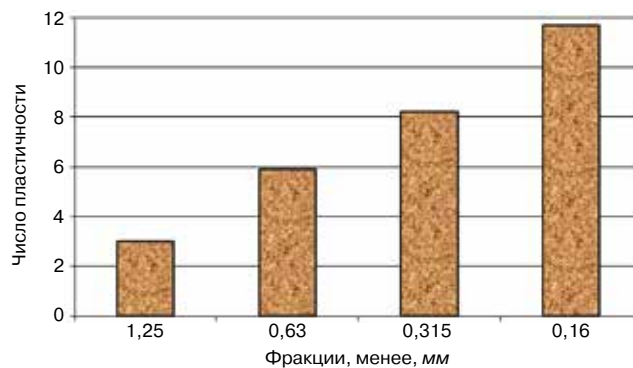


Рис. 4. Зависимость пластичности от фракций отсевов (менее, мм)
Fig. 4. Plasticity dependence on screening fractions (less than, mm)

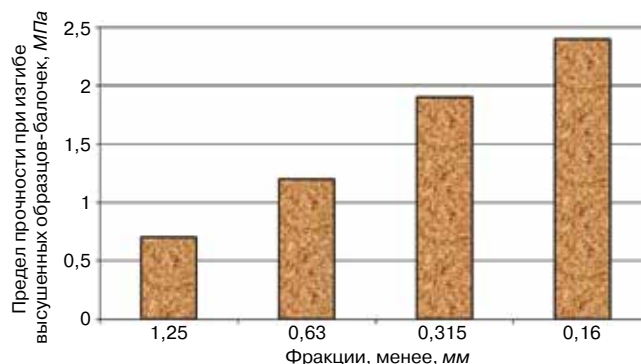


Рис. 5. Зависимость связности от фракций отсевов (менее, мм)
Fig. 5. Dependence of connectivity on screening fractions (less than, mm)

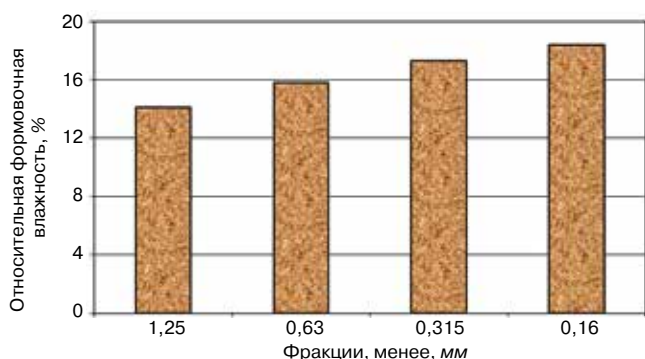


Рис. 6. Зависимость формовочной влажности от фракций отсевов (менее, мм)

Fig. 6. Dependence of moulding humidity on screening fractions (less than, mm)

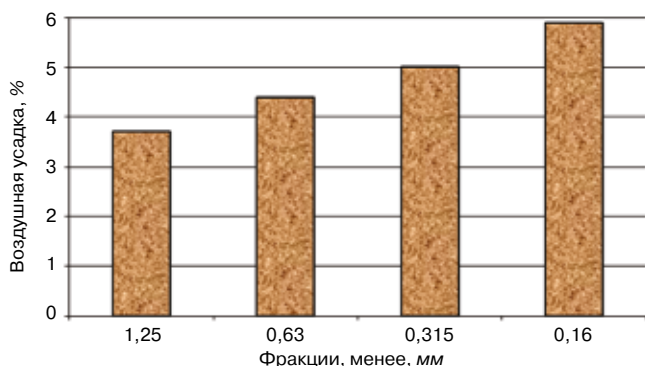


Рис. 7. Зависимость воздушной усадки от фракций отсевов (менее, мм)

Fig. 7. Dependence of air shrinkage on screening fractions (less than, mm)

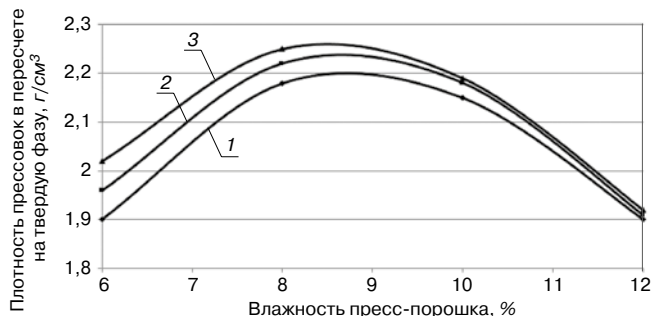


Рис. 8. Зависимость плотности прессовок от влажности пресс-порошка для различных фракционных составов, мм: 1 – 0–0,63; 2 – 0–0,315; 3 – 0–0,16

Fig. 8. Compaction density versus powder humidity for different fractional compositions, mm: 1 – 0–0,63; 2 – 0–0,315; 3 – 0–0,16

Как видно, пластичность и связность закономерно увеличиваются для более тонких фракций отсевов. Это связано в первую очередь с увеличением содержания глинистых минералов и более тонким общим фракционным составом. Такие же зависимости наблюдаются и для формовочной влажности (рис. 6) и воздушной усадки (рис. 7), что является закономерным для технологии керамики на основе камневидного сырья [1, 8–13]. Следует отметить недостаточную связность и плохую формуемость для фракции 0–1,25 мм.

Оценивая данные свойства, можно говорить, что более приемлемым для указанных фракций отсевов дробления песчаников является компрессионный способ формования изделий (полусухое прессование). Для фракции 0–0,16 возможна обычная (давление в головке экструдера 1–2 МПа) или жесткая экструзия (давление в головке экструдера более 2,5–3 МПа). Для дорожного клинкерного кирпича способ компрессионного формования изделий является предпочтительным, так как позволяет получить гораздо большее разнообразие форм изделий. Здесь можно провести аналогию с бетонной тротуарной плиткой, которая в плане форм изделий существенно выигрывает в сравнении с клинкерным кирпичом.

Учитывая результаты, полученные по дообжиговым свойствам, были проведены исследования по определению обжиговых свойств отсевов дробления песчаников по схеме компрессионного формования изделий применительно к получению дорожного клинкерного кирпича для различных выделенных фракций: 0–1,25; 0–0,63; 0–0,315 и 0–0,16 мм. При испытаниях по схеме компрессионного формования учитывалось, что на свойства изделий, помимо степени измельчения исходного сырья и температуры обжига, существенное влияние оказывает степень уплотнения отформованной сырьевой массы. В нашем случае задача состоит в получении сырцовых изделий с возможно максимальной плотностью в пересчете на твердую фазу. Более плотная упаковка зерен в отформованном изделии позволяет снизить температуру обжига и получить изделия с большей прочностью и более низким водопогло-

Таблица 3
Table 3

Оптимальные зерновые составы для достижения плотнейшей упаковки
Optimal cereal compositions to achieve densest packaging

Наибольшая крупность зерен, мм	Содержание фракций, мм, мас. %				
	1,25–0,63	0,63–0,315	0,315–0,16	< 0,16	< 0,08
1,25	29,3 (25–30)	20,5 (18–23)	14,7 (12–16)	10,2 (9–14)	25,3 (22–29)
0,63	–	29 (26–30)	20,8 (18–24)	14,4 (12–17)	35,8 (32–38)
0,315	–	–	29,3 (25–30)	20,3 (18–26)	50,4 (44–60)
0,16	–	–	–	29 (25–35)	71 (65–75)

щением. Плотность отформованных изделий зависит от зернового состава измельченного камневидного сырья, его влажности и давления прессования. Влажность пресс-порошка и давление прессования изделий являются взаимозависимыми факторами и подбираются индивидуально в каждом конкретном случае.

Известно, что наиболее плотную упаковку зерен можно получить при прерывистом зерновом составе, однако его получение в нашем случае нецелесообразно, так как это связано с большими затратами, которые вряд ли себя оправдают.

Оптимальные непрерывистые зерновые составы для получения плотнейшей упаковки рассчитываются различными похожими расчетными формулами – формулой Андреасена, Фуллера и др. Оптимальные зерновые составы пресс-порошков, которые нельзя путать с гранулометрическим составом, при максимальных размерах зерен 1,25; 0,63, 0,315 и 0,16 мм представлены в табл. 3. Как видно, зерновые составы выделенных фракций отсевов (указаны в скобках) близки к оптимальным теоретическим зерновым составам.

Удельные давления прессования для прессов, выпускаемых серийно в настоящее время, находятся в пределах 20–40 МПа. Обычно кирпич компрессионного формования прессуют при давлениях около 30 МПа. Однако большое влияние на уплотняемость оказывает влажность пресс-порошка. И здесь наблюдаются определенные зависимости: при увеличении влажности плотность прессовок вначале увеличивается, достигая определенного максимума, а затем снижается. Связано это с тем, что вода работает как смазка, но при ее избытке она как бы раздвигает зерна, являясь веществом несжимаемым и с более низкой плотностью. Кроме того, при избытке воды, при заданном давлении прессования наблюдается отжим воды и налипание формуемой массы на детали пресс-формы. Учитывая вышесказанное, нами для определения оптимальной влажности и максимальной уплотняемости были проведены эксперименты при давлении прессования 30 МПа для фракций 0–0,16; 0–0,315 и 0,063 мм (рис. 8).

Оптимальной можно считать влажность пресс-порошков на основе отсевов 8–9%. При этой влажности плотность прессовок является максимальной, достигая 2,2–2,25 г/см³, а образцы не имеют дефектов прессования.

Для дорожного клинкерного кирпича основными показателями являются прочность, которая при изгибе должна быть более 7,5 МПа, а при сжатии более 70 МПа (хотя ГОСТ 32311–2012 «Кирпич керамический клинкерный для мощения» этот показатель не регламентирует); водопоглощение – менее 2,5%; морозостойкость – F200 более и истираемость – менее 1,5 г/см². Как правило, если изделие обладает низким водопоглощением и высокой прочностью, морозостойкость и истираемость соот-

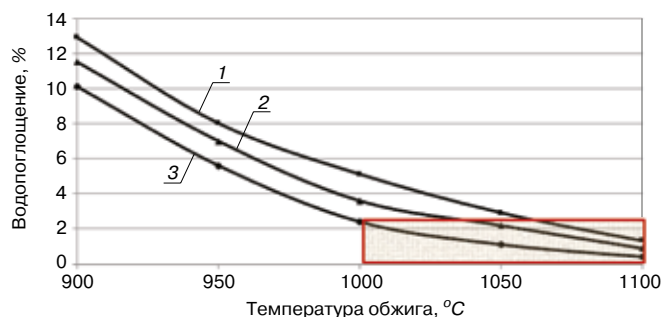


Рис. 9. Зависимость водопоглощения обожженных образцов от температуры обжига и фракционного состава отсевов, мм: 1 – 0–0,63; 2 – 0–0,315; 3 – 0–0,16

Fig. 9. Dependence of water absorption of burnt samples on firing temperature and fractional composition of screenings, mm: 1 – 0–0,63; 2 – 0–0,315; 3 – 0–0,16

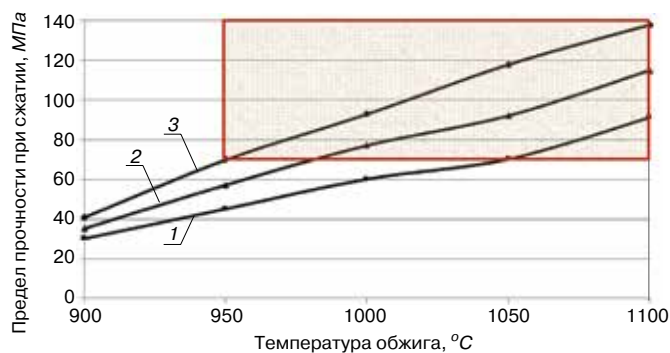


Рис. 10. Зависимость предела прочности при сжатии обожженных образцов от температуры обжига и фракционного состава отсевов, мм: 1 – 0–0,63; 2 – 0–0,315; 3 – 0–0,16

Fig. 10. Dependence of compression strength of burnt samples on firing temperature and fractional composition of screenings, mm: 1 – 0–0,63; 2 – 0–0,315; 3 – 0–0,16

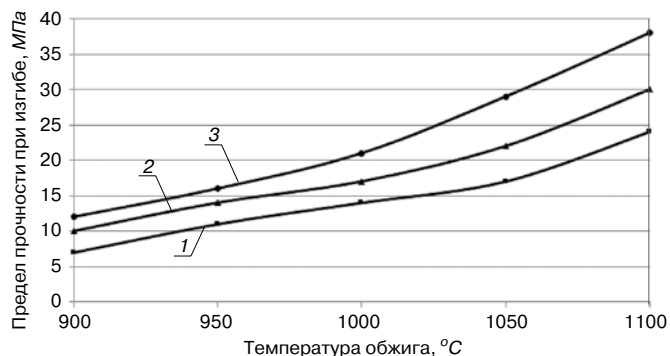


Рис. 11. Зависимость предела прочности при изгибе обожженных образцов от температуры обжига и фракционного состава отсевов, мм: 1 – 0–0,63; 2 – 0–0,315; 3 – 0–0,16

Fig. 11. Dependence of compression strength of burnt samples on firing temperature and fractional composition of screenings, mm: 2 – 0–0,315; 3 – 0–0,16

ветствуют требованиям. На рис. 9–11 показаны зависимости водопоглощения и прочности образцов, отформованных при удельном давлении 30 МПа, оптимальной влажности и температуры обжига. Как видно, требования ГОСТ 32311–2012 по пределу прочности при изгибе достигаются уже при температуре обжига 900°C для всех фракционных составов. Рекомендуемые требования по пределу прочности при сжатии (выше 70 МПа) достигаются для

фракции 0–0,16 мм при температуре обжига 960°C; для фракции 0–0,315 мм – при температуре обжига 980°C, а для фракции 0–0,63 мм – при температуре обжига 1050°C.

Для достижения требований по водопоглощению (менее 2,5%) требуется в сравнении с прочностью более высокая температура обжига. Так, для фракции 0–0,16 мм водопоглощение 2,5% достигается при температуре обжига около 1000°C; для фракции 0–0,315 мм – при температуре обжига 1040°C, а для фракции 0–0,63 мм – при температуре обжига 1070°C. Поэтому при определении температуры обжига для отсевов различного зернового состава необходимо ориентироваться прежде всего на водопоглощение обожженных образцов.

Плотность и огневая усадка обожженных образцов находятся в типичных для спекающихся керамических масс пределах и зависят от температуры обжига и зернового состава отсевов. Плотность спек-

шихся образцов с водопоглощением менее 2,5% составляет более 2200 кг/м³. Огневая усадка находится в пределах 6–7%.

Полученные результаты позволяют утверждать, что отсевы дробления песчаников являются перспективным сырьем для получения стенового и дорожного клинкерного кирпича с минимальной себестоимостью по упрощенной технологии, чему будут посвящены следующие публикации, а снижение температуры обжига, для получения возможности обжига кирпича в обычных печах для стеновой керамики возможно за счет ввода различных модификаторов спекания. В перспективе наши научно-технические разработки в этом направлении, а также инвестиции в строительство новых или реконструкцию существующих предприятий позволят превратить Ростовскую область в крупный центр по производству клинкерного кирпича со стоимостью, доступной для бюджетного строительства.

Список литературы

1. Августиник А.И. Керамика Л.: Стройиздат. 1975. 592 с.
2. Котляр В.Д., Козлов Г.А., Животков О.И., Лапунова К.А. Перспективы использования кремнистых опоковидных пород для производства дорожного клинкерного кирпича низкотемпературного спекания // *Строительные материалы*. 2018. № 4. С. 13–16. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-758-4-13-16>
3. Котляр В.Д., Явруян Х.С., Гайшун Е.С., Терехина Ю.В. Комплексный подход при переработке отходов угледобычи Восточного Донбасса // *Управление муниципальными отходами как важный фактор устойчивого развития мегаполиса*. 2018. № 1. С. 115–118.
4. Столбоушкин А.Ю. Ресурсосберегающая комплексная переработка минерального техногенного сырья в производстве строительных материалов // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2011. № 1. С. 46–53.
5. Kotlyar V.D., Kozlov G.A., Zhivotkov O.I., Lapunova K.A. Paving clinker of low-temperature sintering on the basis of opokamorphic rocks // *Materials Science Forum*. 2018. Vol. 931 MSF, pp. 568–572.
6. Yavruyan K.S., Kotlyar V.D., Gaishun E.S. Medium-fraction materials for processing of coal-thread waste drains for the production of wall ceramics // *Materials Science Forum*. 2018. Vol. 931 MSF, pp. 532–536.
7. Электронный ресурс: <https://sheben-ug.ru/proizvodstvo-shchebnaya-v-rostovskoy-oblasti> (дата обращения: 20.05.2020 г.)
8. Yavruyan K., Gaishun E., Teryokhina Y., Kotlyar V. The research on the sifting from processing of East Donbass refuse heap for manufacturing wall ceramics goods // *MATEC Web of Conferences*. 2018, p. 04055.

References

1. Avgustinik A.I. Keramika [Ceramics]. Leningrad: Stroyizdat. 1975. 592 p.
2. Kotlyar V.D., Kozlov G.A., Zhivotkov O.I., Lapunova K.A. Prospects of the use of siliceous opoka-like rocks for production of paving clinker of low-temperature sintering. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 4, pp. 13–16. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-758-4-13-16>. (In Russian).
3. Kotlyar V.D., Yavruyan Kh.S., Gaishun E.S., Terexhina Yu.V. An integrated approach to the processing of coal mining waste in the Eastern Donbass. *Municipal waste management as an important factor in the sustainable development of a megapolis*. 2018. No. 1, pp. 115–118. (In Russian).
4. Stolboushkin A.Yu. Resource-saving complex processing of mineral technogenic raw materials in the production of building materials. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo*. 2011. No. 1, pp. 46–53. (In Russian).
5. Kotlyar V.D., Kozlov G.A., Zhivotkov O.I., Lapunova K.A. Paving clinker of low-temperature sintering on the basis of opokamorphic rocks. *Materials Science Forum*. 2018. Vol. 931 MSF, pp. 568–572.
6. Yavruyan K.S., Kotlyar V.D., Gaishun E.S. Medium-fraction materials for processing of coal-thread waste drains for the production of wall ceramics. *Materials Science Forum*. 2018. Vol. 931 MSF, pp. 532–536.
7. Electronic resource: <https://sheben-ug.ru/proizvodstvo-shchebnaya-v-rostovskoy-oblasti> (date of access: 20.05.2020).
8. Yavruyan K., Gaishun E., Teryokhina Y., Kotlyar V. The research on the sifting from processing of East Donbass refuse heap for manufacturing wall ceramics goods. *MATEC Web of Conferences*. 2018, p. 04055.

9. Столбоушкин А.Ю., Бердов Г.И., Столбоушкина О.А., Злобин В.И. Влияние температуры обжига на формирование структуры керамических стеновых материалов из тонкодисперсных отходов обогащения железных руд // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2014. № 1. С. 33–41.
10. Талпа Б.В., Котляр В.Д., Терехина Ю.В. Оценка кремнистых опоковидных пород для производства керамического кирпича // *Строительные материалы*. 2010. № 12. С. 20–22.
11. Стороженко Г.И., Столбоушкин А.Ю., Тацки Л.Н. Сравнительный анализ способов подготовки пресс-порошка в технологии керамического кирпича полусухого прессования // *Строительные материалы*. 2008. № 4. С. 24–26.
12. Котляр В.Д., Терехина Ю.В., Котляр А.В., Шека С.И. Опоковидные породы юга России и перспективные направления их использования в производстве строительных материалов // *Новые технологии*. 2012. № 4. С. 61–65.
13. Иванов А.И., Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Принципы создания оптимальных структур керамического кирпича полусухого прессования // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 65–70.
9. Stolboushkin A.Yu., Berdov G.I., Stolboushkina O.A., Zlobin V.I. Influence of the firing temperature on the formation of the structure of ceramic wall materials from fine-dispersed waste of iron ore dressing. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo*. 2014. No. 1, pp. 33–41. (In Russian).
10. Talpa B.V., Kotlyar V.D., Terekhina Yu.V. Evaluation of siliceous opoka-like rocks for ceramic brick production. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2010. No. 12, pp. 20–22. (In Russian).
11. Storozhenko G.I., Stolboushkin A.Yu., Tatski L.N. Comparative analysis of methods of preparation of press powder in the technology of ceramic bricks of semi-dry pressing. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2008. No. 4, pp. 24–26. (In Russian).
12. Kotlyar V.D., Terekhina Yu.V., Kotlyar A.V., Sheka S.I. Opoka-like rocks of the south of Russia and promising directions of their use in the production of building materials. *Novye tekhnologii*. 2012. No. 4, pp. 61–65. (In Russian).
13. Ivanov A.I. Stolboushkin A.YU., Storozhenko G.I. Principles for creating optimal structures of semi-dry pressed ceramic bricks. *Stroitel'nye Materialy [Construction materials]*. 2015. No. 4, pp. 65–70. (In Russian).

Реклама

LINGL – ПАРТНЕР ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Грубая керамика



Огнеупоры



Техническая керамика



Санитарная керамика

LINGL предлагает оптимальные решения для всех стадий разработки проекта керамического производства: Наши инженеринговые услуги, в том числе исследование сырья, разработка технологии, а также индивидуальная оптимизация оборудования и перспективные концепции производства помогают нашим клиентам получать конкурентные преимущества.

Сервисное обслуживание является для фирмы LINGL очень важным аспектом. Мы оказываем всестороннюю поддержку российским клиентам совместно с нашим сервисным филиалом „ООО Лингл Сервис“ в г. Санкт-Петербурге

Это снабжение запасными и изнашиваемыми деталями, разработка мер по оптимизации и модернизации производства, техническое обслуживание, ремонт, проведение обучений и тренингов.

Качество, компетенция и надежность способствуют поддержанию длительных партнерских отношений - для сохранения этих ценностей мы работаем для Вас уже более 80 лет!

LINGL - качество „Сделано в Германии“



MADE IN GERMANY



CERAMBRICKTECH 2021

Представительство LINGL в России:
Глеб Юшкин - glob.yushkin@lingl.ru
Тел.: +7 812 309 5611 - Моб.: +7 911 812 2237

Представительство фирмы „ЛИНГЛ“ в России и странах СНГ 196247, Россия, г. Санкт-Петербург - Ленинский проспект, дом 160 офис 305-1 - тел. +7 812 309 5611 - моб. тел. +7 911 812 2237 - mail: lingl.russia@gmail.com

www.lingl.com

А.Н. БЕСКОПЫЛЬНЫЙ, д-р техн. наук (reception@donstu.ru), Х.С. ЯВРУЯН, канд. техн. наук (khungianos@mail.ru),
Е.С. ГАЙШУН (subaru156@yandex.ru), А.В. КОТЛЯР, канд. техн. наук (toss871@yandex.ru),
А.С. ГАЙШУН (subaru156@yandex.ru)

Донской государственный технический университет (344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1).

Высокоэффективные керамические камни из отсевов переработки террикоников Восточного Донбасса

Показана перспективность применения крупноформатных керамических камней для современного жилищного строительства. Приводится обзор сырьевых материалов и технологий для их получения. Подчеркивается, что наиболее перспективной технологией для производства крупноформатных керамических камней является технология жесткой экструзии с возможностью укладки сырцовых изделий на обжиговые вагонетки и ускоренными режимами сушки и обжига. Дается характеристика отсевов переработки террикоников Восточного Донбасса, являющихся попутными продуктами угледобычи как основного сырья для производства крупноформатных керамических камней. Приводятся их керамические свойства и результаты подбора сырьевых масс, включающие: отсевы – 60–65%; кремнистые глины – 20–30% угольные шламы – 10–15%, на основе которых возможно получение изделий с пониженной себестоимостью и повышенной прочностью для несущих стеновых конструкций. Отмечаются особенности микроструктуры керамического материала на основе полученной сырьевой смеси обладающей оптимальной пористостью. Показано, что вовлечение террикоников в процесс производства керамических камней позволит получать изделия с плотностью менее 800 кг/м³, теплопроводностью менее 0,2 м·°C/Вт и маркой по прочности М150 и выше, с минимальной себестоимостью. Это позволит создать серьезную конкуренцию изделиям из газосиликата и достичь уровня использования керамических камней в общем объеме стеновых изделий для жилищного строительства 80%, как в Западной Европе.

Ключевые слова: ресурсосбережение, терриконик, отсевы, керамический камень, глина, угольный шлак, плотность, прочность.

Для цитирования: Бескопыйный А.Н., Явруян Х.С., Гайшун Е.С., Котляр А.В., Гайшун А.С. Высокоэффективные керамические камни из отсевов переработки террикоников Восточного Донбасса // *Строительные материалы*. 2020. № 8. С. 16–21.

DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-16-21>

A.N. BESKOPYLNY, Doctor of Sciences (Engineering), K.S. YAVRUYAN, Candidate of Sciences (Engineering), E.S. GAISHUN, Student (subaru156@yandex.ru), A.V. KOTLYAR, Candidate of Sciences (Engineering), A.S. GAISHUN, Student (Engineering).
Don state University of civil engineering (1, Gagarina Square, Rostov-on-Don, 344010, Russian Federation)

High-Performance Ceramic Stones from Waste Disposal sites in Eastern Donbass

This article shows the possibilities of using large – sized ceramic stones for modern housing construction. The article includes an overview of raw materials and technologies for their production. It is emphasized, that the most promising technology for the production of large-sized ceramic stones is the technology of rigid extrusion with the possibility of laying raw products on firing trolleys and accelerated modes of drying and firing. The characteristic of the screenings of processing waste heaps of the Eastern Donbass, which are by-products of coal mining, as the main raw material for the production of large-sized ceramic stones is given. The article presents their ceramic properties and the results of the selection of raw materials, including: screenings – 60–65%; siliceous clays – 20–30% coal sludge – 10–15%, based on which it is possible to obtain products with a reduced cost and increased strength for load-bearing wall structures. The features of the microstructure of a ceramic material based on the obtained raw mixtures with optimal porosity are noted. It is also shown that the involvement of waste heaps in the production of ceramic stones will make it possible to obtain products with a density of less than 800 kg/m³, a thermal conductivity of less than 0,20 m·°C / Watt and a strength grade of M150 and higher, with a minimum net cost. This will create a serious competition for gas silicate products and achieve the level of use of ceramic stones in the total volume of wall products for residential construction of 80%, as in Western Europe.

Keywords: waste heaps, screenings, ceramic stone, clay, coal sludge, density, durability.

For citation: Beskopylny A.N., Yavruyan K.S., Gaishun E.S., Kotlyar A.V. Gaishun A.S. High-performance ceramic stones from waste disposal sites in Eastern Donbass. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 8, pp. 16–21. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-16-21>

Начало XIX в. для промышленности стеновой керамики ознаменовано строительством новых предприятий, выпускающих крупноформатные высокопористые керамические камни. Так же как в Западной Европе в 1980–1990-х гг., в России керамические камни с пониженной плотностью и теплопроводностью стали теснить стеновые изделия из бетона в гражданском строительстве. Это закономерно, если объективно сравнивать по всем аспектам строительства и эксплуатации зданий керамические камни с другими стеновыми изделиями. В общем объеме стеновых изделий для жилищного строительства в Западной Европе керамические камни составляют около 80%. В

России этот показатель существенно ниже, что обусловлено в значительной степени высокой стоимостью изделий [1–6]. Поэтому для широкого внедрения в строительство крупноформатных керамических камней плотностью менее 800 кг/м³ актуальной задачей является снижение себестоимости изделий. Достичь этого возможно только при комплексном подходе – снижении затрат на сырьевые материалы, снижении затрат на обжиг и технологические операции, а также снижении затрат на строительство новых или модернизацию существующих предприятий.

Проводимые в последние годы исследования в Донском государственном техническом университете

позволили разработать технологию, особенно актуальную для угледобывающих и прилегающих к ним регионов, – производство крупноформатных поризованных керамических камней на основе отсевов переработки терриконигов с жесткой экструзией изделий.

Технология жесткой экструзии в настоящее время является передовой при производстве изделий стеновой керамики. Возникла она благодаря созданию мощных экструдеров, способных формовать изделия при пониженной влажности при давлении в головке пресса более 2,5 МПа, и теперь является доминирующей в ряде стран. Благодаря этому отформованные изделия имеют прочность, которая позволяет укладывать их сразу на печные вагонетки, что сокращает затраты на сушку и транспортировку изделий. Отсутствие такой операции, как перекладка изделий с сушильных вагонеток на обжиговые, значительно упрощает технологическую схему, снижает количество машин и существенно сокращает технологические расходы. Инвестиции в строительство новых кирпичных заводов с применением технологии жесткой экструзии на 30–35% меньше, чем при строительстве заводов по технологии пластического формования, существенно меньше требуется и производственных площадей.

С экономической точки зрения отсевы переработки терриконигов являются весьма привлекательным сырьем для производства изделий стеновой керамики и других изделий. При переработке терриконигов с целью извлечения угля образуются различные попутные материалы, которые классифицируются по зерновому составу, количеству угольной составляющей и минералого-петрографическому составу [7–9].

По зерновому составу выделяют четыре группы материалов:

- крупные (К) – фракции от 5 мм до 150 мм;
- средние (С) – фракции от 2 до 5 мм;
- мелкие (М) – фракции от 0,5 до 2 мм;
- тонкие (Т) – фракции от 0 до 0,5 мм.

По содержанию угольной составляющей попутные продукты переработки терриконигов также разделяют на четыре группы:

- безуглистые (БУ) – содержание угля менее 1%;
- с низким содержанием (НС) – количество угля до 1–10%;
- со средним содержанием (СС) – количество угля 10–25%;
- с высоким содержанием (ВС) – количество угля более 25%.

По минералого-петрографическому составу попутные продукты переработки терриконигов разделяются на три группы:

– I группа – материалы, где основными породами, не считая угля, являются аргиллиты, глинистые сланцы и аргиллитоподобные глины. Данные породы при измельчении менее 1–0,1 мм обладают умеренной или малой пластичностью и связующей способностью;

– II группа – материалы, где основными породами являются алевролиты и песчаники. Данные породы даже при измельчении не обладают пластичностью и удовлетворительной связующей способностью;

– III группа – материалы смешанного состава, где присутствуют породы I и II в различном соотношении.

Отсевы относятся к среднефракционным материалам (С) и, что касается Восточного Донбасса, представлены, как правило, алевролитами с примесью аргиллитов. Содержание угля в них не превышает 1%. Если крупнофракционные материалы широко используются в гражданском, промышленном и дорожном строительстве, а мелкие и тонкие материалы – как низкокалорийное топливо, то отсевы являются наименее востребованными материалами при переработке терриконигов. Они практически не имеют потребительской стоимости, и предприятия несут затраты, связанные с их хранением. На основании приведенных выше предпосылок был проведен комплекс исследований по изучению возможности получения крупноразмерных керамических камней с пониженной плотностью и теплопроводностью на основе отсевов.

По химическому составу отсевы переработки терриконигов Восточного Донбасса мало отличаются от глинистого сырья (см. таблицу). Содержание оксидов кремния и алюминия близко к полукислому глинистому сырью. Содержание оксида железа идентично любому темножгущемуся глинистому сырью. Содержание щелочных оксидов с преобладанием оксида калия за счет наличия слюд и калиевых полевых шпатов соответствует легкоплавкому и тугоплавкому глинистому сырью. Принципиальным отличием отсевов от глин является отсутствие глинистых минералов или их малое количество. За счет этого даже измельченные отсевы не обладают пластичностью или являются малопластичными, если содержат в своем составе аргиллиты или аргиллитоподобные глины. Это не позволяет формовать изделия экструзионным способом, хотя обожженные образцы на основе отсевов обладают достаточно высокой прочностью и хорошо спекаются. Основными факторами, влияющими на свойства обожженных образцов, являются степень измельчения отсевов и температура обжига.

Усредненный химический состав СППТ без учета угольной составляющей
The average chemical composition of the SPT, excluding the coal component

Потери при прокаливании	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O
3,2–6,4	57,6–65,6	16,8–22,4	3,2–6,2	1–3,6	0,4–2,2	0,3–1,1	2,2–4,8	0,9–2,1

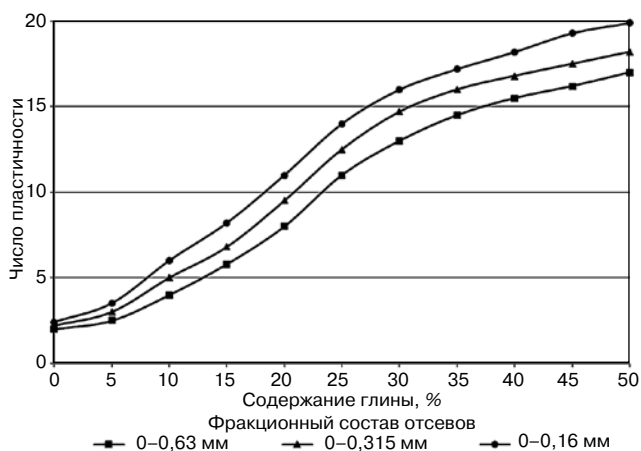


Рис. 1. Зависимость пластичности сырьевой массы от содержания кремнистой глины и зернового состава отсевов
Fig. 1. Dependency of the plasticity of raw materials on the siliceous clay content and grain size composition of screenings

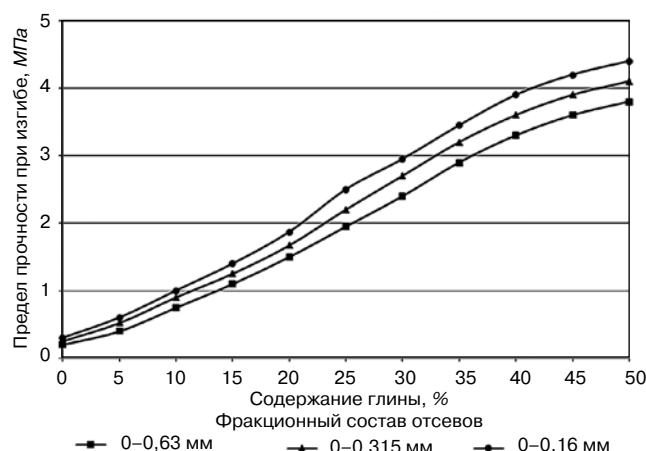


Рис. 2. Зависимость связности сырьевых масс от содержания кремнистой глины и зернового состава отсевов
Fig. 2. Dependency of the cohesion of raw materials on the siliceous clay content and grain size composition of screenings

Наиболее оптимальным с технико-экономической точки зрения является ввод в состав сырьевых масс пластичных глин. Нами в качестве пластифицирующей добавки были выбраны кремнистые глины, являющиеся среднепластичным, среднесперсным (содержание фракции менее 1 мкм составляет 47–53%), легкоплавким глинистым сырьем, имеющим широкое распространение на Юге России [10]. Их особенностью является монтмориллонитовый состав глинистой составляющей и наличие аморфного опалового кремнезема в виде тонкодисперсных обломков раковин диатомей. Даже небольшое количество кремнистых глин позволяет существенно повысить пластичность и связность сырьевых масс (рис. 1, 2).

Уже при содержании глины в составе сырьевой смеси 20–25% достигается необходимая для жесткой экструзии пластичность в 10 ед., прочность сырца при влажности 14–15% составляет 0,5–1 МПа, что вполне достаточно для его укладки в пакетах на печные вагонетки с помощью роботов со специальными захватами. Механическая прочность при изгибе образцов в сухом состоянии достигает 2–2,5 МПа, что также достаточно для беспрепятственного прохождения всех технологических операций.

При содержании кремнистой глины в составе сырьевой смеси 20–25% воздушная усадка в зависимости от степени измельчения отсевов составляет 3,5–4,7%, а сырьевые массы являются малочувствительными к сушке. Лабораторные образцы высушивались без дефектов в течение 36 ч. Примерно за такой же период можно будет высушить и керамические камни стандартных наиболее ходовых размеров формата 10,7 НФ и 14,3 НФ, так как их пустотность обычно составляет в среднем 55%. Закономерным для технологии керамики является увеличение пластичности и связности сырьевых масс при более тонком измельчении отсевов.

Ввод кремнистой добавки оказывает заметное влияние на прочность обожженных образцов только при повышенной температуре обжига – выше 1000°C.

На рис. 3 для примера показано влияние кремнистой глины и температуры обжига на предел прочности образцов при фракционном составе отсевов 0–0,315 мм. Как видно, при содержании глины 20% образцы при температуре обжига 950°C имеют предел прочности при сжатии более 30 МПа, а при температуре обжига 1000°C более 40 МПа. Этой прочности обожженного материала вполне достаточно для получения изделий с маркой по прочности М150–200 и пустотностью 55%. Однако сам керамический материал при этом характеризуется повышенной плотностью (более 1800 кг/м³), что существенно влияет на теплопроводность самих изделий и теплопроводность каменной кладки.

Также важным является вопрос снижения себестоимости изделий, и в частности затрат на обжиг, которые могут достигать 25%. На основании вышеуказанных предпосылок наиболее рациональным является ввод в состав сырьевых смесей тонкодисперсных продуктов переработки террикоников, которые обычно называют угольным шламом, так как изначально из технологического цикла они выходят

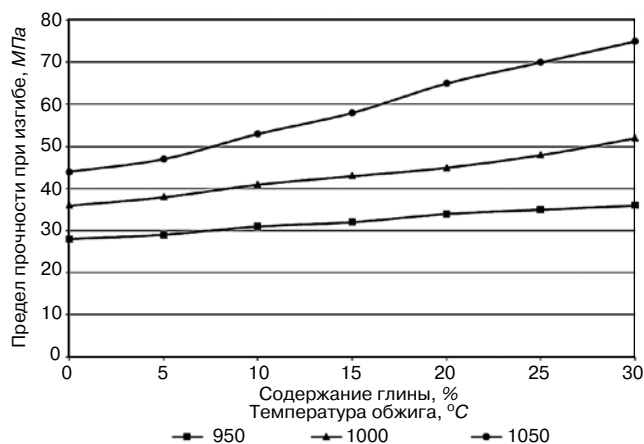


Рис. 3. Зависимость прочности обожженных образцов от содержания кремнистой глины и температуры обжига
Fig. 3. Dependency of the strength of fired samples on the siliceous clay content and firing temperature

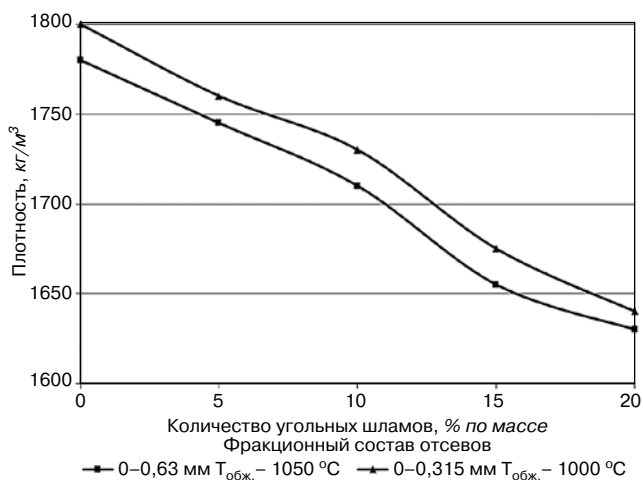


Рис. 4. Зависимость плотности обожженных образцов от содержания угольных шламов.
Fig. 4. Dependency of the density of fired samples on the coal sludge content.

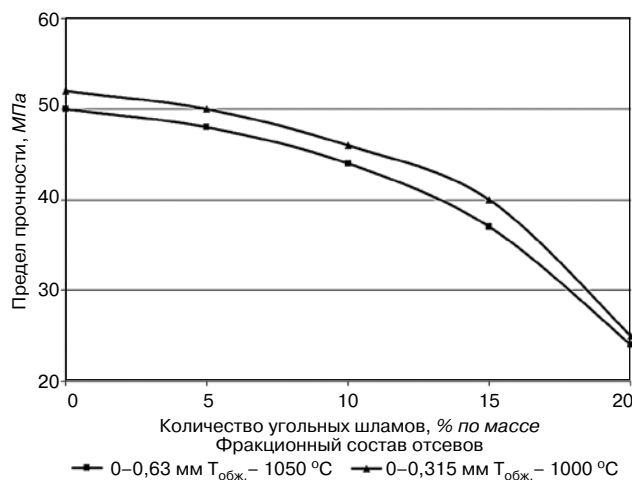


Рис. 5. Зависимость прочности обожженных образцов от содержания угольных шламов.
Fig. 5. Dependency of the strength of fired samples on the coal sludge content.

в виде пульпы и только потом обезвоживаются естественным путем. Содержание угольной составляющей в них обычно от 30 до 50%. Минеральная часть представлена обычно аргиллитами, так как они обладают небольшой прочностью и в процессе технологической переработки (дробление, рассев, увлажнение) переходят в тонкие фракции, в силу чего они умеренно пластичны. Угольные шламы в составе керамических масс в нашем случае выполняют три функции:

- являются порообразующей добавкой, снижающей плотность и теплопроводность изделий;
- являются пластифицирующей по отношению к отсевам добавкой и своего рода «технологической смазкой», так как тонкодисперсные угольные частицы существенно снижают внешнее трение при формировании изделий;
- являются топливной добавкой, позволяющей существенно сократить или вообще отказаться от внешнего топлива для обжига — газа.

Однако следует учесть, что стоимость калории тепла угольных шламов в 15–20 раз ниже в сравнении с чистым углем или газом. Содержание угля в составе керамической массы для обжига стеновых изделий не должно превышать 8–10 мас. %, иначе при обжиге будет выделяться больше тепла, чем надо для обжига [11–14].

Нами для экспериментов и по технологическим показателям были выбраны угольные шламы с содержанием угля около 45%. На рис. 3, 4 для примера приведены зависимости плотности и прочности образцов от количества угольного шлама при различном фракционном составе отсевов и различной температуре обжига. Исходя из прочностных показателей образцов для фракции отсевов 0–0,315 мм оптимальной температурой обжига является 1000°C, для фракции отсевов 0–0,63 мм — 1050°C. Для фракции 0–0,16 мм температура обжига может быть снижена до 950–970°C, однако при этом существенно

возрастают затраты на измельчение материала и поиск оптимума между температурой обжига и степенью измельчения отсевов определяется в каждом конкретном случае.

Как видно, с увеличением содержания шлама закономерно снижается плотность и прочность образцов. При этом плотность уменьшается относительно равномерно, а прочность более резко снижается при содержании шламов от 15%. Для фракции отсевов 0–0,63 мм предел прочности при сжатии образцов при содержании шламов 15% составляет около 37 МПа при плотности 1660 кг/м³. Для фракции отсевов 0–0,315 мм предел прочности при сжатии образцов составляет около 40 МПа при плотности 1675 кг/м³. Эти показатели позволяют получать керамические камни с пустотностью 55%, плотностью 750 кг/м³ и прочностью 16–18 МПа. Это марка изделий по прочности М150, что позволяет использовать их для несущих стен.

При содержании шламов 15% в составе сырьевой смеси газа на обжиг изделий практически не требуется. Он нужен только для поддержания горения. Технико-экономические расчеты показали, что содержание угольных шламов в количестве 15% в составе сырьевой смеси с такой зольностью и калорийностью является оптимальным.

Результаты проведенных нами работ показали возможность производства крупноразмерных керамических камней на основе отсевов переработки терриконов с пониженной себестоимостью, что даст значительный технико-экономический эффект для всей строительной отрасли и позволит значительно увеличить производство и применение данных изделий. Чтобы ускорить работы в этом направлении, необходима разработка технических условий для отсевов как сырья для производства стеновых керамических изделий и разработка оптимальных технологических решений с конкретным подбором оборудования.



Список литературы

1. Явруян Х.С., Гайшун Е.С. Анализ состояния отходов угледобывающей промышленности и использования их в производстве керамических изделий // *Научное обозрение*. 2016. № 24. С. 40–46.
2. Явруян Х.С., Гайшун Е.С., Котляр В.Д. Крупно-размерные высокоэффективные керамические камни и блоки из ячеистых бетонов в современном строительстве и архитектуре. В кн.: Архитектура. Строительство. Дизайн: история, опыт, новации: Монография. Кн. 2. Воронеж: Воронежский государственный университет. 2018. С. 26–35.
3. Yavruyan Kh.S., Gaishun E.S., Kotlyar V.D., Serebryanaya I.A., Filippova A.A., Gaishun A.S. Selection of compositions of ceramic masses based on industrial wastes using mathematical planning methods // *E3S Web Conf. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering 2019 (TPACEE 2019)*. 2020. Vol. 164. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016414017>
4. Котляр В.Д., Явруян Х.С., Гайшун Е.С., Терехина Ю.В. Комплексный подход при переработке отходов угледобычи Восточного Донбасса. *Управление муниципальными отходами как важный фактор устойчивого развития мегаполиса*. 2018. № 1. С. 115–118.
5. Yavruyan Kh.S., Gaishun E.S., Teryokhina Yu.V., Kotlyar V.D., The research on the sifting from Donbass refuse heap for manufacturing wall ceramic goods. *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 196(682):04055 DOI: 10.1051/matecconf/201819604055
6. Божко Ю.А., Лазарева Я.В., Гайшун Е.С. Фазовые преобразования кремнистых глин в процессе обжига керамики. *63-я Международная научная конференция астраханского государственного технического университета, посвященная 25-летию Астраханского государственного технического университета*. 2019.
7. Фомина О.А., Столбоушкин А.Ю. Апробация метода исследования переходного слоя ядро–оболочка керамических матричных композитов на примере углеотходов. *Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России. Труды II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Новокузнецк, 8–10 октября 2019. С. 123–126.
8. Гайшун Е.С., Гайшун А.С., Явруян Х.С. Техногенное сырье угольного ряда для производства грубой строительной керамики // *Актуальные проблемы науки и техники*. 2019. С. 762–763.
9. Столбоушкин А.Ю. Перспективное направление развития строительных керамических материалов из низкокачественного сырья // *Строительные материалы*. 2018. № 4. С. 24–28. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-758-4-24-28>
10. Yavruyan Kh.S., Kotlyar V.D., Gaishun E.S. Medium-fraction materials for processing of coal-thread waste drains for the production of wall ceramics. *Materials*

References

1. Yavruyan Kh.S., Gaishun E.S. Analysis of the state of coal mining waste and its use in the production of ceramic products. *Nauchnoe obozrenie*. 2016. No. 24, pp. 40–46. (In Russian).
2. Yavruyan Kh.S., Gaishun E.S., Kotlyar V.D. Krupno-razmernyye vysokoeffektivnyye keramicheskiye kamni i bloki iz yacheistyx betonov v sovremennom stroitel'stve i arkhitekture. V kn. *Arkhitektura. Stroitel'stvo. Dizayn: istoriya, opyt, novatsii. Monografiya. Kniga 2. [Large-sized high-performance ceramic stones and aerated concrete blocks in modern construction and architecture. In the book. Architecture. Building. Design: history, experience, innovation. Monograph. Book 2.] Voronezh: Voronezh State University. 2018, pp. 26–35.*
3. Yavruyan Kh.S., Gaishun E.S., Kotlyar V.D., Serebryanaya I.A., Filippova A.A., Gaishun A.S. Selection of compositions of ceramic masses based on industrial wastes using mathematical planning methods. *E3S Web Conf. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering 2019 (TPACEE 2019)*. 2020. Vol. 164. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016414017>
4. Kotlyar V.D., Yavruyan Kh.S., Gaishun E.S., Terekhina Yu.V. Integrated approach to processing coal mining waste in Eastern Donbass. *Municipal waste management as an important factor in the sustainable development of a metropolis*. 2018. No. 1, pp. 115–118. (In Russian).
5. Yavruyan Kh.S., Gaishun E.S., Teryokhina Yu.V., Kotlyar V.D., The research on the sifting from Donbass refuse heap for manufacturing wall ceramic goods. *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 196(682):04055 DOI: 10.1051/matecconf/201819604055
6. Bozhko Yu.A., Lazareva Ya.V., Gaishun E.S. Phase transformations of siliceous clays in the process of firing ceramics Phase transformations of siliceous clays during ceramics firing. *63rd International Scientific Conference of Astrakhan State Technical University, dedicated to the 25th anniversary of Astrakhan State Technical University*. 2019. (In Russian).
7. Fomina O.A., Stolboushkin A.Yu. Approbation of the method for studying the core-shell transition layer of ceramic matrix composites by the example of coal waste. *Topical issues of modern construction of industrial regions of Russia. Proceedings of the II All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation*. Novokuznetsk, 8–10 October 2019, pp. 123–126. (In Russian).
8. Gaishun E.S., Gaishun A.S., Yavruyan Kh.S. The use of raw coal-based materials for the production of ceramic stones. *Aktual'nye problemy nauki i tekhniki*. 2019, pp. 762–763. (In Russian).
9. Stolboushkin A.Yu. Perspective direction of development of building ceramic materials from low-grade stock. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2018. No. 4, pp. 24–28. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-758-4-24-28> (In Russian).
10. Yavruyan Kh.S., Kotlyar V.D., Gaishun E.S. Medium-fraction materials for processing of coal-thread waste

- Science Forum. 2018. Vol. 931, pp. 532–536. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.532
11. Котляр В.Д., Явруян Х.С. Стеновые керамические изделия на основе тонкодисперсных продуктов переработки террикоников // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 38–41. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2017-747-4-38-41>
 12. Явруян Х.С., Котляр В.Д., Гайшун Е.С., Комплексная переработка угольных отвалов Восточного Донбасса для получения строительной керамики // *Наукоёмкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов*. 2019. № 5. С. 489–494.
 13. Yavruyan Kh.S., Gaishun E.S., Kotlyar V.D., Okhotnaya A.S. Features of phasea mineralogical conversions when burning wall ceramics on the basis of secondary materials for processing coal deposits of eastern Donbass. *Materials Science Forum*. 2019, pp. 67–74. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.974.67>
 14. Талпа Б.В. Техногенные ресурсы угольного ряда Восточного Донбасса и перспективы их использования в керамической промышленности // *Строительные материалы*. 2018. № 8. С. 58–61. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-762-8-58-61>
 15. Гайшун Е.С. Керамические камни из техногенного сырья угольного ряда. *Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России*. 2019. С. 235–236.
 - drains for the production of wall ceramics. *Materials Science Forum*. 2018. Vol. 931, pp. 532–536. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.532
 11. Kotlyar V.D., Yavruyan K.S. Wall ceramic articles on the basis of fine-disperse products of waste pile processing. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 38–41. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2017-747-4-38-41>. (In Russian).
 12. Yavruyan Kh.S., Kotlyar V.D. Gaishun E.S., Complex processing of coal waste of the Eastern Donbass for the production of ceramic products. science-intensive technologies for the development and use of mineral resources. *Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov*. 2019. No. 5, pp. 489–494. (In Russian).
 13. Yavruyan Kh.S., Gaishun E.S., Kotlyar V.D., Okhotnaya A.S. Features of phasea mineralogical conversions when burning wall ceramics on the basis of secondary materials for processing coal deposits of eastern Donbass. *Materials Science Forum*. 2019, pp. 67–74. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.974.67>
 14. Talpa B.V. Anthropogenic resources of carbon series of Eastern Donbass and prospects of their use in ceramic industry. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 8, pp. 58–61. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-762-8-58-61> (In Russian).
 15. Gaishun E.S. Ceramic stones made out of technogenic raw materials of the coal range. Topical issues of modern construction of industrial regions of Russia. 2019, pp. 235-236. (In Russian).

Honeywell

ВТ Волгатерм Инженерно-производственный центр
теплотехнических решений промышленного газоиспользования

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧЕЙ
ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**ПОСТАВКА ГАЗОВОГО
ОБОРУДОВАНИЯ
И СИСТЕМ
АВТОМАТИКИ**

**ОБУЧЕНИЕ
НАЛАДКА**

**СЕРВИСНОЕ
ОБСЛУЖИВАНИЕ**

ООО «Волгатерм»
официальный дистрибьютор
компании АО «Хоневелл»
Тел. (831) 228-57-01, 253-44-83
факс (831) 437-68-91
www.kromschroeder.ru
volgatherm@kromschroeder.ru

kromschroeder **ECLIPSE** **MAXON**
Innovative Thermal Solutions



ООО «ТехКом» – успешная, активно завоевывающая репутацию на кирпичном рынке инжиниринговая и посредническая компания, специализирующаяся на оказании комплексных услуг и поставке оборудования для кирпичных заводов.

Основные направления деятельности компании «ТехКом»:

- подбор и поставка технологического оборудования: формовочная оснастка, запасные части (бандажи для перерабатывающего оборудования, двигателя; вакуум-насосы, оборудование для подачи и просеивания опила и т. д.);
- инжиниринг технологических линий по производству керамических строительных материалов в следующих направлениях: разработка и внедрение новых видов продукции, рекламационная работа, внедрение энергоэффективных мероприятий, технологический аудит;
- очистка кирпичных фасадов от любых видов загрязнений: подбор и поставка химических средств, обучение методикам очистки, оказание консультационных выездов на строительные объекты.

Данные предложения **ООО «ТехКом»** отработаны и запущены на ряде крупнейших предприятий УрФО и ЦФО, выпускающих керамический кирпич. Компания делится с клиентами накопленными знаниями и опытом, которые, несомненно, будут полезны для кирпичных заводов России.

Поставка формовочной оснастки

ООО «ТехКом» является эксклюзивным представителем чешской компании-производителя формовочной оснастки для керамической промышленности **Malafa – Malafová**.

Компания широко известна среди европейских производителей кирпича и ряда кирпичных заводов



в Белоруссии и России и специализируется на производстве формовочных мундштуков и прессовых головок, используемых в керамической промышленности.

Компания **Malafa – Malafová** предоставляет полный спектр услуг: разработка технического проекта будущего мундштука, включая расчет пустотности в зависимости от прочностных и изоляционных свойств пустотелого кирпича с использованием системы CAD и 3D; изготовление как мундштука в комплекте, так и отдельных компонентов для него: керны, скобы и внутренние калибровочные рамки. Стандартное решение по поставке: мундштуки и высокой прочности по всему поперечному сечению скоб (до 3,7 МПа без деформации, давление при производстве кирпича сырца), использованием стальных профилей толщиной 6 и 10 мм. Мундштуки рассчитаны на максимальную производительность прессы при достижении минимального сопротивления сырья. Благодаря этому снижается износ шнеков и энергопотребление прессы. Слой хромировки на функциональных поверхностях мундштука обеспечивает постоянные размеры формуемого сырца в течение всего срока эксплуатации мундштука. Проверенный минимальный срок эксплуатации хромировки на рамке и скобе составляет от 100 и до 500 км сформованного сырца в зависимости от свойств сырья.

Формовочная оснастка компании **Malafa – Malafová** гарантирует одинаковую толщину внутренних стенок отформованных изделий. Оси кернодержателей выравниваются с точностью $\pm 0,2$ мм по отношению к



осевому шагу кернов в мундштуке. Кернодержатели имеют систему, препятствующую их проворачиванию.

Компания **Malafa – Malafová** спроектирует, изготовит, а компания «**ТехКом**» поставит и настроит для вас высококачественную фильеру по цене значительно ниже, чем у конкурирующих европейских фирм.

Инжиниринговая деятельность

Одной из задач каждого собственника или директора предприятия является изыскание резервов: трудовых, финансовых, рабочего времени, средств и предметов труда, общепроизводственных, технологических и т. д.

Одним из современных инструментов, помогающих руководителям в поиске резервов является инжиниринг производственной деятельности.

Инжиниринг – это способ проверки технологического состояния предприятия с помощью определенных критериев, дающий возможность выявления его сильных и слабых сторон, что ведет к подготовке плана развития и/или модернизации, формулировке стратегии, направленной на повышение эффективности работы предприятия.

Инжиниринг производства поможет ответить собственникам предприятия на следующие вопросы:

- Как повысить качество продукции?
- Как снизить энергозатратность производственных процессов и уменьшить себестоимость продукции?
- Где скрыты резервы по производительности технологической линии?
- Как расширить ассортимент продукции?
- Оборудование каких производителей выбрать для реконструкции с учетом особенностей конкретного производства?
- Как разработать технологические регламенты?
- Как повысить рентабельность продукции?
- Как уменьшить потери?
- Как оптимизировать производство?

Компания «ТехКом» имеет штат инженеров, которые ответят на эти и многие другие вопросы, дадут квалифицированные рекомендации и оценят техни-



ческое состояние заводов, оснащенных как отечественным, так и импортным оборудованием.

Поставка запасных частей

Переписка с поставщиками оборудования, размещение напрямую заказов в валюте, организация доставок из-за границы, таможенная очистка и т. д. – не всегда на заводе есть персонал, который будет заниматься всей вышеперечисленной организационной работой.

Специалисты компании «ТехКом» готовы оказать помощь кирпичным заводам и подключиться на любой стадии процесса поставки оборудования, где у технического персонала предприятий появляются вопросы.

- Слагаемые успеха компании просты и эффективны:
- огромный опыт в производстве керамического кирпича;
 - практика взаимодействия с иностранными партнерами;
 - отлаженная логистика ввоза и таможенной очистки;
 - наличие в штате компании собственных инженеров, брокера и юриста.

Все вышеперечисленное, позволяет ООО «ТехКом» с уверенностью предлагать свои услуги. Технологичный подход компании позволит комплексно решить производственные проблемы и задачи кирпичных заводов России.

www.teh-kom.ru

teh_kom@list.ru

+79827381710



@ootehkom



@teh-kom



На Юге Российской Федерации сложилась давняя богатая традиция производства кирпича. История компании Keller HCW GmbH также связана с этим регионом.

Начало было положено в 1912 г. – первая транспортная тележка была поставлена в Астрахань. Традиция успешного сотрудничества была продолжена в середине 1990-х гг. – в Ростове-на-Дону была введена в эксплуатацию полностью автоматизированная производственная линия для АО «Донской кирпич». Кирпичный завод изначально был рассчитан на годовой объем производства 30 млн ед. стандартного кирпича НФ. Комбинация камерной сушиллки и тун-

нельной печи, работающей на природном газе, позволяет изготавливать широкий спектр облицовочного кирпича различного формата, обеспечивая многообразие цвета, оттенков и рельефной поверхности. Высококачественная продукция кирпичного завода чрезвычайно популярна за пределами Ростова-на-Дону и Краснодарского края. Профессиональная эксплуатация производственной линии высококвалифицированными специалистами АО «Донской кирпич» является не только гарантией долгосрочного успеха компании, но и свидетельствует об инновациях, долговечности и качестве оборудования, разработанного и поставленного компанией Keller HCW GmbH.



www.keller.de

www.донскойкирпич.рф

В.А. ГУРЬЕВА, д-р техн. наук (victoria-gurieva@rambler.ru), А.А. ИЛЬИНА, аспирант

Оренбургский государственный университет (460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13)

Влияние техногенных отходов на структуру и свойства керамического кирпича

Показаны особенности влияния ввода в шихту с легкоплавкой глиной Халиловского месторождения Оренбургской области никелевых шлаков из отвалов Южно-Уральского никелевого комбината на свойства керамического кирпича. Приведены данные по влиянию вещественного состава шихты глина/шлак на прочность, усадку, водопоглощение и плотность опытных образцов после обжига в интервале температуры 900–1050°C. С помощью современных методов исследований с привлечением высокотехнологичного оборудования рассмотрена микро- и макроструктура керамических образцов с добавлением шлака в количестве 5–40%. Методом ртутной порометрии изучена структура синтезированных образцов в зависимости от процентного соотношения глина/шлак. Установлено, что с увеличением доли шлака в шихте количество опасных пор в образце снижается с 2,9 до 0,18%, а количество переходных пор увеличивается с 5,3 до 8,01%. Благодаря этому, несмотря на увеличение водопоглощения с 14,73 до 17,67% и снижение предела прочности при сжатии с 27 до 21,5 МПа, морозостойкость образцов с содержанием шлака в шихте 40% выше, чем у образцов, содержащих 5% шлака. Развитая поровая структура обоих образцов на мезоуровне объясняет их сравнительно невысокую плотность 1500–1730 кг/м³.

Ключевые слова: ресурсосбережение, легкоплавкие глины, шлаки, техногенные отходы, петрография, ртутная порометрия, микроструктурный анализ.

Для цитирования: Гурьева В.А., Ильина А.А. Влияние техногенных отходов на структуру и свойства керамического кирпича // *Строительные материалы*. 2020. № 8. С. 25–29. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-25-29>

V.A. GURIEVA, Doctor of Sciences (Engineering) (victoria-gurieva@rambler.ru), A.A. IL'INA, Postgraduate Student
Orenburg State University (13 Pobedy Prospect, Orenburg, 460018, Russian Federation)

Influence of Anthropogenic Waste on the Structure and Properties of Ceramic Bricks

The features of the effect of the introduction of nickel slags from the dumps of the South Ural Nickel Plant to the charge with low-melting clay of Khalilov deposit of Orenburg region on the properties of ceramic bricks are shown. Data on the influence of the material composition of the clay/slag charge on the strength, shrinkage, water absorption and density of experimental samples after firing in the temperature range of 900–1050°C are presented. With the help of modern research methods involving high-tech equipment, the micro- and macro-structure of ceramic samples with the addition of slag in the amount of 5–40% is considered. The structure of synthesized samples depending on the percentage of clay/slag was studied using mercury porosimetry. It was found that with an increase of the proportion of slag in the charge, the number of dangerous pores in the sample decreases from 2.9 to 0.18%, and the number of transition pores increases from 5.3 to 8.01%. Due to this, despite an increase in water absorption from 14.73 to 17.67% and a decrease in the ultimate compressive strength from 27 to 21.5 MPa, the frost resistance of samples with a slag content in the charge is 40% higher than that of samples containing 5% slag. The developed pore structure of both samples at the meso-level explains their relatively low density of 1500–1730 kg/m³.

Keywords: fusible clays, slags, industrial waste, petrography, mercury porosimetry, microstructural analysis

For citation: Gurieva V.A., Ilna A.A. Influence of technogenic waste on the structure and property of ceramic bricks. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 8, pp. 25–29. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-25-29>

Ежедневно во всем мире добывают миллионы тонн сырья, на переработку которого тратятся мегаватты электроэнергии, расходуются топливные и человеческие ресурсы. Экономия невозобновляемых ресурсов во всех сферах деятельности человека становится одной из важнейших проблем современной индустрии, что определяет потребности строительной отрасли в разработке ресурсо- и энергосберегающих технологий производства строительных материалов различного назначения, в том числе керамических. Разработка научнообоснованных рентабельных технологий, направленных на утилизацию техногенного сырья, позволяет решить одновременно несколько задач, продолжающих оставаться актуальными для России. Миллионы тонн не востребуемых до настоящего времени отходов могут быть использованы в производстве строительных материалов, что в первую очередь положительно скажется на экологии регионов, снижении объемов разработки недр, ис-

пользовании первичных минерально-сырьевых ресурсов [1]. На современном этапе в РФ все большее внимание уделяется прикладным исследованиям, направленным на вовлечение техногенных отходов в хозяйственный оборот: открываются инжиниринговые центры, спонсируются гранты, поощряются молодые ученые.

На территории Оренбургской области располагаются несколько металлургических предприятий. Одно из них — Южно-Уральский никелевый комбинат (основан в 1938 г.), занимался добычей и переработкой никелевой руды Сахаринского (Челябинская обл.) и Буруктальского месторождений никеля [2]. Несмотря на то что с 2012 г. по настоящее время производство законсервировано, за десятилетия работы на территории предприятия накопилось около 100 млн т никелевых шлаков. Возможность использования шлаков данного типа давно привлекает внимание ученых и практиков. Ежегодный выход огненно-жидких ме-

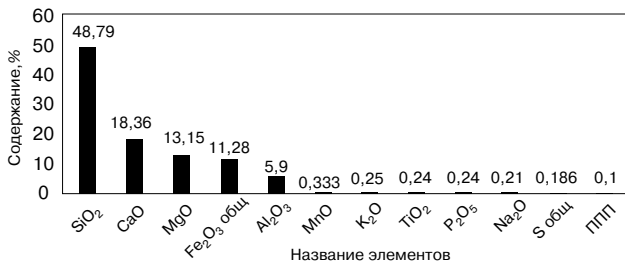


Рис. 1. Химический состав шлаков Южно-Уральского никелевого комбината
Fig. 1. Chemical composition of slags of the South Ural Nickel plant

таллургических шлаков составляет более 50 млн т. На долю доменных шлаков приходится 60%, мартеновских – около 15%, цветной металлургии – 18%, других видов металлургического передела – 7%. При этом при использовании бедных руд количество шлака достигает 100 т на 1 т никеля [3]. Вместе с тем, по данным [4–5], техногенные отходы никелевого производства могут быть подвергнуты вторичной переработке и использоваться в качестве сырья для производства строительных материалов. Однако ряд технологических вопросов, связанных с подготовкой никелевого шлака для производства керамических материалов, его влиянием на свойства керамического кирпича, обеспечением определенной тонкости помола, решениями модернизации технологических линий, остаются недостаточно изученными.

Проводимые авторами исследования, направленные на разработку технологии утилизации техногенных отходов – шлаков Южно-Уральского никелевого комбината Оренбургской области в производство керамического кирпича на основе местного глинистого сырья, актуальны для различных отраслей народного хозяйства.

В качестве исходного сырья использованы никелевые шлаки Южно-Уральского никелевого комбината и глина Халиловского месторождения Оренбургской области. Так как химический состав никелевых шлаков на каждом конкретном заводе характеризуется постоянством состава и зависит от технологического процесса конкретного предприятия, то на первом этапе исследований на базе Института геологии Уфимского научного центра РАН был проведен петрографический анализ исходного сырья и определен его химический состав. Специфические особенности образования шлаков обуславливают их силикатный состав и присутствие необычных техногенных фаз [6]. Химический и минералогический составы сырья представлены на рис. 1, 2.

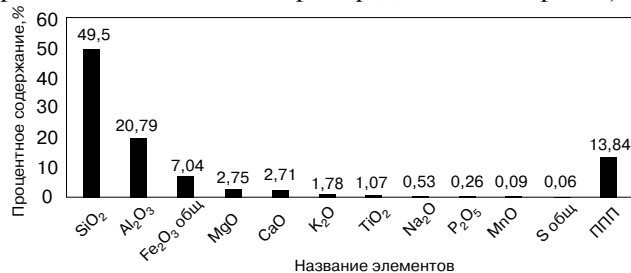


Рис. 3. Химический состав глины Халиловского месторождения
Fig. 3. Chemical composition of clay from the Khalilovo Deposit

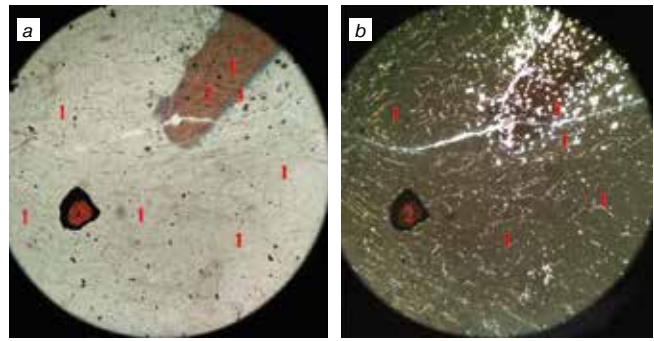


Рис. 2. Фото образца шлака под микроскопом, ширина поля зрения 2,5 мм: а – в проходящем свете, б – в поляризованном свете. 1 – стекло аморфной структуры; 2 – недоплавленные включения гематита с оторочкой железа; 3 – структуры раскристаллизации стекла

Fig. 2. Photo of a slag sample under a microscope. Field of vision width 2.5 mm: a – in passing light, b – in polarized light. 1 – glass of amorphous structure; 2 – half-melted inclusions of hematite with an iron border; 3 – structures of glass crystallization

По рекомендациям [7] данный шлак может быть использован в качестве добавки в шихту, так как: содержит максимальное количество силикатов Ca, Mg; не содержит карбонатов (CaCO₃, MgCO₃), структура которых разрушается в процессе термической обработки с выделением газов, определяющих разрыхление керамического камня; не содержит соединений соляной, фтористой, азотной или других кислот, выделяющих вредные газы при нагревании.

Согласно результатам петрографического анализа (рис. 2) установлено присутствие в структуре никелевых шлаков стеклофазы в объеме 90–95% и небольшие включения гематита с оторочкой железа.

В качестве основного компонента шихты использовалась глина Халиловского месторождения, химический состав которой представлен на рис. 3.

Глина Халиловского месторождения по содержанию Al₂O₃ (20,79%) относится к группе кислого глинистого сырья, по содержанию оксидов: железа (7,04% Fe₂O₃), титана (1,07% TiO₂), марганца (0,1% MnO) – к группе с высоким содержанием красящих оксидов. Количественное содержание глинозема указывает на легкоплавкость глины и при значительном содержании в исследуемой глине кварца (49,5% SiO₂), который присутствует в глине в связанном и свободном виде, позволяет судить о ее пластичности и запесоч-

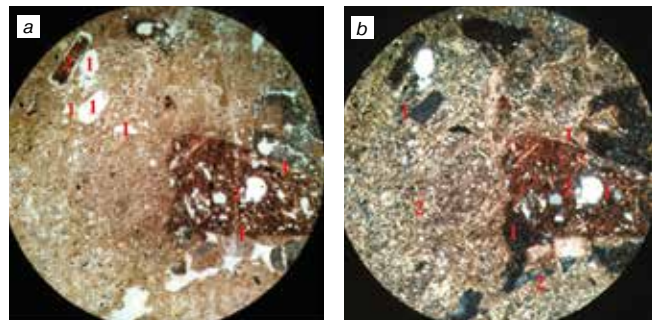


Рис. 4. Фото образца глины Халиловского месторождения под микроскопом, ширина поля зрения 2,5 мм: а – в проходящем свете, б – в поляризованном свете. 1 – угловатые зерна кварца; 2 – включения гематитизированных обломков пород глинистых алевроаргиллитов с железистым цементом и примесью кварца

Fig. 4. Photo of a sample of clay from the Khalilovo Deposit under a microscope. Field of vision width 2.5 mm: a – in passing light, b – in polarized light. 1 – angular quartz grains; 2 – inclusions of hematitized fragments of clay siltstones with ferruginous cement and quartz admixture

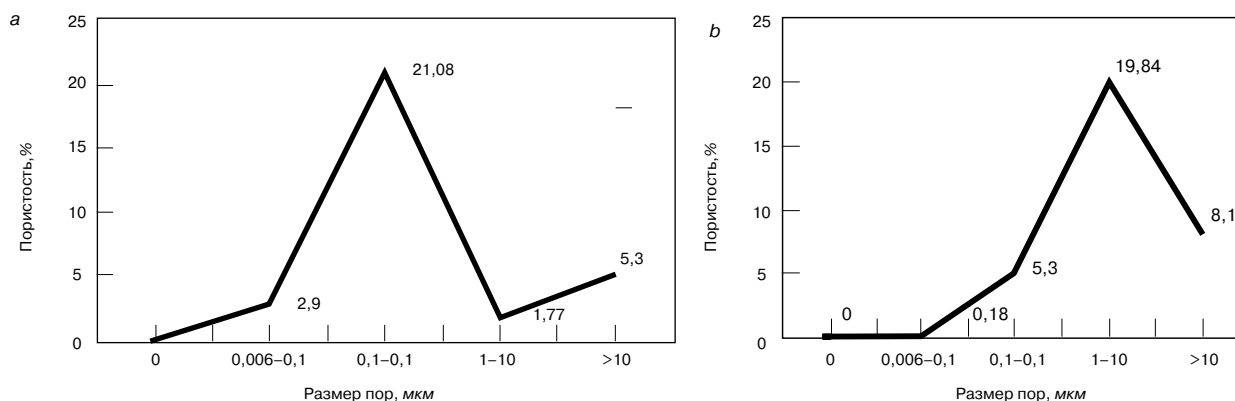


Рис. 5. Распределение пор по размерам в структуре образца, обожженного при температуре 1050°C, состава глина/шлак, %: а – 95/5 (№ 1); б – 60/40 (№ 2)
Fig. 5. Pore size distribution in the structure of the clay/slag composition sample, fired at a temperature of 1050°C, %: а – 95/5 (No. 1); б – 60/40 (No. 2)

ченности. Наличие оксидов кальция и магния (соответственно 1,78 и 2,75%) свидетельствует о присутствии карбонатных соединений, что вызывает в результате обжига увеличение усадки и пористости керамического черепка и отрицательно сказывается на прочности и морозостойкости.

Петрографический анализом (рис. 4) выявлено, что основным порообразующим глинистым минералом является иллит, присутствуют карбонатные породы, угловатые зерна кварца различной размерности и включения гематитизированных обломков пород глинистых алевроаргиллитов с железистым цементом и примесью кварца.

Для проведения эксперимента использован метод математического многофакторного планирования [8]. Основными факторами, оказывающими существенное влияние на свойства готового продукта, были выбраны: содержание в двухкомпонентной шихте шлака в количестве 5–40% и температура обжига 900–1050°C; отклики процессов – предел прочности при сжатии, средняя плотность, усадка, водопоглощение. Образцы изготавливались методом пластического формования в виде кубов размером 50×50 мм. Обработка полученных результатов осуществлялась с помощью автоматизированной расчетной программы Градиент [8, 9].

В ходе обработки результатов эксперимента установлено, что увеличение содержания шлака в шихте привело к повышению значений водопоглощения на 16,6% и определило снижение предела прочности при сжатии на 20,3% и средней плотности 17,1%. Данные изменения связаны с трансформацией структуры исходных компонентов шихты в процессе обжига, что определило увеличение открытой пористости. В связи с этим на следующем этапе с помощью метода ртутной порометрии было исследовано влияние количественного содержания шлака в шихте и температуры обжига на структурные изменения керамического камня опытных составов: проведены измерения объема пор и распределения их по размерам в диапазоне микро- и макропор.

На рис. 5 представлено распределение пор по размерам в структуре образцов опытных составов, соответственно 1 и 2.

Согласно [10], наиболее часто встречающийся в керамических изделиях размер пор варьируется в диапазоне мезоуровня 0,1–10 мкм. В образцах 1 и 2 зафиксировано приблизительно одинаковое количество пор данного размера – 22,85 и 25,13% соответственно. Однако наиболее опасными считаются капиллярные поры, размер которых составляет 0,006–0,1 мкм (микроуровень) [11]. В них вода при замораживании увеличивается в объеме и создает сильные растягивающие напряжения, которые значительно снижают морозостойкость материала. Третий тип пор – переходные, более 10 мкм (макроуровень); чем больше пор данного типа в материале, тем больше его морозостойкость.

По графикам видно, что с увеличением доли шлака в шихте количество опасных пор в образце снижается с 2,9 до 0,18%, а количество переходных пор увеличивается с 5,3 до 8,01%. Данная динамика распределения пор в совокупности с увеличением водопоглощения с 14,73 до 17,67% и снижением предела прочности при сжатии (с 27 до 21,5 МПа) позволяет предположить, что морозостойкость образцов с содержанием шлака в шихте 40% будет выше, чем у образцов, содержащих 5% шлака. Развитая поровая фаза обоих образцов на мезоуровне объясняет их сравнительно невысокую плотность (1500–1730 кг/м³), что согласуется с [12].

Влияние содержания шлака в шихте 5 и 40 % на изменения микроструктуры было изучено также с помощью растрового электронного микроскопа VEGA II LMU (фирма Tescan) (рис. 6, 7).

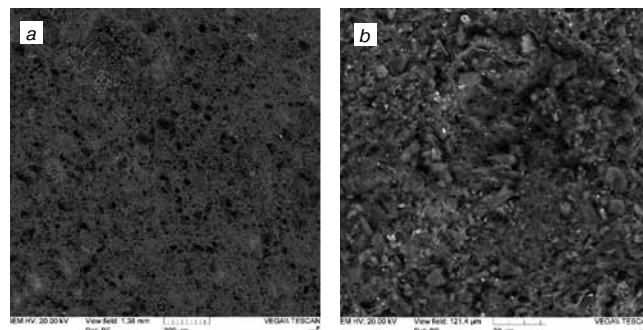


Рис. 6. Микроструктура образца № 1 на микроскопе VEGA II LMU (фирма Tescan): а – ×200; б – ×20
Fig. 6. Microstructure of sample No. 1 on a VEGA II LMU (Tescan) microscope: а – ×200, б – ×20

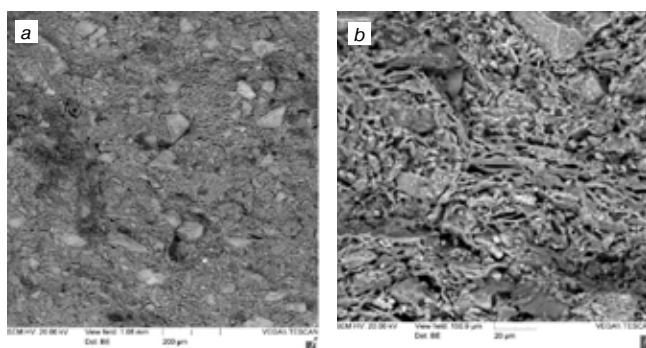


Рис. 7. Микроструктура образца № 2 на микроскопе VEGA II LMU (фирма Tescan): а – $\times 200$; б – $\times 20$
Fig. 7. Microstructure of sample No. 2 on a VEGA II LMU (Tescan) microscope: а – $\times 200$, б – $\times 20$

Анализ микроструктуры образцов показал, что с увеличением количества шлака в шихте количество

крупных пор (более 10 мкм) увеличивается, изменяется форма пор – поры округлой формы становятся более вытянутыми, что, по мнению авторов, объясняется ростом количества более жестких стекловидных включений шлака.

Таким образом, установлено, что несмотря на снижение предела прочности при сжатии и повышение значений водопоглощения в образцах с большей долей шлака, в структуре материала в процессе термического воздействия происходит изменение формы пор, соотношение их по размерам, что обуславливает уменьшение опасных пор и увеличение морозостойкости образцов.

С целью достижения соответствия физико-механических свойств синтезируемой керамики требованию ГОСТ 530–2012 необходима дальнейшая разработка технологических основ производства.

Список литературы

1. Алешин А.А., Казачков Е.А., Остроушко А.В., Пустовалов Ю.П., Чичкарев К.Е. Повышение эффективности переработки твердых металлургических шлаков // *Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: технические науки*. 2007. № 17. С. 220–223.
2. Веселовский А.А. Извлечение никеля из отвального печного шлака шахтной плавки комбината «Южуралникель» // *Металлург*. 2015. № 6. С. 26–28.
3. Боженков П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология М.: Изд-во АСВ, 1994. 264 с.
4. Веселовский А.А. Переработка отвальных никелевых шлаков с целью извлечения никеля и железа // *Сталь*. 2016. № 11. С. 69–71.
5. Чириков А.Ю., Санникова О.В., Медков М.А., Юдаков А.А., Медведев А.С. Переработка техногенных никелевых отходов металлургического производства методом алюмотермии // *Сталь*. 2012. № 4. С. 73–75.
6. Шербак С.А., Калиниченко Н.В., Елисева М.О. Общая характеристика металлургических шлаков // *Вісник ПДАБА*. 2010. № 2–3. С. 143–144.
7. Большаков В.И., Калиниченко Н.В., Шербак С.А. Возможности использования отходов промышленности при изготовлении строительных материалов // *Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. тр. Вып. 48, ч. 3 (серии «Стародубовские чтения»)*. Днепропетровск, ПГАСА, 2009. С. 255–259.
8. Гурьева В.А., Дорошин А.В., Ильина А.А. Математическая оптимизация составов шихт при производстве керамического кирпича // *Строительные материалы*. 2020. № 3. С. 64–68. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-779-3-64-68>
9. Gurieva V.A., Ilyina A.A. The manufacturing of structural ceramics with the addition of non-ferrous slags. International Symposium «Engineering and

References

1. Aleshin A.A., Kazachkov E.A., Ostroushko A.V., Pustovalov Y.P., Chichkarev K.E. Improving the efficiency of processing of solid metallurgical slags. *Vestnik Priazovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: tekhnicheskie nauki*. 2007. No. 17, pp. 220–223. (In Russian).
2. Veselovsky A.A. Nickel extraction from dump furnace slag from mine smelting at the Yuzhuralnickel plant. *Metallurg*. 2015. No. 6, pp. 26–28. (In Russian).
3. Bozhenov P.I. *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya i ekologiya* [Integrated Use of Mineral Raw Materials and Ecology]. Moscow: DIA Publishing House, 1994. 264 p.
4. Veselovsky A.A. Processing of waste nickel slag to extract nickel and iron. *Stal*. 2016. No. 11, pp. 69–71. (In Russian).
5. Chirikov A.Yu., Sannikova O.V., Medkov M.A., Yudakov A.A., Medvedev A.S. Processing of technogenic nickel wastes of metallurgical production by aluminothermy method. *Stal*. 2012. No. 4, pp. 73–75. (In Russian).
6. Scherbak S.A., Kalinichenko N.V., Eliseeva M.O. General characteristics of metallurgical slag. *Visnik PDABA*. 2010. No. 2–3, pp. 143–144. (In Russian).
7. Bolshakov V.I., Kalinichenko N.V., Scherbak S.A. The possibilities of using industrial waste in the manufacture of building materials. *Construction, materials science, mechanical engineering. Collection of scientific works. Vol. 48, part 3, (series "Starodubovskie chteniya")*. Dnepropetrovsk, PGASA. 2009, pp. 255–259.
8. Gurieva V.A., Doroshin A.V., Ilyina A.A. Mathematical optimization of the composition of the charges in the production of ceramic bricks. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 3, pp. 64–68. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-779-3-64-68>
9. Gurieva V.A., Ilyina A.A. The manufacturing of structural ceramics with the addition of non-ferrous slags.

Earth Sciences: Applied and Fundamental Research» dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). DOI: <https://doi.org/10.2991/isees-19.2019.35>

10. Фандеев В.П., Самохина К.С. Методы исследования пористых структур // *Наукоедение: интернет-журнал*. 2015. Т. 7. № 4. <https://naukovedenie.ru/PDF/34TVN415.pdf> (дата обращения 13.04.2020).
11. Суворова О.В., Кумарова В.А., Беляевский А.Т. и др. Исследование влияния распределения пор по размерам на технические свойства керамического материала. Сб. тр. *V Всероссийской научной конференции с международным участием «Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренц-региона в технологии строительных и технических материалов»*. Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2013. 210 с.
12. Салахов А.М., Салахова Р.А., Ильичева О.М., Морозов В.П., Хацринов А.И., Нefeldьев Е.С. Влияние структуры материалов на свойства керамики // *Вестник Казанского технологического университета*. 2010. № 8. С. 343–349.
- International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). DOI: <https://doi.org/10.2991/isees-19.2019.35>
10. Fandeev V.P., Samokhina K.S. Research Methods for Porous Structures. *Naukovedenie*. 2015. Vol. 7, No. 4. <https://naukovedenie.ru/PDF/34TVN415.pdf> (Date of access 13.04.2020). (In Russian).
11. Suvorova O.V., Kumarova V.A., Belyaevsky A.T. Study of the effect of pore size distribution on the technical properties of ceramic material. *Proceedings of the V All-Russian scientific conference with international participation “Problems of rational use of natural and technogenic raw materials of the Barents region in the technology of building and technical materials”*. Apatity: Kola Science Center, Russian Academy of Sciences. 2013. 210 p. (In Russian).
12. Salakhov A.M., Salakhova R.A., Ilyicheva O.M., Morozov V.P., Khatsrinov A.I., Nefediev E.S. The influence of the structure of materials on the properties of ceramics. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2010. No. 8, pp. 343–349. (In Russian).



MARCHELUZZO
CERAMICS

PROJECT AND MACHINERY FOR CERAMIC INDUSTRY
SINCE 1985

ПРОИЗВОДИТЕЛЬ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КИРПИЧА И ЧЕРЕПИЦЫ | САНФАЯНСА | ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

50 -летний опыт работы и внедрение Ноу-хау к Вашим УСЛУГАМ. Строительство заводов "ПОД КЛЮЧ" для производства КИРПИЧА, СТЕНОВЫХ БЛОКОВ, ЧЕРЕПИЦЫ, САНТЕХНИКИ.

Marcheluzzo Ceramics Srl | Via Pomaroli, nr. 117 | 36030 Caldogno (VI) ITALY
T. +39 0444 585077 | info@marcheluzzoceramics.com | www.marcheluzzoceramics.com
Официальный представитель в России ООО "Эстесо Трейд"
www.esteso.ru | info@esteso.ru | тел. +7 495 9841928

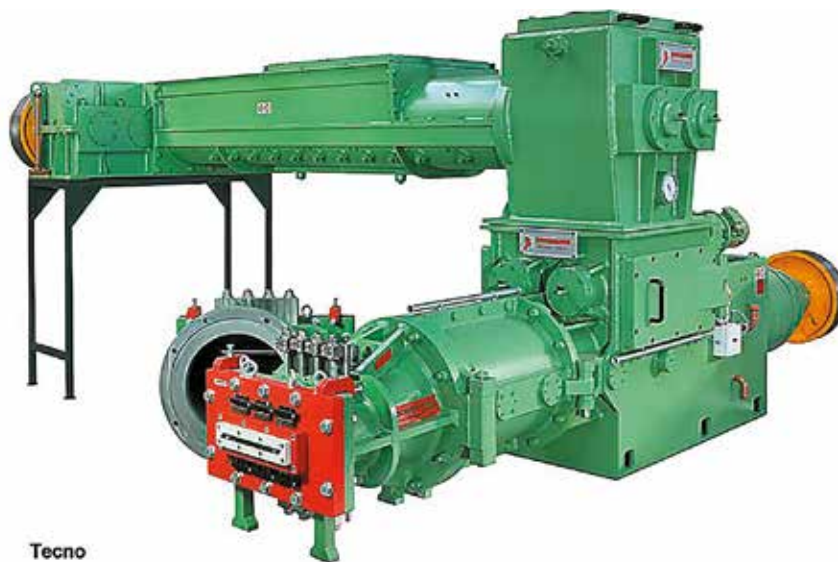
Итальянская компания **BONGIOANNI** (Бонджиоанни)



забивает еще один гол в Центральной Африке

В Сенегале – стране, где цементное лобби фактически вытеснило с рынка керамический кирпич, вновь открыт завод по производству керамических строительных материалов. Для реализации своей цели и

перезапуска завода сенегальский бизнесмен и его команда выбрали в качестве партнера итальянскую компанию Bongioanni, благодаря чему итальянцы усилили свое присутствие на африканском континенте.



Теспо

На первом этапе модернизации завода был установлен пресс Bongioanni Теспо 450 и поставлено восемь фильер Bongioanni Stampi. Для основных типов продукции компания из Фоссано поставила конусообразные фильеры GAMMA PLUS с кернами и рамками из износостойкой керамики, а для производства солнцезащитных керамических конструкций известное французское архитектурное бюро HARDEL&LEBIHAN совместно с компанией-застройщиком AMSA REALTY выбрало фильеры BETA PLUS из износостойкой стали.

На начальном этапе по заказу AMSA REALTY завод будет производить кирпич разных форматов для строительства новых зданий университета Cheikh Anta Diop в столице Сенегала Дакаре.

Команда Bongioanni уверена в том, что сегодняшняя, на первый взгляд, не такая значительная реальность станет большим событием на африканском кирпичном рынке.



Наше имя придает форму твоим идеям



 **BONGIOANNI**



BONGIOANNI придает форму идеям клиентов, касающимся как кровельных, так и стеновых, и облицовочных материалов и превращает их в проекты, создавая идеальный союз эстетических требований и необходимых технологических характеристик, определяющих ценность продукта, таких как геометрические параметры, соответствующие термическим показателям и рассчитанные по формуле Лямбда, механическое сопротивление, правильные пропорции продукции на различных этапах производственного процесса и плотное примыкание при монтаже.

 **BONGIOANNI**
MACCHINE

Bongioanni Macchine S.p.A.
Via Macallè, 36/44
12045 Fossano (CN) - Italy
Tel. +39 0172 650511
Fax +39 0172 650550
www.bongioannimacchine.com
info@bongioannimacchine.com













 **BONGIOANNI**
STAMPI

Bongioanni Stampi s.r.l.
Via Salmour, 1/A
12045 Fossano (CN) Italy
Tel. +39 0172 693553
Fax +39 0172 692785
www.bongioannistampi.com
info@bongioannistampi.com

 **Filea**



ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПИГМЕНТЫ ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Цвет/требования к глине	Химическое наименование	Страна происхождения	Состав	Внешний вид изделия	Внешний вид реагента
От коричневого до черного/светлые и красные обжигаемые глины Температурная обработка 900°С – 1200°С	Тримарганца тетраоксид, порошок	ЮАР КОРЕЯ	Mn ₃ O ₄ ~97% Mn >65%		
	Тримарганца тетраоксид, водная суспензия	ЮАР РОССИЯ	Mn ₃ O ₄ >70% Mn >49%		
	Диоксид марганца, водная суспензия	РОССИЯ	MnO ₂ ~70% Mn >33%		
	Диоксид марганца, порошок	ЮАР ГРУЗИЯ	MnO ₂ 75-80% Mn >46%		
Серый/светлые обжигаемые глины Температурная обработка ≥ 1100°С	Триоксид хрома, порошок	ЮАР	Cr ₂ O ₃ >45% FeO >26,5%		
От красного до пурпурного/белые, желтые, красные обжигаемые глины Температурная обработка 900°С – 1200°С	Три/тетраоксид железа, порошок	ЕС	Fe ₂ O ₃ /Fe ₃ O ₄ Fe ₂ O ₃ >98%		
	Триоксид железа, порошок	РОССИЯ	Fe ₂ O ₃ >95%		
Добавка в глиномассу при производстве кирпича, для борьбы с высоломи на поверхности изделий	Барий углекислый, порошок	КИТАЙ	высокоактивный 0,4-0,6 g/cm ³ легкий 0,8-1,2 g/cm ³ тяжелый 1,75 g/cm ³		
Для борьбы с карбонатными солями (ванадия и прочие) методом ваннокупания	Калий углекислый, кальцинированный, порошкообразный	КОРЕЯ	K ₂ CO ₃ , 99,50% min		

109153, г. Москва

1-ый Люберецкий проезд, дом 2, стр. 1

+7 (495) 727-22-87, 8-800-707-22-87, +7 (903) 729-11-56

www.iodine.ru | 7291156@gmail.com

В.А. ВЛАСОВ, д-р физ.-мат. наук (rector@tsuab.ru), Н.К. СКРИПНИКОВА, д-р техн. наук (nks2003@mail.ru), М.А. СЕМЕНОВЫХ, инженер (аспирант) (semenovykhmark@gmail.com), О.Г. ВОЛОКИТИН, д-р техн. наук (volokitin_oleg@mail.ru), В.В. ШЕХОВЦОВ, канд. техн. наук (shehovcov2010@yandex.ru)

Томский государственный архитектурно-строительный университет (634003, г. Томск, Соляная пл., 2)

Стеновые керамические материалы с использованием техногенного железосодержащего сырья

Установлена целесообразность использования железосодержащего доменного шлама для получения строительных керамических материалов. Данное сырье, содержащее более 50% железа, является плавнем, следовательно, образуется большее количество первичного расплава, который переходит в стеклофазу. Установлено, что оптимальной керамической массой является шихта с оптимальным содержанием доменного шлама 20–50 мас. %. Определены физико-механические характеристики лабораторных образцов с содержанием доменного шлама в шихте в количестве 20 мас. %: прочность при сжатии 42,8 МПа; водопоглощение 12,1% при плотности образцов 1850 кг/м³. Физико-химическими методами исследования установлено, что использование железосодержащих компонентов в составе керамических материалов приводит к образованию кристаллических фаз – анортита, кварца и гематита. Таким образом, установлена возможность получения стенового керамического кирпича и других строительных материалов конструкционного назначения. Кроме того, решается экологическая проблема по использованию отходов металлургической промышленности в виде доменного шлама.

Ключевые слова: ресурсосбережение, комплексное использование сырья, керамика, кирпич керамический, свойства, доменный шлам, железосодержащие компоненты, рентгенофазовый анализ.

Для цитирования: Власов В.А., Скрипникова Н.К., Семеновых М.А., Волокитин О.Г., Шеховцов В.В. Стеновые керамические материалы с использованием техногенного железосодержащего сырья // *Строительные материалы*. 2020. № 8. С. 33–37. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-33-37>

V.A. VLASOV, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics) (rector@tsuab.ru), N.K. SKRIPNIKOVA, Doctor of Sciences (Engineering) (nks2003@mail.ru), M.A. SEMENOVYKH, Engineer (semenovykhmark@gmail.com), O.G. VOLOKITIN, Doctor of Sciences (Engineering) (volokitin_oleg@mail.ru), V.V. SHEKHOVTSOV, Candidate of Sciences (Engineering) (shehovcov2010@yandex.ru)
Tomsk State University of Architecture and Building (2, Solyanaya Square, Tomsk, 634003, Russian Federation)

Wall Ceramic Materials Using Technogenic Iron-Containing Raw Materials

The expediency of using iron-containing blast furnace sludge to obtain building ceramic materials has been established. It is a raw material that is used by more than 50%. It was found that the most optimal composition of the ceramic mass is 20–50 wt. %. 20% is 42.8 MPa, water absorption is 12.1% at a sample density of 1850 kg/m³. Physicochemical research methods have proved that the use of iron-containing components in the composition of ceramic materials leads to the formation of crystalline phases: anorthite, quartz and hematite. Thus, the possibility of obtaining wall ceramic bricks and other construction materials for structural purposes was established. In addition, the issue of using waste from the metallurgical industry in the form of blast furnace slurry is being resolved.

Keywords: resource saving, integrated use of raw materials, ceramics, properties, blast furnace slurry, X-ray phase analysis.

For citation: Vlasov V.A., Skripnikova N.K., Semenovykh M.A., Volokitin O.G., Shekhovtsov V.V. Wall ceramic materials using technogenic iron-containing raw materials. *Stroitel'nyye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 8, pp. 33–37. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-33-37>

Керамические строительные материалы являются современными строительными материалами, сочетающими высокие эксплуатационные и декоративные свойства, которые зависят от состава сырья и технологии производства. Глинистое сырье традиционно является преобладающим в составе керамической шихты. Его физико-химические свойства в значительной мере определяют свойства готовых изделий. В настоящее время использование керамических изделий достигло таких масштабов, что дефицит высококачественного глинистого сырья возрастает. При этом в производство стеновой керамики вовлекается сырье с меньшим содержанием глинистых минералов и су-глинки, что приводит к снижению качества изделий. Для получения качественных керамических изделий необходимо использовать дополнительные ресурсы на корректировку составов и технологии получения

конечного продукта с целью сохранения допустимых характеристик изделий. Следовательно, необходимо искать альтернативные природным сырьевые компоненты для производства керамических изделий.

В настоящее время известны исследования модифицирования состава керамической шихты различными отходами металлургической промышленности [1–8]. При этом использование данного сырья позволяет конечному продукту сохранять физико-химические свойства [9–12]. Такое сырье различается по химическому, минералогическому и гранулометрическому составу.

Отходы металлургического производства образуют бассейны-накопители, занимающие огромные территории и наносящие вред окружающей среде [13–15].

Целью данной работы является получение стеновых керамических изделий с введением в шихту доменного

шлама, образующегося в результате работы основного металлургического агрегата – доменных печей. Тонкодисперсная пыль улавливается газоочистными сооружениями и подается в шламохранилище.

В работе исследованы железосодержащие шламовые отходы металлургического комбината АО «ЕВРАЗ» и глина Верхового месторождения. Доменный шлак оценивался, как и глинистое сырье, по технологическим характеристикам, представленным в табл. 1.

Исследуемые отходы в смеси с глиной образуют пластичную однородную массу.

В производстве керамических изделий сушка является важнейшим производственным процессом. Выбор режима сушки определяется свойствами массы, формой и размерами изделий. Сушильные свойства исследуемых масс оценивались величиной воздушной усадки. По результатам исследований доменный шлак представляет собой умеренно пластичное сырье, что обуславливает необходимость регулирования процессов сушки полуфабриката.

Потери массы при прокаливании будут влиять на пористость конечного продукта и его плотность. По результатам прокалывания доменного шлама получены следующие данные: 800°C – ППП 27%; 900°C – 28,2%; 1000°C – 28,6%.

Химический состав используемых сырьевых компонентов представлен в табл. 2.

Данные табл. 2 свидетельствуют, что в состав доменного шлама входит до 30% углерода, более 50% оксида железа. Таким образом, данное сырье может быть использовано для получения керамических изделий в качестве плавней.

Для установления фазового состава доменного шлама был проведен рентгенофазовый анализ данного материала до обжига, результаты которого представлены на рис. 1.

Доменный шлак характеризуется содержанием железосодержащих соединений (рефлексы 1), углеродом (рефлексы 2), небольшим количеством карбо-

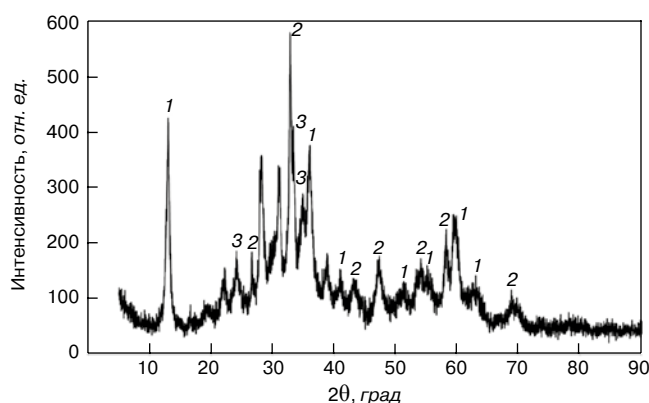


Рис. 1. Рентгенограмма доменного шлама: 1 – железосодержащие; 2 – углеродсодержащие; 3 – карбонатсодержащие
Fig. 1. X-ray pattern of blast furnace sludge: 1 – iron-containing; 2 – carbonaceous; 3 – carbonate-containing

натов кальция (рефлексы 3) и аморфной стеклофазой. Дисперсность доменного шлама 100 мкм.

Используемая в работе глина Верхового месторождения Томской обл. относится к гидрослюдистым с каолинитовыми включениями, имеет химический состав, представленный кремнеземом (68,4%) и глиноземсодержащими (12,1%) соединениями. Содержание оксида алюминия характеризует ее как кислую ($Al_2O_3 < 14\%$). Оксиды кальция и магния в сочетании с оксидом железа (табл. 2) говорят о легкоплавкости глинистого сырья.

Исследуемые сырьевые компоненты в различном соотношении использовались для получения керамических образцов. Образцы размером 50×50×20 мм были изготовлены методом полусухого прессования при влажности формовочной шихты 10%. В ходе работы установлен оптимальный режим обжига лабораторных образцов, изотермическая выдержка 3 ч при температуре 950°C.

Результаты физико-механических испытаний обожженных лабораторных образцов представлены в табл. 3.

При анализе данных табл. 3 можно сделать вывод, что содержание доменного шлама в составе шихты в

Таблица 1
Table 1

Технологические характеристики сырьевых компонентов
Process characteristics of raw materials

Наименование сырья	Число пластичности	Коэффициент чувствительности к сушке	Воздушная усадка, %	Огневая усадка при T=950°C, %
Доменный шлак	5,6	1,2	6,5	7,2
Глина Верхового месторождения	10,9	1,9	6,1	3,2

Таблица 2
Table 2

Химический состав сырьевых компонентов
Chemical composition of raw materials

Сырье	Химический состав, %							
	C	SiO ₂	FeO	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	TiO ₂
Доменный шлак*	30,2	5,2	55,7	5,4	3,5	–	–	–
Глина Верхового месторождения	–	68,4	6,5	3,1	12,1	4,2	3,7	1,8

Примечание. * Химический состав доменного шлама представлен без учета углерода.

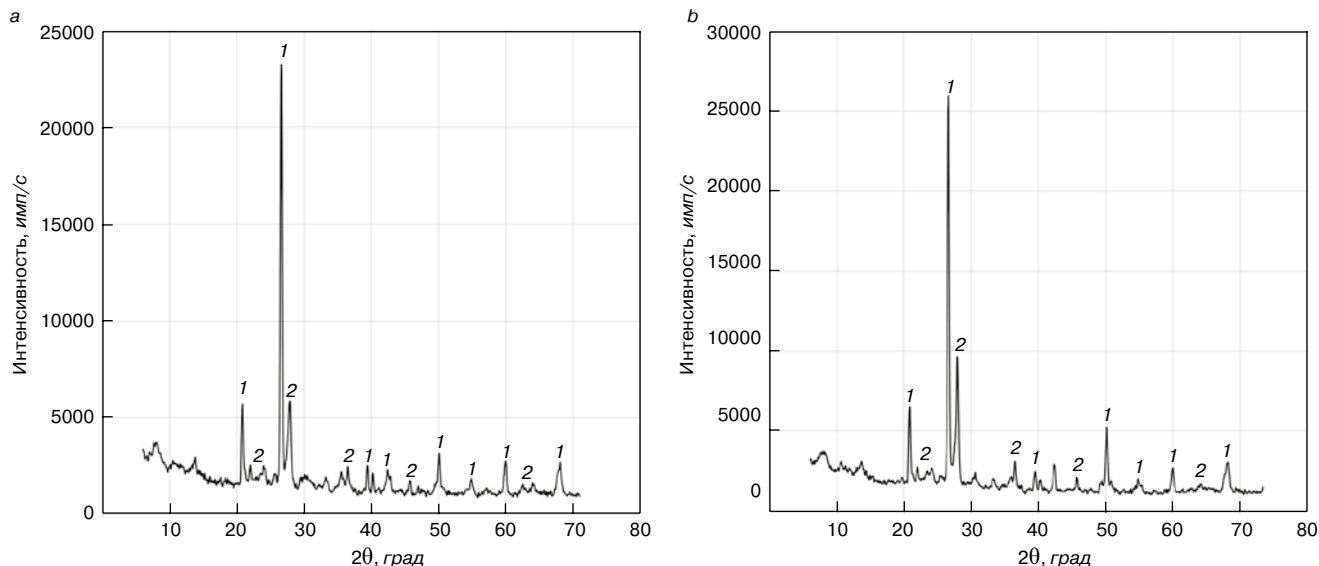


Рис. 2. Рентгенограммы лабораторных образцов: а – добавка 20% доменного шлама; б – контрольный образец; 1 – кварц; 2 – гематит
 Fig. 2. Radiographs of laboratory samples: а – an additive of 20% blast furnace sludge; б – a control sample; 1 – quartz; 2 – hematite

Таблица 3
 Table 3

Физико-механические свойства керамических образцов
 Physical and mechanical properties of ceramic samples

Состав образцов	Содержание шлама, %	Плотность ρ , кг/м ³	Относительная плотность, ρ/ρ_a	Прочность при сжатии σ , МПа	Относительная прочность σ/ρ_a , МПа	Водопоглощение, %
Глина–шлам	50	1780	0,712	36,4	51,1	12,5
Глина–шлам	20	1850	0,74	42,8	57,8	12,1
Глина–шлам	10	1905	0,762	41,2	54	11,5
Глина	0	1980	0,792	43,3	46,7	12,6

количестве 10–50 мас. % приводит к снижению плотности, однако прочность при сжатии при содержании шлама до 20 мас. % имеет показатели, близкие к контрольному образцу. Максимальная относительная прочность, т. е. прочность каркаса без учета пор, соответствует 20 мас. % содержания шлама в изделиях и составляет 57,8 МПа, что выше относительной прочности эталонного изделия на 24%. Теплопроводность керамического камня без добавок составляет 0,69 Вт/(м·°С), при содержании 20 мас. % доменного шлама – 0,46 Вт/(м·°С).

Для исследования фазовых превращений, происходящих при обжиге керамической массы с добавлением металлургического шлама, были проведены рентгеновские исследования. Результаты рентгенофазового анализа образца с содержанием доменного шлама в количестве 20 мас. % и контрольного образца представлены на рис. 2.

Жидкая фаза, образующаяся при обжиге, при охлаждении превращается в стекло. Конечными фазами, присутствующими в материале, являются стекло, анортит и кварц в количествах, зависящих от состава и условий температурной обработки. С увеличением количества железосодержащих компонентов в сырье (30–50 мас. %) наблюдается увеличение количества анортитовых фаз. Это подтверждается данными рентгенофазового анализа, представленными на рис. 2. Отсюда следует, что при введении железосодержащего компонента снижается относительная

интенсивность полос, характерных для кристаллических фаз кварца (рефлексы 1) и гематита (рефлексы 2). Количество фаз, характерных для анортитоподобных и кварца, несколько снизилось за счет перехода их в стеклофазу.

На основании полученных данных установлена перспективность использования доменного шлама в составе шихты для получения керамических изделий. По технологии, представленной в данной работе, на Мазуровском кирпичном заводе была изготовлена опытно-промышленная партия в количестве 69 тыс. шт. Полученные изделия обладают следующими характеристиками: относительная прочность при сжатии 51,1, 57,8 и 54 МПа; относительная плотность: 0,712, 0,74 и 0,762; водопоглощение: 12,5, 12,1 и 11,5% для содержания доменного шлама в составе соответственно 50, 20 и 10 мас. %. Теплопроводность керамического камня образцов без добавок составляет 0,69 Вт/(м·°С), при содержании 20% доменного шлама – 0,46 Вт/(м·°С). Все металлургические предприятия ежегодно производят огромное количество отходов, в том числе высокожелезосодержащих шламов. Использование этих отходов в производстве строительных материалов, в частности, в кирпичной промышленности, может оказать благотворное влияние на экологическую обстановку в регионах. Для кирпичных заводов применение металлургических шламов позволит расширить сырьевую базу и повысить качество продукции за счет оптимизации составов шихты.

Список литературы

1. Скрипникова Н.К., Литвинова В.А., Луценко А.В., Семеновых М.А. Обжиговые стеновые материалы с использованием алюмосиликатных отходов. *Эффективные рецептуры и технологии в строительном материаловедении: Сборник международной научно-технической конференции*. Новосибирский государственный аграрный университет, 2017. С. 249–253.
2. Гурьева В.А., Дорошин А.В., Вдовин К.М., Андреева Ю.Е. Пористая керамика на основе легкоплавких глин и шламов // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 32–36. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2017-747-4-32-36>
3. Сидикова Т.Д. Производство строительной керамики из промышленных отходов // *Современное строительство и архитектура*. 2019. № 2 (14). С. 26–28.
4. Яценко Н.Д., Вильбицкая Н.А., Яценко А.И. Формирование структуры и свойств эффективной стеновой керамики на основе отходов металлургического производства // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки*. 2019. № 2 (202). С. 43–47.
5. Silva R.V., de Brito J., Lynn C.J. and others. Use of municipal solid waste incineration bottom ashes in alkali-activated materials, ceramics and granular applications: A review // *Waste Management*. 2017. Vol. 68, pp. 207–220. DOI: 10.1016/j.wasman.2017.06.043
6. Воробьева А.А., Шахова В.Н., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г., Сысоев Э.П., Чухланов В.Ю. Получение облицовочной керамики с эффектом остекловывания на основе малопластичной глины и техногенного отхода Владимирской области // *Стекло и керамика*. 2018. № 2. С. 13–17.
7. Лыгина Т.З., Лузин В.П., Корнилов А.В. Техногенные отходы нерудного сырья в производстве строительных материалов // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2017. № 4 (42). С. 303–313.
8. Столбоушкина А.Ю., Бердов Г.И., Верещагин В.И., Фомина О.А. Керамические стеновые материалы матричной структуры на основе неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья // *Строительные материалы*. 2016. № 8. С. 19–24.
9. Zhang, Hong-Quan; Wang, Ya-Ming; Wen, Jin and others. Preparation and characteristics of foam ceramics using metallurgical slag at low temperature. *International Conference on Materials Science and Engineering Application (ICMSEA)*. 2016, pp. 7–11.
10. Ribeiro Monica Manhaes, Lima Eduardo Sousa, da Silva Figueiredo Andre Ben-Hur. Improved clay ceramics incorporated with steelmaking sinter particulates // *Journal of materials research and technology-JMR&T*. 2018. Vol. 7. No. 4, pp. 612–616. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.08.011>

References

1. Skripnikova N.K., Litvinova V.A., Lutsenko A.V., Semenovych M.A. Firing wall materials using aluminosilicate waste. *Effective formulations and technologies in building materials science. Collection of the International Scientific and Technical Conference*. Novosibirsk State Agrarian University. 2017, pp. 249–253. (In Russian).
2. Gurieva V.A., Doroshin A.V., Vdovin K.M., Andreeva Yu.E. Porous ceramics on the basis of low-melting clays and slurries. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2017. No. 4, pp. 32–36. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2017-747-4-32-36>. (In Russian).
3. Sidikova T.D. Manufacture of the building ceramics from an industrial wastes. *Sovremennoe stroitel'stvo i arkhitektura*. 2019. No. 2 (14), pp. 26–28. (In Russian).
4. Yatsenko N.D., Vil'bitskaya N.A., Yatsenko A.I. The formation of the structure and properties of effective wall ceramics based on metallurgical waste. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Seriya: Tekhnicheskie nauki*. 2019. No. 2 (202), pp. 43–47. (In Russian).
5. Silva R.V., de Brito J., Lynn C.J. and others. Use of municipal solid waste incineration bottom ashes in alkali-activated materials, ceramics and granular applications: A review. *Waste Management*. 2017. Vol. 68, pp. 207–220. DOI: 10.1016/j.wasman.2017.06.043
6. Vorob'eva A.A., Shakhova V.N., Pikalov E.S., Selivanov O.G., Sysoev E.P., Chukhlanov V.Yu. Obtaining facing ceramics with vitrification effect on the basis of low-plastic clay and technogenic waste of the Vladimir region. *Steklo i keramika*. 2018. No. 2, pp. 13–17. (In Russian).
7. Lygina T.Z., Luzin V.P., Kornilov A.V. Man-made non-metallic waste in the production of building materials. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2017. No. 4 (42), pp. 303–313. (In Russian).
8. Stolboushkin A.Yu., Berdov G.I., Vereshchagin V.I., Fomina O.A. Ceramic wall materials of matrix structure based on non-sintering low-plastic technogenic and natural raw materials. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2016. No. 8, pp. 19–24. (In Russian).
9. Zhang, Hong-Quan; Wang, Ya-Ming; Wen, Jin and others. Preparation and characteristics of foam ceramics using metallurgical slag at low temperature. *International Conference on Materials Science and Engineering Application (ICMSEA)*. 2016, pp. 7–11.
10. Ribeiro Monica Manhaes, Lima Eduardo Sousa, da Silva Figueiredo Andre Ben-Hur. Improved clay ceramics incorporated with steelmaking sinter particulates. *Journal of materials research and technology-JMR&T*. 2018. Vol. 7. No. 4, pp. 612–616. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.08.011>

11. Karayannis Vayos G., Karapanagioti Hrisi K., Domopoulou Asimina E. and all. Stabilization/solidification of hazardous metals from solid wastes into ceramics // *Waste and biomass valorization*. 2017. Vol. 8, pp. 1863–1874. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9713-z>
12. Рыщенко М.И., Шукина Л.П., Лисачук Г.В., Галушка Я.О., Цовма В.В. Керамические строительные материалы с использованием шлаковых отходов чугунолитейного производства // *Экология и промышленность*. 2018. № 2 (55). С. 67–73.
13. Volokitin G.G., Skripnikova N.K., Volokitin O.G., Lutsenko A.V., Shekhovtsov V.V., Litvinova V.A., Semenovykh M.A. Bottom ash waste used in different construction materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. 012013. DOI: 10.1088/1757-899X/189/1/012013
14. Matinde, E.; Simate, G. S.; Ndlovu, S. Mining and metallurgical wastes: a review of recycling and re-use practices // *Journal of the Southern African institute of mining and metallurgy*. 2018. Vol. 118. No. 8, pp. 825–844. <http://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/2018/v118n8a5>
15. Шишакина О.А., Паламарчук А.А. Обзор направлений утилизации техногенных отходов в производстве строительных материалов // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019. № 4. С. 198–203.
11. Karayannis Vayos G., Karapanagioti Hrisi K., Domopoulou Asimina E. and all. Stabilization/solidification of hazardous metals from solid wastes into ceramics. *Waste and biomass valorization*. 2017. Vol. 8, pp. 1863–1874. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9713-z>
12. Ryshchenko M.I., Shchukina L.P., Lisachuk G.V., Galushka Ya.O., Tsovma V.V. Ceramic building materials using slag waste from iron foundry. *Ekologiya i promyshlennost'*. 2018. No. 2 (55), pp. 67–73. (In Russian).
13. Volokitin G.G., Skripnikova N.K., Volokitin O.G., Lutsenko A.V., Shekhovtsov V.V., Litvinova V.A., Semenovykh M.A. Bottom ash waste used in different construction materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. 012013. DOI: 10.1088/1757-899X/189/1/012013
14. Matinde, E.; Simate, G. S.; Ndlovu, S. Mining and metallurgical wastes: a review of recycling and re-use practices. *Journal of the Southern African institute of mining and metallurgy*. 2018. Vol. 118. No. 8, pp. 825–844. <http://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/2018/v118n8a5>
15. Shishakina O.A., Palamarchuk A.A. Overview of directions for the utilization of industrial waste in the production of building materials. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2019. No. 4, pp. 198–203. (In Russian).

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

В издательстве «Стройматериалы» вы можете приобрести специальную литературу

Учебное пособие «Химическая технология керамики»

Авторы – Андрианов Н.Т., Балкевич В.Л., Беляков А.В., Власов А.С., Гузман И.Я., Лукин Е.С., Мосин Ю.М., Скидан Б.С.

Освещены вопросы современного состояния технологии основных видов керамических изделий строительного, хозяйственно-бытового и технического назначения, а также различных видов огнеупоров. Главное внимание уделено основным процессам технологии керамики и ее свойствам. Подробно изложены характеристика различных видов сырья, проблемы подготовки керамических масс различного вида и их формование различными методами, особенности механизмов спекания, а также дополнительные виды обработки керамики: металлизация, глазурирование, декорирование, механическая обработка. Детально описаны свойства керамических изделий – механические, деформационные, теплофизические, электрофизические, в том числе при высоких температурах.

**Книга «Керамические пигменты»**

Авторы – Масленникова Г.Н., Пиц И.В.

В монографии рассмотрены физико-химические основы синтеза пигментов, в том числе термодинамическое обоснование реакций, теория цветности, современные методы синтеза пигментов и их классификация, методы оценки качества. Приведены сведения по технологии пигментов и красок различных цветов и кристаллических структур. Описаны современные методы декорирования керамическими красками изделий из сортового стекла, фарфора, фаянса и майолики. Книга предназначена для научных сотрудников, студентов, специализирующихся в области технологии керамики и стекла, а также для инженерно-технических работников, занятых в производстве керамических изделий и красок.



**Заказать литературу можно через редакцию,
направив заявку произвольной формы
по тел.: (499) 976-22-08, 976-20-36; e-mail: mail@rifsm.ru,
или оформить заявку на сайте www.rifsm.ru**

УДК 666.714

DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-38-46>

А.Ю. СТОЛБОВУШКИН¹, д-р техн. наук (stanyr@list.ru), Д.В. АКСТ¹, инженер (daniel_axt@mail.ru);
О.А. ФОМИНА^{1, 2}, канд. техн. наук (soa2@mail.ru)

¹ Сибирский государственный индустриальный университет (654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

² Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (101990, г. Москва, Малый Харитоньевский пер., 4)

Разработка модели формирования цвета и распределения красящего компонента при обжиге керамики каркасно-окрашенной структуры

Показана заинтересованность производителей в увеличении выпуска лицевого и декоративного кирпича в общей структуре керамических стеновых материалов. Приведены распространенные способы получения декоративных керамических изделий: объемное окрашивание, ангобирование, глазурирование, флеш-обжиг и др. Указана актуальность использования техногенных отходов, содержащих цветообразующие оксиды и соли металлов, для объемного окрашивания керамических масс. Приведены результаты исследования химического, гранулометрического и минерального составов глинистого сырья и красящей техногенной добавки (пыль газоочистки от производства ферросиликомарганца). Показана модель формирования цветовой окраски керамики из глины с добавками-модификаторами цвета из концентрированных пигментов и техногенных отходов, содержащих оксиды металлов-хромофоров. Разработаны схемы распределения и влияния концентрации красящих компонентов на цвет керамического материала при добавке модификаторов цвета в глину. Обоснована и экспериментально подтверждена необходимость введения в шихту красящих отходов в количестве не менее 25–50% для объемного окрашивания керамических образцов по традиционной технологии. Предложена модель формирования каркасно-окрашенной структуры керамики за счет агрегирования глинистого сырья в гранулы и формирования вокруг них оболочки из красящего компонента с последующим прессованием и обжигом изделий. Показано влияние избыточной концентрации хромофоров на поверхности керамических ядер на окраску декоративной керамики при добавке техногенных отходов с пониженным содержанием хромофоров.

Ключевые слова: декоративный керамический кирпич, каркасно-окрашенная структура, модель формирования цвета, техногенные модификаторы цвета, марганецсодержащие отходы с пониженным содержанием хромофоров, цветообразующие оксиды и соли металлов.

Результаты исследования получены при поддержке стипендии Президента России, исследовательский проект SP-4752.2018.1.

Для цитирования: Столбовушкин А.Ю., Акст Д.В., Фомина О.А. Разработка модели формирования цвета и распределения красящего компонента при обжиге керамики каркасно-окрашенной структуры // *Строительные материалы*. 2020. № 8. С. 38–46.
DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-38-46>

A.Yu. STOLBOUSHKIN¹, Doctor of Sciences (Engineering) (stanyr@list.ru), D.V. AKST¹, Engineer (daniel_axt@mail.ru);
O.A. FOMINA^{1, 2}, Candidate of Sciences (Engineering) (soa2@mail.ru)

¹ Siberian State Industrial University (42, Kirova Street, Novokuznetsk, 654007, Russian Federation)

² Mechanical Engineering Research Institute of the RAS, (4, Maly Kharitonievsky side Street, Moscow, 101990, Russian Federation)

Development of a Model for Color Formation and Distribution of a Coloring Component During the Firing of Ceramics of Frame-Painted Structure

It has been shown the manufacturers interest in increasing the output of facing and decorative bricks in the overall structure of ceramic wall materials. Common methods for producing decorative ceramic products are given: bulk staining, engobing, glazing, flash firing, etc. The relevance of using industrial waste containing color-forming oxides and metal salts for volumetric staining of ceramic materials is indicated. It has been presented the results of a study of the chemical, particle size and mineral compositions of clay raw materials and coloring technogenic additives (gas cleaning dust from ferrosilicon manganese production). It was shown a model for the color formation of ceramic from clay with additives, color modifiers from concentrated pigments and industrial waste containing oxides of chromophore metals. The distribution schemes and the influence of the concentration of coloring components on the color of the ceramic material with the addition of color modifiers in clay have been developed. It was experimentally confirmed the need for introducing into the mixture of coloring waste in an amount of at least 25–50% for volumetric staining of ceramic samples by traditional technology. A model was proposed for the formation of a frame-painted structure of ceramics due to aggregation of clay raw materials into granules and the formation of a shell around them from a coloring component with subsequent pressing and firing of products.

Keywords: decorative ceramic brick, frame-painted structure, color formation model, technogenic color modifiers, manganese-containing wastes with a reduced content of chromophores, color-forming oxides and metal salts.

The current study was carried out with supporting of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Russian President Scholarship, research project SP-4752.2018.1).

For citation: Stolbovshkin A.Yu., Akst D.V., Fomina O.A. Development of a model for color formation and distribution of a coloring component during of the firing of ceramics of frame-painted structure. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 8, pp. 38–46. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-38-46>

Многообразие цветовой палитры окружающего нас мира обусловлено корпускулярно-волновой природой света и способностью фотонов, слагающих его, взаимодействовать с материальными предметами при определенных условиях. Иными словами, цветовое восприятие предметов глазом человека зависит от поглощения поверхностью материала части спектра падающего на нее видимого белого света (электромагнитные колебания с длиной волны в диапазоне 380–780 нм). Базовый цвет строительных керамических материалов, представляющих собой многокомпонентные полиминеральные системы, будет формироваться прежде всего оптически активными центрами на поверхности твердой фазы, как и для большинства кристаллических структур [1].

Традиционная керамика из глины имеет «красный кирпичный» цвет – название, давно ставшее нарицательным. Окрашивание материала происходит в процессе обжига при температурах более 750–800°C и обеспечивается главным образом за счет красящих оксидов в глине [2, 3]. В соответствии со стандартами к глинистому сырью это оксиды железа и титана. От их количества, а также химико-минералогического состава сырья, примесей, температуры и условий обжига красный цвет керамического черепка может иметь широкую гамму оттенков от коричнево-красных до светло-розовых [4–7].

Несмотря на кризисные явления последних лет, определенным спросом на строительном рынке пользуется лицевой и декоративный кирпич [8], в связи с увеличением доли нетипового и коттеджного строительства в общей структуре возводимого жилья, а также отказом от мокрых штукатурных процессов при отделке зданий. Поэтому особое внимание кирпичных заводов сегодня направлено на выпуск цветного кирпича.

В производстве стеновых керамических изделий используют различные способы и технологические приемы, например ангобирование, глазурирование, флеш-обжиг и др. [9–13]. Однако по-прежнему доминирует объемное окрашивание красножгущихся керамических масс введением тугоплавкого светложгущегося глинистого сырья, различных минеральных добавок (мела, доломита, известняка) или цветообразующих оксидов и солей металлов (Fe_2O_3 , MnO_2 , CrCl_3 , TiO_2 и др.) [14–17].

Осветление керамических масс с помощью тонкодисперсных карбонатов требует особой осторожности из-за возможного образования при их избыточности свободного CaO , не участвующего в высокотемпературных реакциях формирования новых минеральных фаз: силикатов и алюмосиликатов кальция. Впоследствии при неизбежном попадании воды внутрь происходит его гидратация с переходом в $\text{Ca}(\text{OH})_2$, которая приводит к образованию микротрещин и нарушению целостной структуры материала.

Использование светложгущейся глины дает выраженный эффект изменения окраски при введении

ее в количестве не менее 25–30 мас. % в состав шихты. Такой объем переводит ее из разряда добавки в разряд основного сырья. Учитывая дефицит месторождений и, как следствие, более высокую стоимость «белых» глин, а также нередко их значительную удаленность от керамических предприятий (протяженность транспортных перевозок зачастую составляет не одну сотню километров), применение этого способа приводит к значительному удорожанию себестоимости продукции и экономически не всегда оправданно. Тем не менее отдельные производители керамических строительных материалов осознанно идут на эти издержки из-за высоких физико-механических показателей и декоративных свойств готовой продукции, значительно обогащающих цветовую палитру выпускаемых изделий (слоновая кость, солома, абрикос и др.) [18–20].

Применение концентрированных керамических пигментов – так называемых модификаторов цвета имеет свои особенности и также значительно поднимает цену кирпича. Прежде всего это высокая стоимость самих высококарафинированных порошков, состоящих из красящих соединений железа, титана, марганца и других металлов-хромофоров. Как правило, их производство требует больших финансовых затрат, связано с высокотемпературным синтезом и необходимостью использовать дорогое высокосортное сырье [21–23]. Определенные технологические сложности возникают и в процессе равномерного распределения небольшого количества (1–3%) пигментов в общей массе керамического сырья, приводящего к различным цветовым оттенкам в пределах одной партии изделий, градиентной окраске, разводам и пятнам на них.

Указанные причины привели к активным научным исследованиям по объемному окрашиванию керамических масс так называемыми техногенными модификаторами цвета, изготовленными из техногенных отходов, содержащих в своем составе красящие оксиды металлов [24–28]. Вопросам получения декоративной керамики с использованием нового способа рационального распределения техногенных модификаторов цвета в структуре материала посвящены исследования, изложенные в настоящей статье.

Цель исследований заключалась в разработке модели формирования цветовой окраски и распределения красящего компонента в виде концентрированных и техногенных добавок-модификаторов цвета при обжиге керамики каркасно-окрашенной структуры.

Методы исследований. В работе использовались стандартные и прецизионные методы анализа керамического сырья. Химический состав материалов определялся валовым химическим и рентгенофлуоресцентным волнодисперсионными анализами (спектрометр Shimadzu XRF-1800). Гранулометрический состав – методами ситового анализа и дифракции лазерного излучения суспензий (лазерный анализатор Mastersizer 2000). Исследование фазового состава и структуры материалов проводилось комплексом

Таблица 1
Table 1

Химический состав сырьевых материалов
The chemical composition of raw materials

Сырьевые материалы	Массовое содержание, % (после прокаливания)												
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	S	P ₂ O ₅	MnO ₂	ППП
Глина	57,45	14,62	5,97	0,89	5,66	3,11	0,59	2,79	0,83	0,01	0,04	0,18	7,28
Пыль газоочистки	37,22	2,05	0,43	–	5,63	4,11	1,35	3,58	–	0,23	0,06	33,53	–

Таблица 2
Table 2

Гранулометрический состав сырьевых материалов
Granulometric composition of raw materials

Сырьевые материалы	Размер частиц материалов, мм, и их массовое содержание, %				
	>0,06	0,06–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001
Глина	0,37	35,12	22,56	36,46	5,49
Пыль газоочистки	4,71	39,93	34,07	15	6,29

методов, включая рентгеновскую дифрактометрию, оптическую и электронную микроскопию (дифрактометр Shimadzu XRD-6000, РЭМ JSM-6460LV).

Объекты исследований. В качестве объектов исследований использовались среднепластичная легкоплавкая глина Ленинск-Кузнецкого месторождения (Кузбасс), а также марганецсодержащие добавки в виде концентрированного керамического пигмента (MnO₂) и пыли газоочистки от производства ферросиликомарганца ООО «Западно-Сибирский электрометаллургический завод» (г. Новокузнецк, Кузбасс). Оценка цветовой окраски проводилась по керамическим образцам полусухого прессования, отпрессованным и обожженным по одинаковому режиму при 1000°С.

Химический, гранулометрический и минеральный составы исходных материалов представлены в табл. 1–3.

В соответствии с общепринятой классификацией для глинистых пород (ГОСТ 9169–75) по химическому составу (табл. 1) ленинск-кузнецкая глина относится к полукислому глинистому сырью (концентрация Al₂O₃ в прокаленном состоянии – 14,62%) с высоким содержанием красящих оксидов (Fe₂O₃+TiO₂=8,75%) и свободного кремнезема (30,6%).

По гранулометрическому составу (табл. 2) глина относится к низкодисперсному сырью (количество частиц размером менее 0,005 мм не превышает 30–40%, из них содержание частиц менее 0,001 мм не более 5%) с низким содержанием крупнозернистых включений (частиц размером более 0,5 мм содержится менее 1%). В ее составе присутствуют вкрапления железистых минералов, гипса и фрагменты горных пород. Марганцевую пыль газоочистки можно отнести к пылевой супеси и также причислить к группе низкодисперсного сырья.

Минеральный состав глины Ленинск-Кузнецкого месторождения (табл. 3) представлен глинистыми минералами групп иллита, монтмориллонита и

Таблица 3
Table 3

Минеральный состав сырьевых материалов
Mineral composition of raw materials

Сырьевые материалы	Преобладающие минералы	
	глинистые	непластичные
Глина	Гидромусковит, монтмориллонит, каолинит	Кварц, альбит, хлорит, кальцит
Пыль газоочистки	–	Браунит, гаусманит, кварц, франклинит, авгит, анортит, альбит

каолинита. Из примесей наблюдаются кварц, хлорит, карбонаты и натриевый полевой шпат. Пыль газоочистки от производства марганцевых сплавов имеет полиминеральный состав и при полном отсутствии глинистых минералов содержит браунит, гаусманит, кварц, франклинит, авгит, анортит, альбит и примеси.

Результаты и обсуждение. На первом этапе при создании модели вначале был выработан механизм взаимодействия двух компонентов – частиц глины и концентрированного пигмента. Учитывая сопоставимые размеры частиц обоих компонентов, исчисляемые в микрометрах, и малое количество пигмента по сравнению с глиной, а также принимая во внимание их тщательное перемешивание в процессе массоподготовки, можно предположить, что каждая частица пигмента будет целиком окружена глиняными частицами (рис. 1).

С точки зрения равномерного распределения красящего компонента объемом 1–2% в общей массе глины наиболее предпочтительными в результате лабораторных исследований являются, на наш взгляд, сушильно-помольный способ подготовки сырьевых материалов и процесс полусухого прессования сырца. Он отличается существенным сокращением технологического цикла, возможностью тщательного перемешивания близких по свойствам ма-

териалов и способностью их целенаправленной пространственной организации для структурного окрашивания изделий.

При прессовании сырца вокруг каждой частицы пигмента группируются концентрические слои глиняных частиц (рис. 1, *a*). По аналогии со схемой строения сорбированного комплекса, состоящего из водной оболочки и зерна глинообразующего минерала по Е.А. Галабутской [29], в процессе термической обработки будет происходить взаимодействие между зерном пигмента и глиняными частицами с окрашиванием последних. При этом по мере удаления от центра хромофорного комплекса степень красящего действия оксида металла будет ослабевать (рис. 1, *b*).

Рассмотрим представленную модель более подробно. В центре системы (рис. 1, *b*) формируется I концентрический слой, состоящий из частиц 5, находящихся в зоне прямого контакта с хромофором 3 и поэтому окрашенных наиболее сильно. Далее формируется II концентрический слой из частиц 6, непосредственно соприкасающихся с частицами 5 прямого контакта и также подвергнутых значительному красящему действию пигмента. По мере удаления от зерна концентрированного пигмента 3 обожженные частицы глины 6, 7 начинают окрашиваться неравномерно и образуют III так называемый разноцвет-

ный слой. Следом за ним формируется более растянутый без четкой границы IV слой, в котором наряду с «неокрашенными» частицами 2 встречаются слабоокрашенные частицы 8. Следует уточнить, что на самом деле частицы 2 имеют естественную кирпично-красную окраску после обжига в зависимости от вида глинистого сырца.

Для удобства характеристики и лучшего понимания разработанной модели назовем схематично выделенные на рисунке белой пунктирной линией концентрические слои:

I – монохромный слой с сильной окраской частиц (прямого контакта с хромофором);

II – монохромный слой со средней окраской частиц;

III – полихромный слой;

IV – диффузный слой.

Далее при разработке модели был рассмотрен механизм взаимодействия частиц глины с модификатором цвета из техногенных отходов (рис. 1, *c, d*). Как и в первом случае, схема взаимодействия между ними имеет схожий характер, однако в отличие от концентрированного пигмента окрашивание керамического черепка техногенными отходами протекает менее эффективно. Это обусловлено тем, что в химическом составе отходов присутствует большое количество примесей, а содержание красящих оксидов металлов-хромофоров, как правило, значительно ниже (в 3–20 раз), чем в концентрированных пигментах.

При подробном рассмотрении можно отметить, что в центре хромофорного комплекса (рис. 1, *d*) уже на границе контакта с частицей красящих отходов 4 формируется только III концентрический полихромный слой, состоящий из частиц 6 и 7, имеющих окраску разной интенсивности. Следом образуется более узкий по сравнению с пигментом IV слой, состоящий из частиц естественной окраски 2 и слабоокрашенных частиц 8.

На втором этапе исследования были разработаны схемы распределения и влияния концентрации красящих компонентов на цветовую окраску керамического материала после обжига при добавке к глинистому сырцу различного количества модификаторов цвета из концентрированных пигментов и техногенных отходов, содержащих оксиды и соли металлов-хромофоров (рис. 2).

В большинстве случаев для интенсивного окрашивания керамического кирпича достаточно введения в глинистое сырье концентрированного пигмента-хромофора в количестве 2–5 мас. % [30]. При этом эталонный

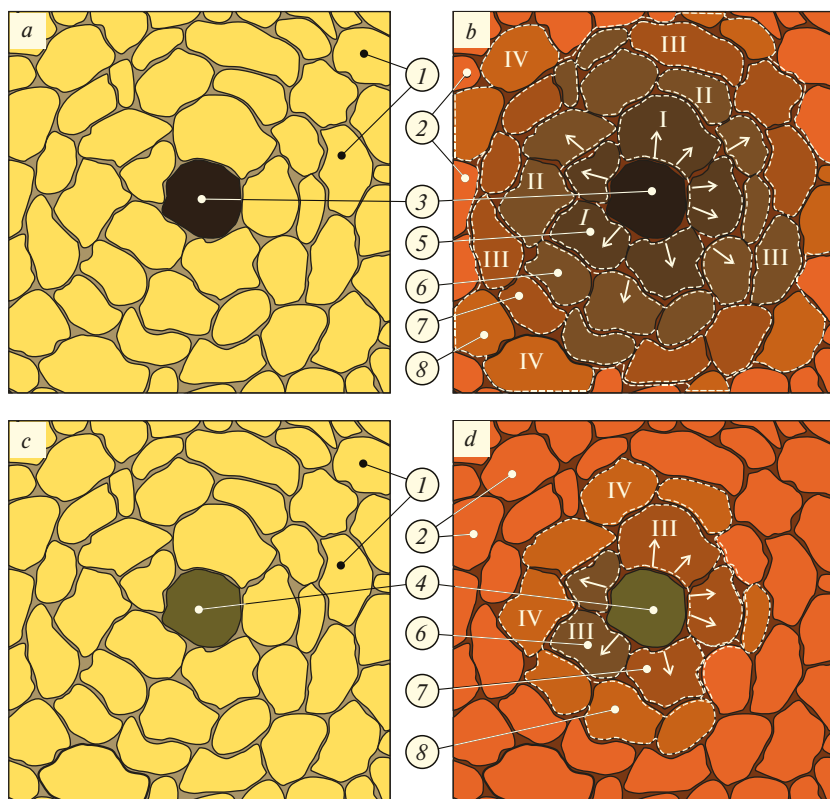


Рис. 1. Модель формирования цветовой окраски керамики из глины с добавками-модификаторами цвета из концентрированных пигментов (*a, b*) и техногенных отходов (*c, d*), содержащих оксиды и соли металлов-хромофоров: 1 – необожженная частица глины; 2 – обожженная частица; 3 – зерно пигмента; 4 – зерно из техногенных отходов; 5, 6, 7, 8 – частицы соответствующих I, II, III, IV концентрических слоев

Fig. 1. A model for the color formation of ceramic from clay with color modifier additives from concentrated pigments (*a, b*) and industrial waste (*c, d*) containing oxides and salts of chromophore metals: 1 – an unburnt clay particle; 2 – burnt particle; 3 – pigment grain; 4 – grain from industrial waste; 5, 6, 7, 8 – particles of concentric layers I, II, III, IV

цвет и марочная прочность обожженного изделия достигаются при условии равномерного распределения красящего пигмента по всему объему шихты. В случае использования минеральных отходов, содержащих оксиды и соли металлов-хромофоров, при том же массовом содержании и удельном распределении в смеси получение насыщенной окраски не представляется возможным согласно модели (рис. 1).

При разработке схемы (рис. 2) были приняты условия обязательного равномерного распределения красящих частиц в общем объеме материала и применения техногенных отходов, имеющих по химическому составу 25–35 мас. % оксидов металлов-хромофоров (3–4-кратное снижение хромофоров по сравнению с концентрированными пигментами). Проведенные ранее исследования показали, что использование техногенных отходов с меньшим количеством хромофоров (менее 20 мас. % по химическому составу вещества) для объемного окрашивания керамики нецелесообразно [31].

Согласно модели формирования цветовой окраски и схеме распределения хромофоров для получения сопоставимых с концентрированными пигментами результатов окрашивания необходимо повысить долю техногенных отходов в шихте до 25–50 мас. % (рис. 2, *d*), т. е. практически на порядок больше. Введение такого количества добавки, фактически превращающейся в один из основных компонентов шихты, наряду с окрашиванием керамики приводит к целому ряду негативных явлений. Например, велика вероятность высолообразования на поверхности обожженных изделий, поскольку вместе с оксидом-хромофором в сырьевой смеси также увеличится содержание сернистых и карбонатных примесей. Кроме того, критическое снижение глинистой компоненты в общем составе шихты ведет к нарушению классического процесса спекания керамики, что физически проявляется в резком снижении прочности, морозостойкости и росте водопоглощения керамических образцов [32].

Экспериментальные исследования, проведенные на лабораторных образцах полусухого прессования, подтвердили адекватность разработанной модели формирования цвета. На примере добавок, содержащих MnO_2 , наблюдался выраженный окрашивающий эффект керамического материала при введении 2–5 мас. % концентрированного пигмента. При таком же количестве и удельном распределении в смеси минеральные марганецсодержащие отходы не обеспечивали получение насыщенной окраски обожженных образцов [33, 34].

На третьем этапе исследования для уменьшения количества техногенных отходов в шихте и сохранения при этом необходимой цветовой окраски керамических образцов была предложена следующая научная гипотеза: при использовании красящей добавки с пониженным содержанием хромофоров необходимо сконцентрировать ее в оболочке вокруг сырьевых гранул без распределения в общей массе изделия, обеспечив при прессовании и обжиге формирование окрашенного каркаса и требуемый цвет керамики.

В соответствии с научной гипотезой была разработана модель формирования каркасно-окрашенной структуры декоративной керамики (рис. 3). В основу пространственной организации внутреннего строения керамического материала был положен принцип агломерации базового (глинистого) сырья в гранулы сферической формы преимущественно диаметром $D_{гр} = 1–3$ мм (рис. 3, *a*) с последующим нанесением на их поверхность окрашивающей оболочки из техногенных отходов толщиной $\delta_1 = 50–200$ мкм.

В результате в отпрессованных изделиях при обжиге взаимодействие между частицами глинистого сырья и красящих отходов протекает не по всему массиву изделия, а лишь в контактной зоне, соединяющей ядро и оболочку (рис. 3, *b*). Избыточная концентрация хромофоров на поверхности керамических ядер в процессе спекания позволит усилить

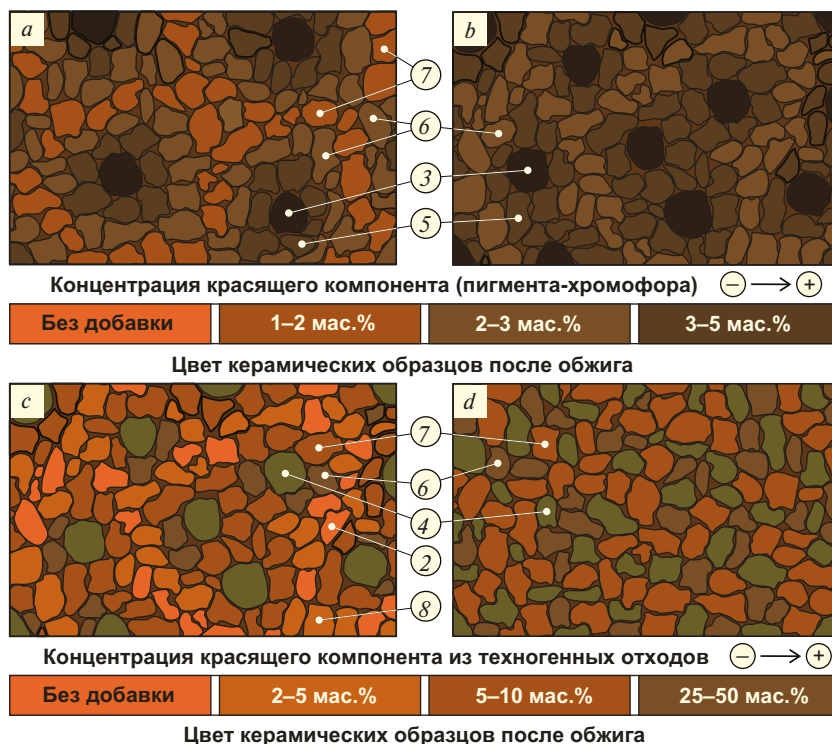


Рис. 2. Схема распределения и влияния количества красящего компонента из концентрированных пигментов (*a, b*) и техногенных отходов (*c, d*) на цвет керамических образцов после обжига: 2 – обожженная частица глины; 3 – зерно пигмента; 4 – зерно из техногенных отходов; 5, 6, 7, 8 – частицы соответственно I, II, III, IV концентрических слоев (согласно нумерации рис. 1)

Fig. 2. The scheme of distribution and influence of the amount of the coloring component from concentrated pigments (*a, b*) and industrial waste (*c, d*) on the color of ceramic samples after firing: 2 – a burnt clay particle; 3 – pigment grain; 4 – grain from industrial waste; 5, 6, 7, 8 – particles of concentric layers I, II, III, IV (according to the numbering of Fig. 1)

окрашивающий эффект в этой зоне согласно схеме распределения количества красящего компонента, представленной на рис. 2, *d*. Таким образом, можно снизить необходимое количество техногенных отходов с пониженным содержанием хромофоров в шихте до 5–10 мас. %.

Для проверки научной гипотезы и разработанной модели формирования цвета и распределения красящего компонента при обжиге керамики каркасно-окрашенной структуры были проведены экспериментальные исследования с использованием рассмотренных выше сырьевых материалов. Результаты исследований представлены на рис. 4. В лабораторных условиях по технологии полусухого прессования были приготовлены две серии образцов из двухкомпонентной шихты следующих составов, мас. %:

- ленинск-кузнецкая глина – 90–98;
- марганцевая пыль газоочистки – 2–10.

В свою очередь, внутри каждой серии образцов количество красящей добавки в шихте также последовательно менялось и составляло соответственно: 2, 5, 10 мас. %.

Первая серия образцов готовилась с использованием традиционного сушильно-помольного способа массоподготовки путем тщательного механического перемешивания компонентов шихты. Вторая серия образцов готовилась разработанным способом [35] согласно научной гипотезе формирования каркасно-окрашенной структуры строительной керамики. Для сопоставимости результатов эксперимента параметры прессования сушки и обжига керамических образцов были одинаковыми.

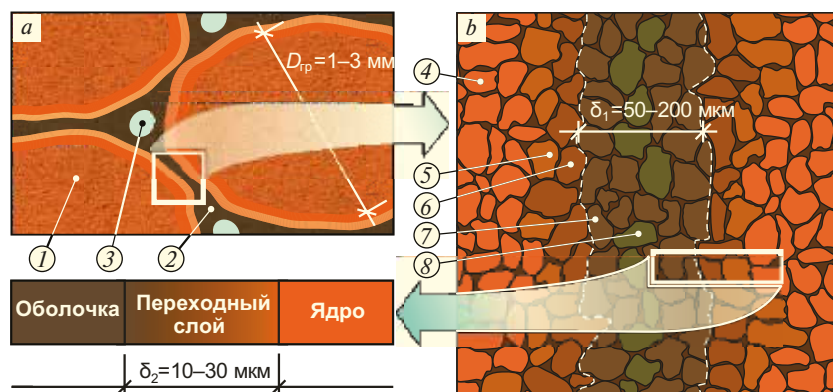


Рис. 3. Модель каркасно-окрашенной структуры (*a*) и схема перехода от ядра к оболочке (*b*) в декоративной стеновой керамике: 1 – агрегированное ядро из глинистого сырья; 2 – красящая оболочка из техногенных отходов; 3 – пора; 4 – обожженная частица глины; 5, 6, 7 – частицы полихромного и диффузного слоев; 8 – зерно из техногенных отходов

Fig. 3. The model of the frame-painted structure (*a*) and the transition scheme from the core to the shell (*b*) in decorative wall ceramics: 1 – aggregated core from clay raw materials; 2 – painting shell from industrial waste; 3 – pore; 4 – burnt clay particle; 5, 6, 7 – particles of polychrome and diffuse layers; 8 – grain from industrial waste

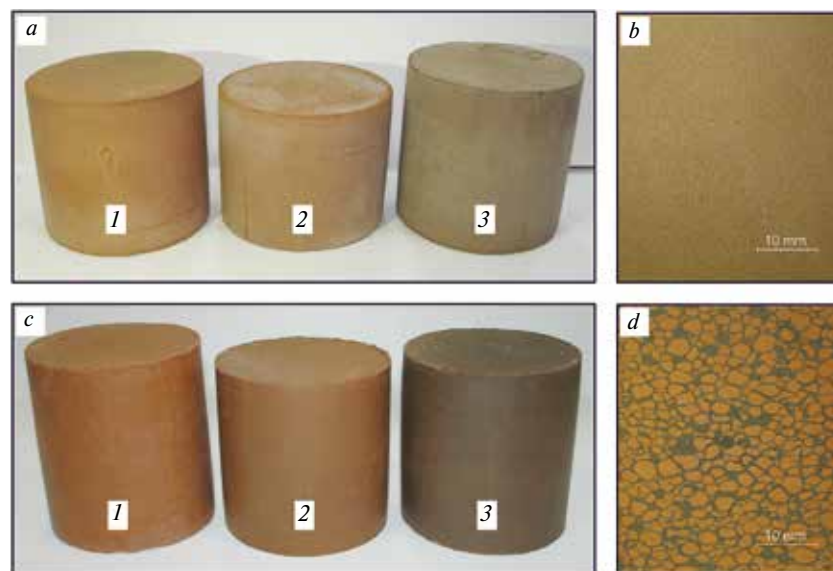


Рис. 4. Внешний вид и макроструктура керамических образцов из ленинск-кузнецкой глины, приготовленных сушильно-помольным (*a, b*) и запатентованным (*c, d*) способами с добавкой марганцевой пыли газоочистки в количестве, мас. %: 1 – 2; 2 – 5; 3 – 10

Fig. 4. Appearance and macrostructure of ceramic samples from Lenin-Kuznetsk clay prepared by drying and grinding (*a, b*) and patented (*c, d*) methods, with the addition of manganese dust from gas purification in the amount of: 1 – 2%; 2 – 5%; 3 to 10% by weight

Проведенные исследования показали, что у керамических образцов первой серии, полученных при ручной гомогенизации двухкомпонентной шихты, добавка 2–10 мас. % марганецсодержащих отходов практически не дает выраженного коричневого цвета после обжига (рис. 4, *a*). Таким образом, несмотря на высокую концентрацию четырехвалентного оксида марганца в пыли газоочистки (33,53%), его красящий эффект нивелируется равномерным распределением частиц техногенных отходов по всему объему пресс-порошка из глины (рис. 4, *b*), что согласуется с предложенной схемой распределения и влияния количества красящего компонента на цвет керамики (рис. 2, *c*).

Другая картина наблюдается у образцов второй серии. При исследовании макроструктуры (рис. 4, *d*) можно отметить, что целенаправленная организация внутреннего окрашенного каркаса в теле керамики позволяет сконцентрировать цветообразующий оксид марганца только в оболочке гранул, а не по всему объему материала. При взаимодействии между частицами глины и хромофора в высокой концентрации толщина полихромного и диффузного окрашенных слоев керамики значительно возрастает с образованием схемы распределения красящего компонента и формирования цвета по типу, представленному на рис. 2, *d*. В результате происходит усиление коричневой окраски у всей линейки образцов по сравнению с образцами первой серии (рис. 4, *a, c*).

Таким образом, полученные экспериментальные результаты подтвержда-

ют справедливость разработанных теоретических принципов формирования каркасно-окрашенной структуры декоративных керамических материалов.

Заключение. Согласно разработанной схеме распределения и концентрации красящего компонента теоретически обоснована и экспериментально подтверждена на примере марганецсодержащих материалов необходимость введения в глину техногенных отходов с пониженным содержанием хромофоров в количестве не менее 25–50 мас. % для получения насыщенного цвета при объемном окрашивании керамических образцов.

Для уменьшения количества техногенных отходов, содержащих оксиды и соли металлов-хромофо-

ров, при получении декоративных керамических материалов в соответствии с научной гипотезой разработана модель формирования каркасно-окрашенной структуры керамики за счет агрегирования глинистого сырья в гранулы диаметром 1–3 мм и формирования вокруг них оболочки толщиной 50–200 мкм из красящего компонента с последующим прессованием и обжигом изделий.

Установлено, что избыточная концентрация хромофоров на поверхности керамических ядер обеспечивает в процессе спекания требуемый окрашивающий эффект декоративной керамики при добавке в шихту техногенных отходов с пониженным содержанием хромофоров в количестве 5–10 мас. %.

Список литературы

1. Остапенко П.Е. Технологическая оценка минерального сырья. Опробование месторождений. Характеристика сырья. М.: Недра, 1990. 272 с.
2. Арискина К.А., Арискина Р.А., Салахов А.М., Вагизов Ф.Г., Ахметова Р.Т. Влияние химико-минералогического состава глин на цвет керамических материалов // *Вестник технологического университета*. 2012. Т. 19. № 24. С. 25–28.
3. Платова Р.А., Шмарина А.А., Стафеева З.В. Многомерная колориметрическая градация каолина // *Стекло и керамика*. 2009. № 1. С. 17–22.
4. De Bonis A., Cultrone G., Grifa C. Langella A., Leone A.P., Mercurio M., Morra V. Different shades of red: The complexity of mineralogical and physicochemical factors influencing the colour of ceramics // *Ceramics International*. 2017. No. 43, pp. 8065–1851. DOI: 10.1016/j.ceramint.2017.03.127
5. Салахов А.М., Морозов В.П., Вагизов Ф.Г., Ескин А.А., Валимухаметова А.Р., Зиннатуллин А.Л. Научные основы управления цветом лицевого кирпича на заводе «Алексеевская керамика» // *Строительные материалы*. 2017. № 3. С. 90–95.
6. Valanciene V., Siauciunas R., Baltusnikaite J. The influence of mineralogical composition on the colour of clay body // *Journal of the European Ceramic Society*. 2010. No. 30, pp. 1609–1617. DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2010.01.017
7. Maritan L., Nodari L., Mazzoli C., Milano A., Russo U. Influence of firing conditions on ceramic products: Experimental study on clay rich in organic matter // *Applied Clay Science*. 2006. No. 31, pp. 1–15. DOI: 10.1016/j.clay.2005.08.007
8. Ананьев А.И., Лобов О.И. Керамический кирпич и его место в современном строительстве // *Промышленное и гражданское строительство*. 2014. № 10. С. 62–65.
9. Тарасевич Б.П. Технологическая линия Verdes-Ingicer-Solincer на заводе «Ключищенская керамика» в Татарстане // *Строительные материалы*. 2007. № 11. С. 48–51.
10. Мелешко В.Ю. Технология и установка для производства лицевого керамического кирпича с де-

References

1. Ostapenko P.E. Tehnologicheskaja ocenka mineral'nogo syrya. Oprobovanie mestorozhdenij. Harakteristika syrya [Technological evaluation of mineral raw materials. Deposit testing. Characteristics of raw materials]. Moscow: Nedra. 1990. 272 p. (In Russian).
2. Ariskina K.A., Ariskina R.A., Salahov A.M., Vagizov F.G., Ahmetova R.T. The influence of the chemical and mineralogical composition of clays on the color of ceramic materials. *Vestnik tehnologicheskogo universiteta*. 2012. Vol. 19. No. 24, pp. 25–28. (In Russian).
3. Platova R.A., Shmarina A.A., Stafeeva Z.V. Multi-dimensional colorimetric gradation of kaolin. *Steklo i keramika*. 2009. No. 1, pp. 17–22. (In Russian).
4. De Bonis A., Cultrone G., Grifa C. Langella A., Leone A.P., Mercurio M., Morra V. Different shades of red: The complexity of mineralogical and physicochemical factors influencing the colour of ceramics. *Ceramics International*. 2017. No. 43, pp. 8065–1851. DOI: 10.1016/j.ceramint.2017.03.127
5. Salahov A.M., Morozov V.P., Vagizov F.G., Eskin A.A., Valimuhametova A.R., Zinnatullin A.L. The scientific basis of color management of face brick at the Alekseevskaya Ceramics factory. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 3, pp. 90–95. (In Russian).
6. Valanciene V., Siauciunas R., Baltusnikaite J. The influence of mineralogical composition on the colour of clay body. *Journal of the European Ceramic Society*. 2010. No. 30, pp. 1609–1617. DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2010.01.017
7. Maritan L., Nodari L., Mazzoli C., Milano A., Russo U. Influence of firing conditions on ceramic products: Experimental study on clay rich in organic matter. *Applied Clay Science*. 2006. No. 31, pp. 1–15. DOI: 10.1016/j.clay.2005.08.007
8. Anan'ev A.I., Lobov O.I. Ceramic brick and its place in modern construction. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2014. No. 10, pp. 62–65. (In Russian).
9. Tarasevich B.P. Verdes-Ingicer-Solincer production line at the Klyuchischenskaya Ceramics factory in Tatarstan. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2007. No. 11, pp. 48–51. (In Russian).

- корированной поверхностью // *Строительные материалы*. 2005. № 2. С. 28–30.
11. Захаров А.И., Сурков Г.М. Основы технологии керамики. Глазури и ангобы для керамических изделий // *Стекло и керамика*. 2000. № 11. С. 3–6.
 12. Кара-Сал Б.К. Интенсификация спекания легкоплавких глинистых пород с изменением параметров среды обжига // *Стекло и керамика*. 2007. № 3. С. 14–19.
 13. Бессмертный В.С., Минько Н.И., Дюмина П.С., Соколова О.Н., Бахмутская О.Н., Симачев А.В. Получение лицевого кирпича методом плазменной обработки с использованием сырья техногенных месторождений // *Стекло и керамика*. 2008. № 1. С. 17–19.
 14. Езерский В.А., Панферов А.И. Каолининовая глина Новоорского месторождения – эффективная добавка в производстве лицевого кирпича и клинкера // *Строительные материалы*. 2012. № 5. С. 19–21.
 15. Богданов А.Н., Абдрахманова Л.А., Гордеев А.С. Оценка эффективности карбонатсодержащей добавки в глинистое сырье для создания лицевой керамики // *Известия КазГАСУ*. 2013. № 2 (24). С. 215–220.
 16. Столбоушкин А.Ю. Улучшение декоративных свойств стеновых керамических материалов на основе техногенного и природного сырья // *Строительные материалы*. 2013. № 8. С. 24–29.
 17. Седельникова М.Б. Критерий использования природного минерального сырья для получения керамических пигментов // *Техника и технология силикатов*. 2011. Т. 18. № 1. С. 15–18.
 18. Makarov D.V., Suvorova O.V., Masloboev V.A. Prospects of processing the mining and mineral processing waste in Murmansk Region into ceramic building materials. Apatity: FRC KSC RAS. 2019. 44 p. DOI: 10.25702/KSC.978-5-91137-403-7
 19. Зубехин А.П., Довженко И.Г. Повышение качества керамического кирпича с применением основных сталеплавильных шлаков // *Строительные материалы*. 2011. № 4. С. 57–59.
 20. Loryuenyong V., Panyachai T., Kaewsimork K., Siritai C. Effects of recycled glass substitution on the physical and mechanical properties of clay bricks // *Waste Management*. 2009. No. 29, pp. 2717–2721. DOI: 10.1016/j.wasman.2009.05.015
 21. Радишевская Н.И., Касацкий Н.Г., Чапская А.Ю., Лепакова О.К., Китлер В.Д., Найбороденко Ю.С., Верещагин В.И. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез пигментов шпинельного типа // *Стекло и керамика*. 2006. № 2. С. 20–21.
 22. Chen S., Wu C., Fang A., Lin C. Effects of adding different morphological carbon nanomaterials on super capacitive performance of sol–gel manganese oxide films // *Ceramics International*. 2016. No. 42. Iss. 4, pp. 4797–4805. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.11.165>
 10. Meleshko V.Ju. Technology and unit for the production of ceramic face bricks with a decorated surface. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2005. No. 2, pp. 28–30. (In Russian).
 11. Zaharov A.I., Surkov G.M. Basics of ceramic technology. Glazes and engobes for ceramic products. *Steklo i keramika*. 2000. No. 11, pp. 3–6. (In Russian).
 12. Kara-sal B.K. Intensification of sintering of fusible clay rocks with a change in the parameters of the firing medium. *Steklo i keramika*. 2007. No. 3, pp. 14–19. (In Russian).
 13. Bessmertny V.S., Min'ko N.I., Djumina P.S., Sokolova O.N., Bahmutskaja O.N., Simachev A.V. The face brick obtaining by plasma processing using raw materials from industrial deposits. *Steklo i keramika*. 2008. No. 1, pp. 17–19. (In Russian).
 14. Ezerskiy V.A., Panferov A.I. The kaolinite clay of the Novoor deposit is an effective additive in the production of face brick and clinker. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 5, pp. 19–21. (In Russian).
 15. Bogdanov A.N., Abdrahmanova L.A., Gordeev A.S. Evaluation of the efficiency of carbonate-containing additives in clay raw materials to create face ceramics. *Izvestija KazGASU*. 2013. No. 2(24), pp. 215–220. (In Russian).
 16. Stolboushkin A.Yu. Improving decorative properties of ceramic wall materials produced of technogenic and natural resources. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 8, pp. 24–29.
 17. Sedel'nikova M.B. The criterion for the use of natural mineral raw materials for ceramic pigments. *Tehnika i tehnologija silikatov*. 2011. Vol. 18. No. 1, pp. 15–18. (In Russian).
 18. Makarov D.V., Suvorova O.V., Masloboev V.A. Prospects of processing the mining and mineral processing waste in Murmansk Region into ceramic building materials. Apatity: FRC KSC RAS. 2019. 44 p. DOI: 10.25702/KSC.978-5-91137-403-7
 19. Zubehin A.P., Dovzhenko I.G. Improving the quality of ceramic bricks using basic steelmaking slag. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 4, pp. 57–59. (In Russian).
 20. Loryuenyong V., Panyachai T., Kaewsimork K., Siritai C. Effects of recycled glass substitution on the physical and mechanical properties of clay bricks. *Waste Management*. 2009. No. 29, pp. 2717–2721.
 21. Radishevskaja N.I., Kasackij N.G., Chapskaja A.Ju., Lepakova O.K., Kitler V.D., Najborodenko Ju.S., Vereshhagin V.I. Self-propagating high temperature synthesis of spinel-type pigments. *Steklo i keramika*. 2006. No. 2, pp. 20–21. (In Russian).
 22. Chen S., Wu C., Fang A., Lin C. Effects of adding different morphological carbon nanomaterials on super capacitive performance of sol–gel manganese oxide films. *Ceramics International*. 2016. No. 42, pp. 4797–4805. DOI: 10.1016/j.wasman.2009.05.015
 23. Radishevskaja N.I., Chapskaja A.Ju., Kasackij N.G., Lepakova O.K., Kitler V.D., Najborodenko Ju.S.,

23. Радишевская Н.И., Чапская А.Ю., Касацкий Н.Г., Лепаква О.К., Китлер В.Д., Найбороденко Ю.С., Верещагин В.И. Синтез никельсодержащих пигментов шпинельного типа в режиме горения // *Стекло и керамика*. 2009. № 1. С. 13–14.
24. Абдрахимов В.З., Колпаков А.В. Экологические, теоретические и практические аспекты использования кальцийсодержащих отходов в производстве керамических материалов // *Известия вузов. Строительство*. 2013. № 7. С. 28–36.
25. Dengxin L., Guolong G., Fanling M., Chong J. Preparation of nano-iron oxide red pigment powders by use of cyanided tailings // *Journal of Hazardous Materials*. 2008. No. 155, pp. 369–377. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2007.11.070
26. Lazau R.I., Pacurariu C., Becherescu D., Ianos R. Ceramic pigments with chromium content from leather wastes // *Journal of the European Ceramic Society*. 2007. No. 27, pp. 1899–1903. DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2006.04.078
27. Costa G., Della V.P., Ribeiro M.J., Oliveira A.P.N., Monros G., Labrincha J.A. Synthesis of black ceramic pigments from secondary raw materials // *Dyes and Pigments*. 2008. No. 77, pp. 137–144. DOI: 10.1016/j.dyepig.2007.04.006
28. Русович-Югай Н.С. Влияние декстрина на свойства глазурей, керамических красок и восстановление оксида кобальта // *Стекло и керамика*. 2006. № 3. С. 20–22.
29. Галабутская Е.А. Система глина-вода. Львов: Главполиграфиздат. 1962. 212 с.
30. Масленникова Г.Н., Пищ И.В. Керамические пигменты. М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ». 2009. 224 с.
31. Бурученко А.Е. Оценка возможности использования вторичного сырья в керамической промышленности // *Строительные материалы*. 2006. № 2. С. 44–46.
32. Мойсов Г.Л. Разработка эффективных хромофорных добавок для выпуска цветного керамического кирпича на предприятиях Краснодарского края // *Строительные материалы*. 2001. № 10. С. 16–18.
33. Столбоушкин А.Ю., Акст Д.В., Фомина О.А., Сыромясов В.А. Изменение интенсивности окраски декоративных керамических материалов матричной структуры // *Труды НГАСУ*. 2017. Т. 20. № 2 (65). С. 92–102.
34. Stolboushkin A., Akst D., Fomina A., Ivanov A. Structure and properties of ceramic brick colored by manganese-containing wastes. *MATEC Web of Conferences: IV International Young Researchers Conference «Youth, Science, Solutions: Ideas and Prospects»*. Tomsk: TSUAB. 2018. Vol. 143. 02009, pp. 1–8. DOI: 10.1051/mateconf/201814302009
35. Патент РФ 2701657. *Способ получения сырьевой смеси для декоративной строительной керамики* / Акст Д.В., Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А.; Заявл. 19.12.2018. Опубл. 30.09.2019. Бюл. № 28.
- Vereshhagin V.I. Synthesis of nickel-containing spinel pigments in the combustion mode. *Steklo i keramika*. 2009. No. 1, pp. 13–14. (In Russian).
24. Abdrahimov V.Z., Kolpakov A.V. Ecological, theoretical and practical aspects of the use of calcium-containing waste in the production of ceramic materials. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo*. 2013. No. 7, pp. 28–36. (In Russian).
25. Dengxin L., Guolong G., Fanling M., Chong J. Preparation of nano-iron oxide red pigment powders by use of cyanided tailings. *Journal of Hazardous Materials*. 2008. No. 155, pp. 369–377. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2007.11.070
26. Lazau R.I., Pacurariu C., Becherescu D., Ianos R. Ceramic pigments with chromium content from leather wastes. *Journal of the European Ceramic Society*. 2007. No. 27, pp. 1899–1903. DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2006.04.078
27. Costa G., Della V.P., Ribeiro M.J., Oliveira A.P.N., Monros G., Labrincha J.A. Synthesis of black ceramic pigments from secondary raw materials. *Dyes and Pigments*. 2008. No. 77, pp. 137–144. DOI: 10.1016/j.dyepig.2007.04.006
28. Rusovich-Jugaj N.S. The effect of dextrin on the properties of glazes, ceramic paints and cobalt oxide reduction. *Steklo i keramika*. 2006. No. 3, pp. 20–22. (In Russian).
29. Galabutskaja E.A. Sistema glina-voda [Clay-water system]. L'vov: Glavpoligrafizdat. 1962. 212 p.
30. Maslennikova G.N., Pishh I.V. Keramicheskie pigmenty [Ceramic pigments]. Moscow: Stroimaterialy. 2009. 224 p.
31. Buruchenko A.E. Appraisal of the possibility of using secondary raw materials in the ceramic industry. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2006. No. 2, pp. 44–46. (In Russian).
32. Mojsov G.L. The development of effective chromophore additives for the production of colored ceramic bricks at the enterprises of the Krasnodar Territory. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2001. No. 10, pp. 16–18. (In Russian).
33. Stolboushkin A.Yu., Akst D.V., Fomina O.A., Syromjasov V.A. Change in color intensity of decorative ceramic materials with matrix structure. *Trudy NGASU*. 2017. Vol. 20. No. 2(65), pp. 92–102. (In Russian).
34. Stolboushkin A., Akst D., Fomina A., Ivanov A. Structure and properties of ceramic brick colored by manganese-containing wastes. *MATEC Web of Conferences: IV International Young Researchers Conference «Youth, Science, Solutions: Ideas and Prospects»*. Tomsk: TSUAB. 2018. Vol. 143. 02009, pp. 1–8. DOI: 10.1051/mateconf/201814302009
35. Patent RF 2701657. *Sposob poluchenija syr'evoj smesi dlja dekorativnoj stroitel'noj keramiki* [The method of obtaining a raw mix for decorative construction ceramics]. Akst D.V., Stolboushkin A.Yu., Fomina O.A. Declared 19.12.2018. Published 30.09.2019. Bulletin No. 28. (In Russian).

УДК 693.22

DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-47-51>

Б.Ч. МЕСХИ, д-р техн. наук, ректор (reception@donstu.ru), Ю.А. БОЖКО, инженер (ovdun_ys@mail.ru), Ю.В. ТЕРЕХИНА, инженер (yuliya-2209@mail.ru), К.А. ЛАПУНОВА, канд. техн. наук (keramik-kira@mail.ru)

Донской государственный технический университет (344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

Brick-дизайн и его основные элементы

Отражено состояние вопроса комплексного подхода к дизайну и строительству зданий из керамического кирпича, начиная от производителей изделий, организаций по реализации продукции, дизайнеров, архитекторов, проектировщиков, каменщиков и заканчивая потребителем и оценкой объекта на рынке недвижимости. Рассмотрены факторы, учитываемые при проектировании кладки из керамического кирпича и отвечающие за формирование эстетической выразительности стен и всего здания в целом: формат и цветовое решение изделия, фактура поверхности, кладочный раствор и варианты исполнения шва, тип кладки. Для каждого из приведенных факторов рассмотрены варианты реализации, наиболее часто встречающиеся при производстве изделий и строительстве объектов из керамического кирпича. Предложено введение термина brick-дизайн, а также сформированы его основные компоненты и уровни эстетической выразительности в зависимости от сложности каждого фактора, отвечающего за формирование внешнего вида кладки, и сочетания этих факторов: эконом, бюджет, комфорт, бизнес, премиум, эксклюзив. Структурирование и классификация эстетических свойств, влияющих на художественную выразительность кирпичной кладки, позволят производителям развивать клиентоориентированность при формировании номенклатуры продукции, архитекторам и дизайнерам использовать все многообразие решений, возможных при строительстве объектов из керамического кирпича.

Ключевые слова: кирпич, кладка, эстетика, brick-дизайн.

Для цитирования: Месхи Б.Ч., Божко Ю.А., Терехина Ю.В., Лапунова К.А. Brick-дизайн и его основные элементы // *Строительные материалы*. 2020. № 8. С. 47–51. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-47-51>

B.Ch. MESKHI, Doctor of Science (Engineering), rector (reception@donstu.ru), Yu.A. BOZHKO, Engineer (ovdun_ys@mail.ru), Yu.V. TEREKHINA, Engineer (yuliya-2209@mail.ru), K.A. LAPUNOVA, Candidate of Sciences (Engineering) (keramik-kira@mail.ru) Don State Technical University (1, Gagarina Square, Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation)

Brick-Design and its Main Elements

The article reflects the state of the issue of an integrated approach to the design and construction of buildings made of ceramic bricks, starting from product manufacturers, sales organizations, designers, architects, designers, bricklayers, and ending with the consumer and the evaluation of the object at the real estate market. The factors taken into account when designing the ceramic brick masonry and responsible for the formation of aesthetic expressiveness of the walls and the entire building as a whole: the format and color of the product, surface texture, masonry mortar and seam options, the type of masonry are considered. For each of these factors, the implementation options that are most common in the production of products and construction of objects made of ceramic bricks are considered. The introduction of the term "brick-design" is proposed, and its main components and levels of aesthetic expression are formed depending on the complexity of each factor responsible for the formation of the appearance of masonry, and their combination: economy, budget, comfort, business, premium, exclusive. Structuring and classification of aesthetic properties that affect the artistic expressiveness of brickwork will allow manufacturers to develop customer orientation in the formation of product ranges, architects and designers to use all the variety of solutions possible when constructing objects made of ceramic bricks.

Keywords: brick, masonry, aesthetics, brick design.

For citation: Meskhi B.Ch., Bozhko Yu.A., Terekhina Yu.V., Lapunova K.A. Brick-design and its main elements. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 8, pp. 47–51. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-47-51>

Индивидуальность, функциональность, выразительность и стилистическая принадлежность — эстетические показатели, находящие отражение в современных проектах объектов из керамического кирпича и формирующие их стоимость на рынке недвижимости. Частные и многоэтажные жилые дома, гостиницы, офисные здания, объекты административного и общественного назначения, интерьеры, выполненные из керамических материалов, воплощают замысел архитекторов, дизайнеров и проектировщиков. Если качественные показатели изделий и их обеспечение регламентируются требованиями нормативно-технических документов, то формирование и оценка эстетических показателей качества кирпича и кирпичной кладки являются открытым вопросом [1].

Маркетологи и технологи заводов по производству керамического кирпича постоянно ищут не только новые сырьевые ресурсы, составы масс и способы

снижения себестоимости, но и разрабатывают новые виды лицевых изделий, обладающих эстетической выразительностью за счет цвета, фактуры, формы и размерного ряда. Анализ рынка показал, что решающим фактором при реализации кирпича конечному потребителю является именно внешняя привлекательность изделия и оригинальность исполнения и уже потом оценивается стоимость и физико-механические характеристики. Исходя из этого заводы-производители и фирмы, занимающиеся продажами кирпича, разработали программы-конфигураторы, в которых возможно визуализировать выбранный кирпич в кладке с учетом вида изделия, его размера, цвета и типа растворного шва, вида кладки. Также имеется возможность оценить выбранные решения в рамках готового объекта, принимая во внимание вид кровли, окон и дверей. Предложенные программные продукты позволяют создавать и комбинировать, ви-

зуализировать пожелания потребителя с учетом его вкусовых предпочтений, без анализа эстетической выразительности выбранных решений. И на основании изучения данного подхода нами поставлена задача по разработке методики оценки художественной выразительности лицевого кирпича и эстетики кирпичной кладки и формированию уровней ее эстетического совершенства.

Стоит отметить, что керамическая промышленность России лишь последнее десятилетие показывает тенденцию к развитию и модернизации имеющихся производств. Большое внимание уделяется техническим показателям качества (прочности, морозостойкости, водопоглощению, истираемости и т. д.). В отношении внешнего вида растущую популярность набирает кирпич мягкой формовки с визуальной состаренной поверхностью и фасадный клинкерный кирпич, которые имеют нестандартную фактуру и цветовые решения [1–3]. Оценивать эстетический внешний вид такого кирпича по одному экземпляру или выборке из 35 изделий некорректно, так как фактура и цвет индивидуальны и могут повторяться один раз на 2 тыс. изделий. Соответственно, определить их эстетическую составляющую можно только в кладке. Но на этом уровне, помимо цвета и фактуры самого кирпича, добавляется влияние и других факторов – формы кирпича, цвета, ширины и глубины шва, а также типа самой кладки и качества выполнения кладочных работ. Именно поэтому авторами на основании проведенного многостороннего анализа, для общего понимания и выработки критериев эстетической оценки кирпичной кладки, было решено ввести в оборот такое понятие, как brick-дизайн.

Brick-дизайн – это комбинаторика эстетики кирпичной кладки, основанная на пяти основных элементах: цвет, фактура, формат, шов и тип кладки.

Чтобы упорядочить и систематизировать все факторы, влияющие на зрительное восприятие кирпичной кладки, предлагается классификация-конструк-

тор (рис. 1). На основании опыта, знаний и личного восприятия были выделены пять составляющих: цвет кирпича, фактура его лицевой поверхности, формат, цвет и глубина шва, а также тип кладки [2, 4–6]. В свою очередь, каждый из составляющих элементов имеет свои уровни сложности. Рассмотрим их подробнее.

Всю цветовую гамму можно разделить на три группы: однотонная (один равномерный цвет – красный, желтый, белый, коричневый, графит и т. п.), нюансная (один цвет основной с нанесением второго в виде нюансов либо два близких по сочетаемости цвета) и сложная (три цвета и более, гармонично сочетающихся между собой).

Фактура лицевой поверхности также имеет три уровня: гладкая, простая шаблонная (подразумевает повторяющийся рисунок, получаемый путем накатки специальными вальцами, – риф, руст, тростник, кора дерева, антик и т. п.) и сложная, имитирующая визуальную состаренную поверхность (имеет искусственно созданные неровности, бороздки, наслоения, округлости углов и прочие «дефекты»).

С приходом на российский рынок европейского кирпича классическому российскому формату 1НФ пришлось конкурировать с бельгийским WDF 210×100×65 мм и немецким NF 240×114×71 мм. Также в последнее время возрос интерес к кирпичу сверхдлинного формата – ригельному, напоминающему старинную плинфу [7]. Отдельную категорию составляет фигурный кирпич, который используется в качестве декора для повышения художественной выразительности фасада здания. Значительный вклад в разработку архитектурных керамических изделий внес И.Ф. Шлегель [8].

Что касается шва, то он характеризуется двумя параметрами – цветом используемого раствора (серый цементный или специальный цветной) и его глубиной (утопленный шов или вровень с лицевой поверхностью) [9, 10].



Рис. 1. Основные составляющие элементы кирпичной кладки
Fig. 1. The main constituent elements of brickwork



Рис. 2. Первый уровень brick-дизайна – «Эконом»
Fig. 2. The first level of brick-design is «Economy»

Основные уровни brick-дизайна кирпичной кладки
Basic levels of brick-design

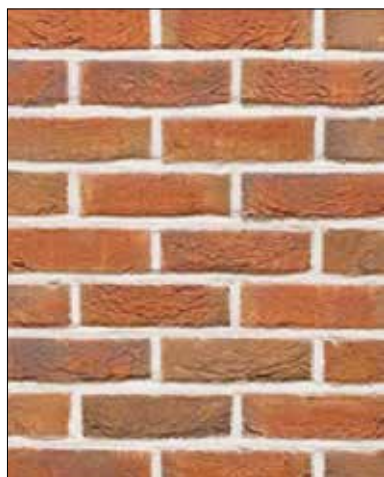


Рис. 3. Пятый уровень brick-дизайна – «Премиум»
Fig. 3. The fifth level of brick-design is «Premium»

Номер уровня и название	Описание	Пример
I уровень «Эконом»	Кладка из однотонного (красный, желтый, белый, коричневый, графитовый и т. д.) гладкого кирпича формата НФ и его производных на сером цементном растворе с любой степенью заполненности шва и любым стандартным типом кладки	
II уровень «Бюджет»	Кладка из однотонного (красный, желтый, белый, коричневый, графитовый и т. д.) кирпича с простой шаблонной фактурой формата НФ и его производных на сером цементном или цветном растворе с любой степенью заполненности шва и любым стандартным типом кладки	
III уровень «Комфорт»	Кладка из нюансного кирпича с гладкой или шаблонной фактурой формата НФ и его производных на цветном кладочном растворе с утопленным швом и любым стандартным типом кладки	
IV уровень «Бизнес»	Кладка из сложного (три цвета и более) кирпича с гладкой и шаблонной фактурой российского и европейского форматов на цветном кладочном растворе с утопленным швом и любым типом кладки	
V уровень «Премиум»	Кладка из сложного (три цвета и более) кирпича с визуально состаренной поверхностью российского и европейского форматов, а также ригеля на цветном кладочном растворе с утопленным швом и любым типом кладки	
VI уровень «Эксклюзив»	Кладка из кирпича, отличающегося сложной цветовой гаммой, содержащей в себе даже порой несочетаемые цвета различной фактуры. Формат кирпича любой, включая фигурный и нестандартных размеров. Шов утопленный с использованием цветного кладочного раствора. Тип кладки – любая сложная архитектурная, особенно часто с использованием выступающих элементов	

И последний компонент, влияющий на визуальное восприятие кладки, — это ее тип. На сегодняшний момент известно более тысячи вариантов кирпичных кладок. Однако далеко не все они доказали свою эффективность и удобство в работе [4, 10, 11]. Авторы выделили лишь основные, наиболее часто встречающиеся и характерные для южных регионов кладки: ложковая со смещением, готическая, силезская, крестовая и бранденбургская. Из-за отсутствия закрепленной терминологии один и тот же вид кладки может называться по-разному. Большой вклад в разработку широкой номенклатуры и систематизации типов декоративной кладки из кирпича внес А.А. Жмакин [12].

На основании данной классификации-конструктора (рис. 1) можно выделить главные уровни эстетической выразительности, или brick-дизайна, которые представляют собой комбинацию всех компонентов различных уровней сложности. Например, из параметра «цвет» выбираем простой, из фактуры — гладкую, формат — стандартный российский 1НФ. В параметре «шов» нужно выбрать два компонента сразу, поэтому выбираем серый и неутопленный, а тип кладки — ложковая со смещением. Соединив из всех параметров самые низкие уровни, получаем эконом-кладку из красного гладкого кирпича на сером цементном растворе со швом, выполненным вровень с лицевой поверхностью (рис. 2). Такой уровень brick-дизайна обладает наименьшей эстетической выразительностью и используется при строительстве бюджетных объектов.

Список литературы

1. Котляр В.Д., Лапунова К.А. Технология и дизайн лицевых изделий стеновой керамики на основе кремнистых опоковидных пород. Ростов н/Д: РГСУ, 2013. 193 с.
2. Котляр В.Д., Божко Ю.А. Технология получения и роль фигурного кирпича мягкой формовки в современном дизайне // *Труды Академии технической эстетики и дизайна*. 2018. № 2. С. 10–13.
3. Котляр В.Д., Божко Ю.А., Явруян Х.С., Небезко Ю.И. Особенности производства лицевого керамического кирпича мягкой формовки на основе опоковидных пород // *Строительные материалы*. 2019. № 12. С. 18–22. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-777-12-18-22>
4. Божко Ю.А., Лапунова К.А. Применение облицовочного кирпича мягкой формовки в современной архитектуре // *Дизайн. Материалы. Технология*. 2018. № 1. С. 61–65.
5. Каримова И.С. Объективное и субъективное в дизайне среды: Монография. Благовещенск: АГУ, 2012. 116 с.

Путем соединения компонентов с более высоким уровнем сложности, например сложные цвет и фактура, цветной кладочный раствор, мы получаем более высокие уровни эстетической и художественной выразительности (рис. 3).

Таким образом, при пяти основных факторах, количество их комбинаторных сочетаний может быть огромным. Чтобы систематизировать весь объем полученных данных, было принято решение выделить несколько основных уровней brick-дизайна кирпичной кладки, присвоив им номера и наименования в порядке возрастания их эстетической ценности. Подробная классификация приведена в таблице.

Данную классификацию можно применять как для оценки эстетических свойств кирпичной кладки, так и для единичных изделий. Во втором случае следует принимать во внимание только три фактора: цвет, фактуру и формат. Сложным остается вопрос, который требует обсуждения широкого круга специалистов, о соответствии уровней различных факторов для оценки эстетических свойств кирпичной кладки.

Предложенное структурирование и классификация эстетических свойств, влияющих на художественную выразительность кирпичной кладки, положили начало исследованию по разработке методики комплексной оценки эстетики архитектурных объектов, построенных из лицевого керамического кирпича, который является главным элементом и от которого отталкиваются при выборе типа кладки и вида кладочного шва.

References

1. Kotlyar V.D., Lapunova K.A. Tehnologija i dizajn licevych izdelij stenovoj keramiki na osnove kremnistyh opokovidnyh porod [Technology and design of facial products of wall ceramics based on siliceous opoka rocks] Monograph. Rostov-on-Don: RGSU. 2013. 193 p.
2. Kotlyar V.D., Bozhko Yu.A. The technology of production and the role of curly brick of soft molding in modern design. *Trudy Akademii tehnikeskoj jestetiki i dizajna*. 2018. No. 2, pp. 10–13. (In Russian)
3. Kotlyar V.D., Yavruyan Kh.S., Bozhko Yu.A., Nebezhko N.I. Features of the production of ceramic facing brick soft molding on the basis of opoka-like rocks. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2019. No. 12, pp. 18–22. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-777-12-18-22>
4. Bozhko Yu.A., Lapunova K.A. The use of soft molded facing bricks in modern architecture. *Dizajn. Materialy. Tehnologija*. 2018. No. 1, pp. 61–65. (In Russian).
5. Karimova I.S. Ob'ektivnoe i sub'ektivnoe v dizajne sredy [Objective and subjective in the design of the environment]. Monograph. Blagoveshchensk: ASU. 2012. 116 p.

6. Захаров А.И., Кухта М.С. Форма керамических изделий: философия, дизайн, технология // *Дизайн и общество*. 2015. № 1. С. 1–224.
7. Ригель-кирпич: нетрадиционные решения на века // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2016. № 1–2 (204–205). С. 18–19.
8. Шлегель И.Ф. Изделия архитектурные керамические. Общие технические условия. Омск, 2012. 74 с.
9. Тимофеев А.Н., Попов А.Н., Полищук М.Н. Инновационная технология кладки кирпичных стен // *Современное машиностроение. Наука и образование*. 2016. № 5. С. 744–755.
10. Трифонова Е.А., Вечкасова Е.Н. Использование кирпичной кладки в современном дизайне и строительстве. Перспективы использования декоративной кладки // *Universum: технические науки: эл. науч. журн*. 2018. № 4 (49).
11. Stolboushkin A.Yu., Akst D.V. Investigation of the decorative ceramics of matrix structure from iron-ore waste with vanadium component addition // *Materials Science Forum*. 2018. Vol. 931, pp. 520–525. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.931.520>
12. Жмакин А.А. Альбом кладок. Серия Строительство. Ростов н/Д: Феникс, 2012. 118 с.
6. Zaharov A.I., Kuhta M.S. The form of ceramic products: philosophy, design, technology. *Dizajn i obshchestvo*. 2015. No. 1, pp. 1–224. (In Russian).
7. Crossbar-brick: unconventional solutions for centuries. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tehnologii XXI veka*. 2016. No. 1–2 (204–205), pp. 18–19. (In Russian).
8. Shlegel I.F. Izdelija arhitekturnye keramicheskie. Obshhie tehicheskie usloviya [Ceramic architectural products. General specifications]. Omsk. 2012. 74 p.
9. Timofeev A.N., Popov A.N., Polishhuk M.N. Innovative brick wall technology. *Sovremennoe mashinostroenie. Nauka i obrazovanie*. 2016. No. 5, pp. 744–755. (In Russian).
10. Trifonova E.A., Vechkasova E.N. The use of brickwork in modern design and construction. Prospects for the use of decorative masonry. *Universum: tehicheskie nauki: scientific online journal*. 2018. No. 4 (49). (In Russian).
11. Stolboushkin A.Yu., Akst D.V. Investigation of the decorative ceramics of matrix structure from iron-ore waste with vanadium component addition. *Materials Science Forum*. 2018. Vol. 931, pp. 520–525. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.931.520>
12. Zhmakin A.A. Al'bom kladok. Seriya Stroitel'stvo [Masonry album. Series "Construction"]. Rostov-on-Don: Phoenix. 2012. 118 p.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА

**ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**
Trade Fair for Construction Materials

★ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ:
Салон станков, оборудования, технологий и сырья
для индустрии керамической промышленности

КЕРАМБРИКТЕХ
CERAMBRICKTECH

Переработка и управление отходами

RWEXPO
RECYCLING WASTE EXPO

Организатор / Organizer

МОСКВА, РОССИЯ
ЕВРОЭКСПО VIENNA, AUSTRIA
EUROEXPO
Exhibitors and Congress Development Center

ufi

www.osmexpo.ru

26.01 | 29.01
МОСКВА 2021

16+



Греческая компания **SABO S.A.** очередной раз расширила свою географию на мировом рынке и завершила строительство нового кирпичного завода в **Узбекистане**

Завод мощностью 100 млн шт. в год полуторного 1.4 НФ (25012088) кирпича, или 1200 тн обожженной продукции в день был запущен в конце 2019 г. Заводская линия полностью автоматизирована, для производства продукции используются промышленные роботы, в смену работают 10 человек. На открытии предприятия присутствовал лично президент Узбекистана и представители правительства республики.

После изучения месторождений и анализа пяти различных видов глин в лаборатории компании SABO S.A., был разработан оптимальный состав шихты, которая будет использоваться для производства кирпича. На основе данных анализа глин было разработано техническое решение, индивидуально подобранное под запрос заказчика.

Производство имеет широкую номенклатуру продукции

- Облицовочный кирпич
- Строительный кирпич
- Крупноформатные пазогребневые блоки

Технологическая линия завода

- **Массоподготовка**
 - ✓ Полноценная линия подготовки до фракции 0,8 мм
 - ✓ Шихтозапасник с автоматическим экскаватором
 - ✓ Вакуумный экструдер 775
- **Линия формования, загрузки сырцов и разгрузки сухой продукции**
 - ✓ Предусмотрен рустикатор с пескоструем и ангобирование сырца
 - ✓ 2 многострунных резчика с возможностью снятия фаски с четырех сторон для лицевого и строительного кирпича
 - ✓ 1 многострунный резчик для крупноформатных блоков
 - ✓ После резки продукция загружается на съемные сушильные рамки роботом
 - ✓ Загрузка и разгрузка сушильных вагонов производится автоматически
- **Сушило**
 - ✓ Сушка продукции производится в туннельном сушиле
 - ✓ Процесс сушки полностью автоматизирован с помощью программы SCADA
- **Садка на печные вагоны**
 - ✓ Рамки с сухим кирпичом разгружаются и транспортируются к роботу на очередную загрузку продукцией, либо складываются автоматической системой пустых рамок
 - ✓ Разгруженная сухая продукция перемещается по двум программным столам. Оба стола разработаны для различных видов садки и оснащены автоматической системой кантования продукции для садки «на постель»
 - ✓ После формирования на столах программирования продукция позиционируется перед двумя роботами, которые послойно производят садку на печные вагоны
- **Печь**
 - ✓ Печь длиной 170 м и шириной 6,5 м
 - ✓ Печь построена из высококачественных немецких огнеупоров
 - ✓ Также имеется комплект горелок для возможности редуцированного обжига и придания флэш-эффекта
 - ✓ Автоматическая программа SCADA позволяет наблюдать за всем процессом обжига и регулировать его
- **Разгрузка печных вагонов и упаковка**
 - ✓ Роботы разгружают послойно продукцию на два программных стола
 - ✓ После разгрузки вагонетки отправляются на станцию очистки, которая производится автоматическим пылесосом с функцией выравнивания огнеупорных подовых камней
 - ✓ После формирования на столах программирования продукция позиционируется перед двумя роботами, которые послойно производят формирование конечной упаковки
 - ✓ Упаковка является многофункциональной с возможностью упаковки на поддон и без поддона

Василико - Халкис - Эвбея, Греция 34002 | Тел.: +30 22210 51805-9 | E-mail: sb_sales@sabo.gr | www.sabo.gr



Мы всегда там,
где это необходимо!

Решения
«под ключ»
в керамической
промышленности

 **SABO** S.A.
heavy clay

Доверьтесь надежному партнеру!

34002 Василико - Халкис, Эвбея - Греция | Тел.: +30 22210 51805-9 | E-mail: sb_sales@sabo.gr

www.sabo.gr



Я.В. ЛАЗАРЕВА, инженер (yana-cherevkova@yandex.ru), А.В. КОТЛЯР, канд. техн. наук (toss871@yandex.ru)
Донской государственный технический университет (344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

Расчет составов керамических масс для производства черепицы на основе аргиллитов

Приведены обобщенные результаты исследований и принципы расчета керамических масс для получения клинкерной черепицы на основе аргиллитов. Отмечено, что аргиллиты обладают низкой воздушной усадкой и чувствительностью к сушке, являются легкоплавким спекающимся сырьем с высокой прочностью обожженного материала, однако у них недостаточная пластичность и связность для производства черепицы традиционным способом формования – штампованием. Задачей при подборе составов керамических масс является повышение пластичности и связности аргиллитов при сохранении прочих положительных свойств аргиллитов. Для этого авторами применен комплексный подход расчета составов керамических масс по химико-минералогическим показателям и зерновому составу, а в качестве корректирующего компонента для аргиллитов на основе обоснованных критериев авторами предложено использовать кремнистые глины, которые по своим технологическим свойствам являются противоположностью аргиллитов. В химико-минералогическом аспекте учитывалось отношение Al_2O_3/SiO_2 и содержание оксидов: Fe_2O_3 , CaO, MgO, K_2O и Na_2O , что в свое время было предложено А.И. Августиником. При расчете зернового состава для получения плотнейшей упаковки с учетом зернового состава подготовленных аргиллитов и природной дисперсности кремнистых глин основывались на содержании фракций: более 0,01 мм, 0,01–0,001 мм и менее 0,001 мм. При этом оптимальное содержание кремнистых глин в массах составляет около 15%. Теоретические расчеты были подкреплены практическими результатами. Совместное использование аргиллитов и кремнистых глин в рассчитанных пропорциях позволило достичь синергетического эффекта и получить клинкерную черепицу с улучшенными физико-механическими показателями.

Ключевые слова: черепица, аргиллиты, спекаемость, состав, прочность, масса.

Для цитирования: Лазарева Я.В., Котляр А.В. Расчет составов керамических масс для производства черепицы на основе аргиллитов // *Строительные материалы*. 2020. № 8. С. 54–58. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-54-58>

Ya.V. LAZAREVA, Engineer (yana-cherevkova@yandex.ru), A.V. KOTLYAR, Candidate of Sciences (Engineering) (toss871@yandex.ru)
Don State Technical University (1, Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation)

Calculation of Compositions of Ceramic Masses for Production of Tiles Based on Argillites

The generalized research results and principles of calculating ceramic masses for producing clinker tiles based on mudstones are presented. It is noted that mudstones have low air shrinkage and sensitivity to drying, are easily fusible sintering raw materials with high strength of the calcined material, but they have insufficient ductility and cohesion for the production of tiles by the traditional method of molding – stamping. The task in the selection of compositions of ceramic masses is to increase the ductility and connectivity of mudstones while maintaining the other positive properties of mudstones. To do this, the authors applied a comprehensive approach to calculating the composition of ceramic masses by chemical and mineralogical indicators and grain composition, and as a correcting component for mudstones, based on reasonable criteria, the authors proposed to use siliceous clays, which are technological in their properties the opposite of mudstones. In the chemical-mineralogical aspect, the Al_2O_3/SiO_2 ratio and the oxide content were taken into account: Fe_2O_3 , CaO, MgO, K_2O and Na_2O , which was proposed by A.I. Augustinian. When calculating the grain composition to obtain the densest package, taking into account the grain composition of prepared mudstones and the natural dispersion of siliceous clays, they were based on the content of fractions: more than 0.01 mm, 0.01–0.001 mm and less than 0.001 mm. Moreover, the optimum content of siliceous clays in the masses is about 15%. Theoretical calculations were supported by practical results. The combined use of mudstones and siliceous clays in the calculated proportions made it possible to achieve a synergistic effect and to obtain clinker tiles with improved physical and mechanical properties.

Keywords: tile, mudstones, caking, composition, strength, mass.

For citation: Lazareva Ya.V., Kotlyar A.V. Calculation of compositions of ceramic masses for production of tiles based on argillites. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 8, pp. 54–58. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-54-58>

Ранее опубликованные нами работы показали возможность и большую перспективность получения клинкерного кирпича и клинкерной черепицы на основе аргиллитов [1–4]. Если под клинкерным кирпичом мы понимаем изделия, выпускаемые по ГОСТ 530–2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» и ГОСТ 32311–2012 «Кирпич керамический клинкерный для мощения», то понятие клинкерной черепицы в отечественных нормативных документах и технической литературе не существует, несмотря на то, что импортная керамическая черепица, по сути, является клинкерной – имеет повышенную прочность керамического камня и пониженное водопоглощение. В связи с этим, под

клинкерной черепицей мы понимаем изделия с водопоглощением менее 5% и пределом прочности при изгибе не менее 15 МПа. Раньше такую керамику называли «каменный товар» [5].

Дообжиговые и обжиговые свойства аргиллитов применительно к производству черепицы традиционным способом формования изделий имеют как в положительные, так и отрицательные особенности. С одной стороны, измельченные аргиллиты являются спекающимся легкоплавким сырьем с большой прочностью обожженных образцов и низким водопоглощением, обладают низкой воздушной усадкой и чувствительностью к сушке, с другой – у них недостаточная пластичность и связность для производства

Таблица 1
Table 1

Зерновой состав измельченных аргиллитов
до фракции 0–0,16 мм
Grain composition of milled argillites
up to fraction 0–0.16 mm

Содержание фракций, мм, мас. %					
< 0,16	< 0,1	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,001
100	70–75	40–45	25–30	15–20	4–5

черепицы традиционным способом формования – штампованием или мягким прессованием. Поэтому важной научно-технологической задачей при производстве клинкерной черепицы на основе аргиллитов является поиск решений, при которых улучшаются пластичность и связность керамических масс, но не ухудшаются другие положительные свойства аргиллитов, в том числе температура обжига изделий не повышается выше 1050°C. Эмпирический поиск таких решений может занять очень много времени и не гарантировать получение оптимального результата. Поэтому до проведения экспериментальных исследований нами был проведен теоретический анализ данной задачи. Обобщенный анализ показал, что при подборе составов керамических масс на первом этапе необходимо ориентироваться на химический состав и связанный с ним минеральный состав, на фракционный состав, который часто называют зерновым или гранулометрическим [5–10].

Что касается химического состава, на наш взгляд, ориентироваться в этом вопросе лучше на диаграмму, разработанную А.И. Августиником, являющимся общепризнанным авторитетом в области технологии керамики [5]. Согласно данной диаграмме, в зависимости от молярных отношений Al_2O_3/SiO_2 и суммы оксидов $Fe_2O_3 + CaO + MgO + K_2O + Na_2O$, выделяются области глинистого сырья, наиболее подходящие для производства тех или иных видов керамики. Аргиллиты в этом плане почти полностью попадают в область черепичных глин и частично в область плитки для пола. Однако, как уже отмечалось, даже у измельченных аргиллитов (табл. 1) недостаточная пластичность и связность, которые зависят от дисперсности и минерального состава глинистой составляющей аргиллитов. Между пластичностью и содержанием тонкодисперсных фракций существует четкая зависимость, которая была доказана В.А. Кондратенко [9]. Для достижения необходимой пластичности – 9–12 единиц, содержание фракции менее 10 мкм должно составлять 35–40% и выше. С другой стороны, для достижения приемлемых по-

казателей по спекаемости и прочности обожженного материала при пониженной температуре обжига необходимы керамические массы с плотнейшей упаковкой зерен.

Принципы расчета керамических масс с плотнейшей упаковкой зерен были рассчитаны математически еще в середине прошлого века [9–11]. Из результатов расчетов следует, что если принимать двухфракционную систему, то положение оптимума соответствует 30% тонкой фракции и 70% крупной фракции. Если принимать трехфракционную систему, то содержание крупной фракции должно составлять примерно 60–65%, средней – 25–30% и около 10% тонкой. Однако, как подчеркивали многие исследователи, повышенное содержание тонких фракций облегчает процесс уплотнения системы, поэтому более эффективным считается соотношение между фракциями 55:30:15. С экономической точки зрения, получение тонких фракций (менее 10 мкм) аргиллитов путем помола, является довольно затратным. Более рациональным является ввод в состав масс природных компонентов.

Исходя из вышеперечисленных условий, были проведены работы по поиску корректирующих добавок аргиллитов. На основании теоретических предпосылок и имеющихся практических данных в качестве корректирующей добавки для аргиллитов предлагаются кремнистые глины. Это особый вид сырья. Они являются своеобразной «противоположностью» аргиллитов. У них повышенное содержание тонкодисперсных фракций, высокая пластичность и связность, высокая воздушная усадка, они плохо спекаются, обожженные образцы на их основе обладают меньшей прочностью в сравнении с аргиллитами [12]. Усредненный химический и зерновой составы природных кремнистых глин Ростовской области приведены в табл. 2 и 3. Основными минералами кремнистых глин являются монтмориллонит и опаловый кремнезем.

Таблица 2
Table 2

Усредненный химический состав кремнистых глин
Ростовской области, мас. %
Average chemical composition of siliceous clays
of Rostov region, wt%

ППП	SiO ₂ общ.	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ общ.	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MnO
6,95	69,66	13,26	4,6	1,1	0,4	0,03	1,78	0,37	0,01

Таблица 3
Table 3

Усредненное содержание тонкодисперсных фракций в кремнистых глинах
Average content of fine fractions in siliceous clays

Содержание фракций, мм, %								Наименование группы
> 0,5	0,5–0,2	0,2–0,09	0,09–0,063	0,063–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	менее 0,001	
–	–	0,12	0,6	18,92	12	19,8	48,56	

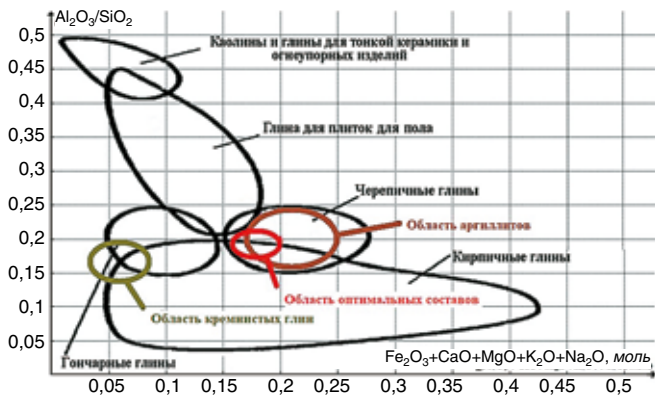


Рис. 1. Области аргиллитов, кремнистых глин и оптимальных составов на их основе
 Fig. 1. Areas of argillites, siliceous clays and optimal compositions based on them

Область, которую занимают кремнистые глины, согласно диаграмме А.И. Августиника, находится в левой нижней части, соприкасаясь частично с областью гончарных и кирпичных глин. Аргиллиты находятся почти в центральной части диаграммы. При расчете составов керамических масс мы исходили из того, что массы по химическому составу должны остаться в области черепичных глин и аргиллитов (рис. 1). При добавлении кремнистых глин к аргиллитам в основном идет коррекция по сумме оксидов Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O и Na_2O при незначительном снижении отношения Al_2O_3/SiO_2 . Несложные математические расчеты показывают, что сырьевые смеси на основе изученных месторождений аргиллитов и кремнистых глин при соотношении компонентов от 95:5 до 65:30% остаются в области черепичных глин, при этом оптимальное содержание кремнистых глин составляет около 15–20%.

Также при вводе кремнистых глин в таком же количестве зерновые составы приобретают более плотную упаковку (рис. 2), а сами массы приобретают необходимую формуемость и пластичность – 9–12 единиц.

Практическая проверка показала правильность наших расчетов, хотя в технологии керамики известно немало примеров «нелогичного» поведения раз-

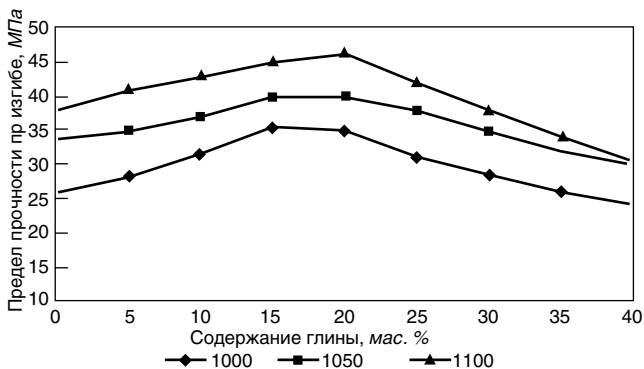


Рис. 3. Зависимость предела прочности при изгибе обожженных образцов от содержания кремнистой глины в керамической массе и температуры обжига для аргиллитов Южночеревковского месторождения
 Fig. 3. Dependence of the bending strength of burnt samples on the content of siliceous clay in the ceramic mass and the firing temperature for argillites of the Yuzhno-Cherevkovsky deposit

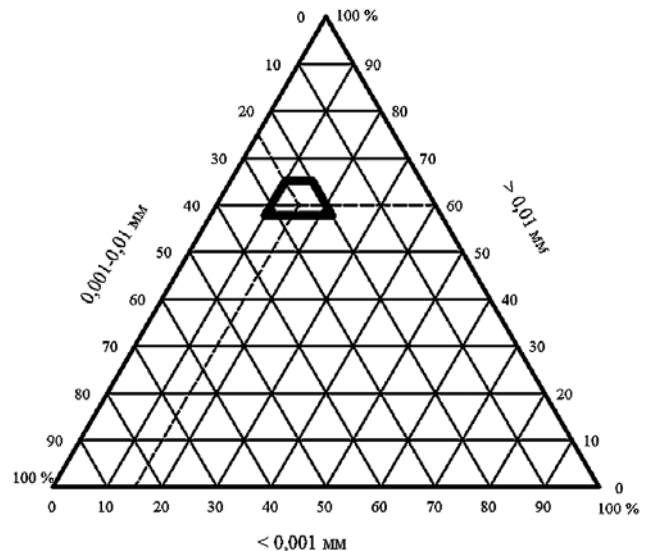


Рис. 2. Область оптимального зернового состава керамических масс на основе аргиллитов и кремнистых глин
 Fig. 2. Field of optimal grain composition of ceramic mixtures based on argillites and siliceous clays

личных видов сырьевых компонентов. В этом плане кремнистые глины являются особым сырьем, так как в их составе содержится опаловый кремнезем, который ведет себя при обжиге совершенно иначе, чем кварц, и который гораздо активнее взаимодействует с другими компонентами керамических масс [12]. Совместная «работа» аргиллитов и кремнистых глин позволила достичь синергетического эффекта, в результате чего на основе данных сырьевых материалов удалось получить высококачественную клинкерную черепицу. На рис. 3, 4 представлены результаты влияния содержания кремнистой глины в керамической массе и температуры обжига на предел прочности при изгибе и водопоглощение обожженных образцов.

При повышении содержания кремнистой глины предел прочности при изгибе вначале незначительно плавно повышается, доходя до максимума в интервале 15–20% от содержания кремнистой глины, а затем начинает более резко снижаться. При этом

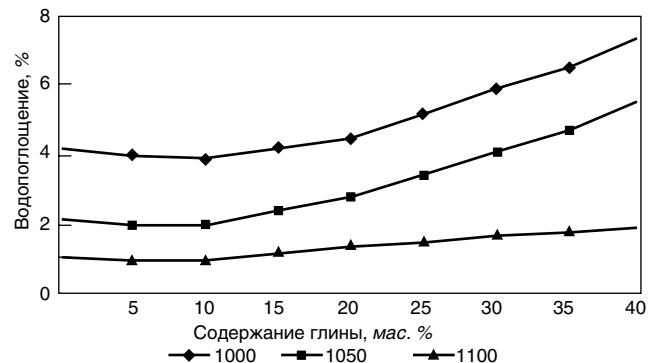


Рис. 4. Зависимость водопоглощения обожженных образцов от содержания кремнистой глины в керамической массе и температуры обжига для аргиллитов Южночеревковского месторождения
 Fig. 4. Dependence of water absorption of burnt samples on content of siliceous clay in ceramic mass and firing temperature for argillites of Yuzhnocherevkovsky deposit

ввод кремнистой глины в количестве до 15% практически не приводит к изменению водопоглощения. При содержании кремнистой глины около 10% водопоглощение даже незначительно снижается. Далее с увеличением содержания кремнистой глины водопоглощение возрастает. Причем более резко это происходит при температуре обжига 1000°C, и в меньшей мере при температуре обжига 1100°C, что закономерно, так как сама глина при температуре 1100°C полностью спекается. Предел по водопоглощению 5% достигается при температуре обжига около 1000°C и содержании кремнистой глины около 23%.

Объяснений данных зависимостей может быть несколько. С одной стороны, с вводом кремнистой глины возрастает упаковка зерен материала и возрастает площадь контактов между частицами массы, что является одним из факторов спекания. С другой стороны, это может быть объяснено особенностями начального химико-минерального состава аргиллитов и кремнистых глин и соответственно физико-хи-

мическими процессами при обжиге керамических масс на их основе.

В целом, полученные результаты подтвердили теоретические расчеты состава керамических масс по химическому и зерновому составу. Оптимально е кремнистых глин в количестве 15–20%. При таком количестве достигается необходимая пластичность, связность и формуемость керамической массы, а также прочность и водопоглощение обожженных образцов. Следует отметить, что в зависимости от зернового состава измельченных аргиллитов оптимальное количество кремнистой глины может изменяться. В определенной мере результаты наших исследований подтверждаются результатами других исследователей при вводе высоко- и среднедисперсных глин в керамические массы для производства кирпича и черепицы [13, 14]. Результатом таких исследований должно стать накопление фактических данных и разработка методики подбора составов керамических масс на основе камневидного малопластичного глинистого сырья — аргиллитов для различных видов изделий строительной керамики.

Список литературы

1. Лазарева Я.В., Котляр В.Д., Лапунова К.А., Еременко Г.Н. Основные направления развития дизайна и технологии производства керамической черепицы // *Дизайн. Материалы. Технология*. 2016. № 3(43). С. 78–82.
2. Котляр В.Д., Козлов А.В., Котляр А.В., Терехина Ю.В. Аргиллитоподобные глины Юга России — перспективное сырье для производства клинкерного кирпича // *Научное обозрение*. 2014. № 7–3. С. 847–850.
3. Lazareva Y., Kotlyar A., Orlova M., Lapunova K. Water permeability of argillite-based ceramic tiles // *MATEC Web of Conferences*. 2018. С. 04072.
4. Kotlyar A.V., Lapunova K.A., Lazareva Y.V., Orlova M.E. Effect of argillites reduction on ceramic tile and paving clinker of low-temperature sintering // *Materials Science Forum*. 2018. Т. 931 MSF. С. 526–531.
5. Августиник А.И. Керамика. Л.: Стройиздат. 1975. 592 с.
6. Акст Д.В., Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А. Определение оптимальных составов шихты для получения декоративной стеновой керамики матричной структуры. *Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций. Всероссийская научно-техническая конференция*. Саранск. 2019. С. 13–18.
7. Акст Д.В., Столбоушкин А.Ю. Определение оптимального состава шихты для получения декоративного керамического кирпича с марганецсодержащими отходами. *Эффективные материалы и технологии для транспортного и сельскохозяйственного строительства. Национальная научно-техническая конференция с международным участием*. Новосибирск: НГА. 2020. С. 6–10.

References

1. Lazareva Ya.V., Kotlyar V.D., Lapunova K.A., Eremenko G.N. The main directions of development of design and technology for the production of ceramic tiles. *Dizajn. Materialy. Tehnologija*. 2016. No. 3 (43), pp. 78–82. (In Russian).
2. Kotlyar V.D., Kozlov A.V., Kotlyar A.V., Terekhina Yu.V. Argillite-like clays of the South of Russia — promising raw materials for the production of clinker bricks // *Nauchnoe obozrenie*. 2014. No. 7–3, pp. 847–850. (In Russian).
3. Lazareva Y., Kotlyar A., Orlova M., Lapunova K. Water permeability of argillite-based ceramic tiles. *MATEC Web of Conferences*. 2018, pp. 04072.
4. Kotlyar A.V., Lapunova K.A., Lazareva Y.V., Orlova M.E. Effect of argillites reduction on ceramic tile and paving clinker of low-temperature sintering. *Materials Science Forum*. 2018. Vol. 931 MSF, pp. 526–531.
5. Augustinik A.I. *Keramika [Ceramics]*. Leningrad: Stroyizdat. 1975. 592 p.
6. Akst D.V., Stolboushkin A.Yu., Fomina O.A. Determination of the optimal composition of the mixture to obtain decorative wall ceramics matrix structure. *Durability of building materials, products and structures. All-Russian scientific and technical conference*. Saransk. 2019, pp. 13–18. (In Russian).
7. Akst D.V., Stolboushkin A.Yu. Determination of the optimal composition of the mixture to obtain decorative ceramic bricks with manganese-containing waste. *Efficient materials and technologies for transport and agricultural construction. National scientific and technical conference with international participation*. Novosibirsk: NGA. 2020, pp. 6–10. (In Russian).
8. Salakhov A.M. *Keramika dlja stroitelej i arhitektorov [Ceramics for builders and architects]*. Kazan: Paradigma. 2009. 296 p.

8. Салахов А.М. Керамика для строителей и архитекторов. Казань: Парадигма. 2009. 296 с.
9. Кондратенко В.А. Керамические стеновые материалы: оптимизация их физико-технических свойств и технологических параметров производства. М.: Композит. 2005. 509 с.
10. Андрианов Н.Т. Химическая технология керамики / Андрианов Н.Т., Балкевич В.Л., Беляков А.В., Власов А.С., Гузман И.Я., Лукин Е.С., Мосин Ю.М., Скидан Б.С. М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2011. 496 с.
11. Попильский Р.Я., Пивинский О.Е. Прессование порошковых керамических масс. М.: Металлургия. 1983. 176 с.
12. Лапунова К.А., Лазарева Я.В., Божко Ю.А., Орлова М.Е. Фазовые преобразования при обжиге кремнистых глин // *Строительные материалы*. 2019. № 4. С. 8–11.
13. Сулейменов Ж.Т., Сагындыков А.А., Султанаев К.Т. Подбор составов керамической черепицы по гранулометрическому составу // *Механика и моделирование процессов, технологии*. 2002. № 2. С. 198–202.
14. Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А., Акст Д.В. Теоретические аспекты получения строительных керамических матричных композитов из малопластичного сырья // *Наукоемкие технологии и инновации*. 2019. С. 142–147.
9. Kondratenko V.A. Keramicheskie stenovye materialy: optimizacija ih fiziko-tehnicheskix svojstv i tehnologicheskix parametrov proizvodstva [Ceramic wall materials: optimization of their physical and technical properties and technological parameters of production]. Moscow: Composit. 2005. 509 p.
10. Andrianov N.T. and others. Himicheskaja tehnologija keramiki [Chemical technology of ceramics] (Andrianov N.T., Balkevich V.L., Belyakov A.V., Vlasov A.S., Guzman I.Ya., Lukin E.S., Mosin Yu.M., Skidan B.S). Moscow: LLC RIF "Stroymaterialy". 2011. 496 p.
11. Popilsky R.Ya., Pivinsky O.E. Pressovanie poroshkovyh keramicheskix mass [Pressing ceramic powder]. Moscow: Metallurgy. 1983. 176 p.
12. Lapunova K.A., Lazareva Y.V., Bozhko Yu.A., Orlova M.E. Phase transformations during firing siliceous clays. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2019. No. 4, pp. 8–11. (In Russian).
13. Suleimenov Zh.T., Sagyndykov A.A., Sultanaev K.T. Selection of the composition of ceramic tiles according to particle size distribution. *Mehanika i modelirovanie processov, tehnologii*. 2002. No. 2, pp. 198–202. (In Russian).
14. Stolboushkin A.Yu., Fomina O.A., Akst D.V. Theoretical aspects of obtaining building ceramic matrix composites from low-plastic raw materials. *High technology and innovation*. 2019, pp. 142–147. (In Russian).

отличайся от других



будь красочным

Линии для глазурования и ангобирования кирпича и черепицы


www.smac.it - info@smac.it

Официальный представитель «Смак» в России ООО "Эстезо Трейд"
www.esteso.ru info@esteso.net +7 495 9841928

РЕКЛАМА

Б.В. ТАЛПА, канд. геол.-мин. наук (talpabv@gmail.com), А.Э. ОВСЕПЯН, канд. геогр. наук (ovsepleat@yandex.ru)
Южный федеральный университет (344103, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40)

Роль армянских промышленников в развитии кирпичных производств Юга Российской империи

Развитие территорий, в особенности городских, всегда связано со строительством зданий из надежных и долговечных материалов. До нашего времени сохранились постройки, возведенные несколько тысяч лет назад, и по ним можно судить о древних цивилизациях. В новых поселениях здания из крепких и долговечных материалов создавали центр, вокруг которого развивался и разрастался город. В истории развития человечества универсальным строительным материалом стал керамический кирпич. Таким образом, организация кирпичного производства служила быстрому и успешному развитию городской среды. На Юге России расцвет городских поселений также связан с развитием кирпичных производств. Освещаются особенности формирования кирпичных производств в армянских поселениях Юга России. Заселение армянами донских земель произошло в конце XVIII в., когда по указу Екатерины II тысячи армян были переселены из Крыма в Приазовье. В 1779 г. ими были основаны город Нахичевань, объединенный позднее с Ростовом-на-Дону, и пять сел, находящихся в настоящее время на территории Мясниковского района Ростовской области. Прибыв на практически незаселенные земли, переселенцы превратили Южный Дон в развитый сельскохозяйственный район, занялись торговлей, создали мелкие и крупные предприятия благодаря развитию кирпичной промышленности, являющейся локомотивом прогресса. Приводится информация о кирпичных заводах в г. Нахичевани. О принадлежности старинных кирпичей различным производителям можно судить по клеймам, фотографии которых приводятся в статье.

Ключевые слова: кирпич керамический, кирпичное производство, Приазовье, Юг Российской империи, Нахичевань-на-Дону, донские армяне.

Для цитирования: Талпа Б.В., Овсепян А.Э. Роль армянских промышленников в развитии кирпичных производств Юга Российской империи // *Строительные материалы*. 2020. № 8. С. 59–65. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-59-65>

B.V. TALPA, Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy) (talpabv@gmail.com), A.E. OVSEPYAN, Candidate of Science (Geography) (ovsepleat@yandex.ru)
Southern federal university (40, Zorge Street, Rostov-on-Don, 344103, Russian Federation)

The Role of Armenian Industrialists in the Development of Brick Production in the South of the Russian Empire

The development of territories, especially urban areas, is always associated with the construction of buildings made of reliable and durable materials. Buildings built several thousand years ago have survived to our time, and they can be used to estimate ancient civilizations. In the new settlements, buildings made of strong and durable materials created a center around which the city developed and sprawled. In the history of human development, ceramic bricks have become a universal building material. Thus, the organization of brick production served the rapid and successful development of the urban environment. In the South of Russia, the prosperity of urban settlements is also associated with the development of brick production. The features of the formation of brick production in the Armenian settlements of the South of Russia are covered. The settlement of the Don lands by Armenians took place at the end of the XVIII century, when thousands of Armenians were resettled from the Crimea to the Azov region by the Decree of Catherine II. In 1779, they founded the city of Nakhichevan, later united with Rostov-on-Don, and five villages that are currently located in the Myasnikovsky District of the Rostov Region. Arriving on practically unsettled lands, the settlers turned the Southern Don into a developed agricultural area, engaged in trade, and created small and large enterprises, due to the development of the brick industry, which is the engine for progress. Information on brick factories in the city of Nakhichevan is provided. The belonging of old bricks to various manufacturers can be judged by the stamps, photos of which are given in the article.

Keywords: ceramic bricks, brick production, Pryazovia, South of the Russian Empire, Nakhichevan-on-Don, don Armenians.

For citation: Talpa B.V., Ovsepyan A.E. The role of Armenian industrialists in the development of brick production on the Russian Empire South. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 8, pp. 59–65. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-59-65>

Традиционно, когда речь заходит о промышленниках армянского происхождения, в первую очередь вспоминается армянский коньяк. В данной статье представлены армянские промышленники – производители керамического кирпича, способствовавшие становлению этой индустрии на Юге России. Исторически сложилось, что на Юге России к концу XVIII – середине XIX в. сформировалось несколько крупных армянских поселений (Нахичевань-на-Дону, Чалтырь, Армавир и др.). Еще в 1711 г. Петр I издал Указ, в котором прописано: «Персидский торг умножить, армян, как возможно, приласкать и облегчить в чем пристойно, дабы тем подать охоту для

большого их приезда». Стремление армянских купцов расширить торговлю с Россией объяснялось и тем, что здесь они пользовались личной безопасностью и могли торговать с большой выгодой для себя. Петр I неоднократно указывал своим послам, отправляемым к армянским правителям, что «ежели они, армяне, пожелают селиться в города и уезды, лежащие по Каспийскому морю, ехать и в оных селиться и жить». Эту политику продолжили и преемники Петра I. Многие армяне по своей воле переселились в российские владения и нашли свою нишу, развивая в том числе кирпичную промышленность Российской империи.



Рис. 1. Борис Васильевич Талпа, создатель музея старинного кирпича «Кирпичная библиотека», Ростов-на-Дону
Fig. 1. Boris Talpa, Creator of the Museum of ancient bricks «Brick library», Rostov-on-Don

Заселение армянами донских земель произошло в конце XVIII в., когда по указу Екатерины II тысячи армян были переселены из Крыма в Приазовье. В 1779 г. здесь ими были основаны город Нахичевань, объединенный позднее с Ростовом-на-Дону (ныне Пролетарский район города), и пять сел, находящихся сейчас на территории Мясниковского района [1].

О городе Нахичевани-на-Дону того времени мы можем судить по свидетельствам различных путешественников, ученых, общественных деятелей, публиковавших свои заметки, составлявших отчеты и т. д. В частности, академик Петр Симон Паллас, побывавший в Ростовской крепости и ее окрестностях проездом в 1793 г., писал о Нахичевани: «...Этот первый армянский город в России есть одна из многообещающих колоний, созданных при коротком правлении великой императрицы. Промышленность армянская — фабрично-промышленная, торговля — так высоко стоит по сравнению с русскими, греческими и даже немецкими колониями, что у патриота тотчас пробуждается желание видеть переселенным в Россию весь армянский народ из долины Аракса...» [2].

В 1837 г. в Нахичевани побывал русский путешественник А. Демидов. Он обследовал Юг Европы и России, в его записках отмечено, что «Нахичевань — город замечательный по своей стройной наружности, наружности, свидетельствующей, впрочем, о господствующей здесь торговой деятельности» [3].

А. Скальковский в книге «Опыт статистического описания Новороссийского края. География, этнография, народонаселение» (Одесса, 1850) свидетельствует: «Армяне из Крыма основали Нахичевань-на-Дону, один из лучших городов в нашем Крае, который ведет большую внутреннюю торговлю, имеет несколько полезных фабрик и заводов, особенно сафьянных, и более 11000 душ обоюбого пола жителей. Нахичевань представляет собой образец трудолюбивого, мирного, довольно богатого и даже мануфактурного народонаселения — столь редкого в нашем крае, почти исключительно земледельческом» [4].

Современные авторы, имея возможность анализировать 240-летнюю историю существования ар-

мянского города, осмысляя ее в культурно-историческом контексте, отмечают, что, с одной стороны, она демонстрирует интеграцию нахичеванцев в русское культурное пространство, а с другой — отражается формирование армянской национальной идеи, стремление к национальной консолидации [5].

Известно, что в строительстве зданий армяне используют в основном каменные блоки (туф, известняк и т. п.), хотя кирпичное производство и применение керамического кирпича в качестве строительного, отделочного материала также имело место. Об этом свидетельствуют сохранившиеся до наших дней монастырские и храмовые комплексы IX—XIV вв. (Киранц, Макараванк и др.), где можно наблюдать комбинирование традиционной каменной кладки и кирпичных элементов [6].

В Ереване керамический кирпич как строительный материал использовался при кладке домов, фортификационных оград для крепостей, стен жилищ. В работе [7] обсуждаются сооружения сырцового кирпича поселений бронзового века Шенгавит, урартских крепостей поселений Тейшебаини и Эребуни, архитектура сырцового и обожженного кирпича Ереванской крепости.

Среди переселенцев на Дон были и бывшие владельцы кирпичных производств в Крыму. Таким образом, развитие кирпичного производства происходило относительно быстро. Первый кирпичный завод в г. Нахичевани-на-Дону был построен в 1820 г. Акопом Искудеряном, второй — в 1832 г. Халустом Хармаздяном, третий — в 1840 г. Торасом Кашегозяном, четвертый — в 1840 г. Ованесом Кохбетляном, пятый — в 1842 г. Карапетом Гулезьяном, шестой — в 1853 г. Егором Хатрояном. К 1862 г. в Нахичевани насчитывалось уже восемь кирпичных заводов [8]. Из кирпича этих производителей были возведены первые капитальные и прочные строения крепости Дмитрия Ростовского и Нахичевани-на-Дону.

В первой половине XIX в. три кирпичных завода суммарно изготавливали 1,35 млн шт. кирпича, шесть черепичных заводов — 360 тыс. шт. черепицы. Один кирпич стоил в среднем 1–1,5 коп. Качество кирпи-



Рис. 2. Кирпич, выпущенный на заводе Хачатура Кеворковича Алавердяна с изображением букв А и Х.А. (Ի.Ա.) армянского алфавита (фото Б.В. Талпа, владелец Б.В. Талпа)
Fig. 2. A brick produced at the factory of Khachatur Kevorkovich Alaverdyan with the image of the letters A and “H. A.” (Ի.Ա.) of the Armenian alphabet (photo by B.V. Talpa, owner of B.V. Talpa)

ча было высокое. Марка по прочности в переводе на гостированную превышала М150, морозостойкость более 50 циклов. Такие показатели получены при испытании в современной лицензированной лаборатории старинных кирпичей из демонтированных зданий, построенных 120–170 лет назад, предоставленных музеем «Кирпичная библиотека» (г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40). Многие дома, построенные в те времена, пережили войны и революции и находятся в хорошем состоянии и в настоящее время. А кирпич из сносимых домов в XXI в. аккуратно выбирается и используется как вторичный материал для реставрации старинных зданий и строительства новых, стилизованных под XIX в.

Минерально-сырьевой базой для производства кирпича и черепицы служили покровные и делювиальные суглинки четвертичного возраста, слагающие борта балки Кизитериновки (правый приток Дона). Поэтому все заводы были расположены в правом борту, а карьеры в левом борту долины.

Армяне строили дома также из природного камня – песчаника, которым были богаты окрестности. Стали образовываться и осваиваться каменоломни. С 1840 г. началось производство извести, а с 1850 г. – кафеля [8].

На рубеже XX в. потребность в продукции кирпичных заводов существенно возросла, что было связано с промышленной революцией и бурным развитием региона. В 1897 г. в Нахичевани-на-Дону действовало уже десять кирпичных заводов, а в начале 1900-х. 16 кирпичных заводов Ростова и Нахичевани объединились в единый Торговый дом по продаже кирпича [9].

Кирпичи, имеющие клейма, позволяют буквально восстанавливать картины прошлого, окунуться в историю, находить недостающие звенья, узнавать интересные детали и подробности жизни тех времен и развития технологий производства. Это захватывающий процесс, погрузиться в который можно, посетив музей «Кирпичная библиотека», организованный канд. геол.-мин. наук, доцентом

Института наук о Земле Южного федерального университета Борисом Васильевичем Талпа (рис. 1). Здесь представлены кирпичи со всего мира, в том числе большая коллекция кирпичей заводов г. Нахичевани [10].

Одним из наиболее крупных кирпичных заводчиков Нахичевани-на-Дону был Хачатур Кеворкович Алавердян, купец 2-й гильдии, именовавшийся Христофор Егорович Алавердов. Он родился в 1867 г. и, окончив городское четырехклассное училище, занимал должность присяжного оценщика, а к 1902 г. стал помощником директора Нахичеванского городского общественного банка и получил благодарность от наказного атамана войска Донского. Помимо клейма «А», Алавердов использовал и клеймо «Х.А.» (рис. 2), выполненное армянскими буквами. На заводе Алавердова, располагавшемся в районе Кизи-териновской балки, работало в разное время от 40 до 50 рабочих, а годовой объем выпуска составлял около 200 тыс. шт. кирпича. Завод проработал с 1891 по 1917 г. и как сложилась судьба его хозяина после Октябрьской революции, неизвестно, но до сих пор на углу 18-й линии и ул. Мурлычева стоит его дом [9].

Из кирпича этого производителя построено здание переехавшего в Ростов-на-Дону в 1915 г. Варшавского императорского университета, ныне в нем расположен главный корпус Южного федерального университета.

Одним из крупнейших производителей кирпича области войска Донского являлся завод А. Пахалова Выпуклые клейма «ПАХАЛОВЪ» весьма распространены в Ростове-на-Дону (рис. 3). И опять за русифицированной фамилией на нас смотрят создававшие славу российской промышленности потомки армянских переселенцев XVIII в., ведь это на самом деле завод Авака, его сыновей Нерсеса и Натана и жены Искуги Хугасовны Пахальян [9, 11].

Кирпичи с клеймом в виде буквы Т «S тивн» в армянском алфавите выпускались, скорее всего, на заводе, фамилия владельцев которого начинается с буквы



Рис. 3. Кирпич завода Пахалова – Пахальяна с отпечатком лап собаки (фото Б.В. Талпа, владелец Б.В. Талпа)
Fig. 3. A brick produced at the Pakhalov factory with a dog's paw print (photo by B.V. Talpa, owner of B.V. Talpa)



Рис. 4. Кирпич с клеймом в виде буквы Т «S тивн» армянского алфавита (фото Б.В. Талпа, владелец Б.В. Талпа)
Fig. 4. Brick with the brand letter T (S tivn) of the Armenian alphabet (photo by B.V. Talpa, owner of B.V. Talpa)



Рис. 5. Кирпич с клеймом і.ш. завода И. Шериканова (фото Б.В. Талпа, владелец Б.В. Талпа)
Fig. 5. Brick with the brand i. sh., produced at the plant Sherikanov I. with the image of the letters I. Sh. (photo B.V. Talpa, owner B.V. Talpa)



Рис. 6. Кирпич завода А. Авединова с изображением буквы «А» армянского алфавита (U айб) (фото Б.В. Талпа, владелец Б.В. Талпа)
Fig. 6. A brick produced at the Avedinov A. factory with the image of the letter A, of the Armenian alphabet (U aib) (photo by B.V. Talpa, owner of B.V. Talpa)

«Т» – Туманов Эмануил Акимович (на Кизитериновской балке) (рис. 4) [12, 13].

Кирпич с клеймом і.ш. выпускался на заводе Шериканова Ивана Ивановича, (балка Кизитериновка) в конце XIX – начале XX в. (рис. 5) [9, 14].

Кирпич с клеймом «Солнце» и буквой А армянского алфавита (U айб) выпускался на заводе, учрежденном в 1873 г. и принадлежавшем мещанину Авединову Аведину Мартовичу. На предприятии работало 20 человек, выпускалось 600 тыс. шт. кирпича (рис. 6).

Одно из распространенных кирпичных клейм БУБЛИЕВЪ в рамке (рис. 7). Кирпич произведен на кирпичном заводе Ивана Григорьевича Бублиева в г. Нахичевань-на-Дону области войска Донского. Предприятие было основано в 1893 г. и имело производительность 200 тыс. шт. кирпича в год, существовало до середины первого десятилетия XX в. [13].

Использование новых технологий подготовки сырья и режимов обжига позволяло из традиционного сырья с добавками угольных отсеков и вмещающих угольные пласты глинистых сланцев производить клинкерный кирпич, который нашел применение во многих городах области войска Донского. Такой кирпич производился на заводе Хачадур Шагнарова (рис. 8).

Помимо Нахичеванских заводов интересна также история Чалтырского кирпичного завода, являющегося

весомой частью истории села Чалтырь, расположенного в Мясниковском районе Ростовской области.

В 1905 г. Кероп Гадзиян выбрал на окраине села место по соседству с залежами высококачественной глины и поставил первую печь для обжига черепицы. Затем в прибыльное дело он привлек партнера Арутюна Мушияна, который, по некоторым сведениям, был старшиной села Чалтырь. Таким образом, в этом бизнесе объединились материальные и административные ресурсы, что позволило расширить производство и приступить к выпуску кирпича.

Для возведения заводской трубы основатели завода привлекли специалистов из Германии, с которыми расплачивались по бартеру – кирпичом, отправляемым с железнодорожной станции Хапры за границу.

Главным правилом основателей завода была добросовестность. На совесть и на века делалось все: и печи закладывались так, что они частично работают до сих пор, и кирпич выпускался такой, что его качество высоко ценили даже в индустриально развитой Германии. Дома, сложенные из этого кирпича, сохранились в Чалтыре и по настоящее время. Благополучное развитие завода было прервано революцией и Гражданской войной. В 1919 г. от тифа скончался Арутюн Мушиян. Кероп Гадзиян, дабы спасти свою семью от преследований новой власти, добровольно национализировал завод и остался на нем в должности инженера. Однако по анонимному



Рис. 7. Кирпич с клеймом БУБЛИЕВЪ, произведенный на заводе И. Бублиева (фото Б.В. Талпа, владелец Б.В. Талпа).
Fig. 7. The brick with the mark of BUBLIEV produced at the plant Bubljev I. (photo by B.V. Talpa, the owner of B.V. Talpa).

доносу был арестован и вернулся на родину только после 1953 г.

В период с 1920 по 1925 г. завод не работал. Затем его восстановили, и предприятие успешно работало вплоть до оккупации в 1942 г. Во время Великой Отечественной войны завод был частично разрушен. Однако труба, установленная немецкими мастерами в начале XX вв., только слегка накренилась. Сразу по окончании войны завод восстановили, однако предприятие было передано в ведение НКВД, его территорию обнесли колючей проволокой, установили вышки, на которых дежурили часовые. На заводе работали в основном заключенные и досрочно освобожденные.

В 1953 г. завод был передан в ведение Мясниковского райисполкома. Постепенно досрочно освобожденных на рабочих местах заменили жители с. Чалтыря и его окрестностей. Труд на заводе был ручным, очень тяжелым. Только в 1960 г. для резки кирпича-сырца был поставлен первый полуавтомат-резчик. В том же году поставили пресс полусухого формования, который формовал одновременно два дырчатых кирпича. Завод постепенно стал переходить на круглосуточную работу. В 1960 г. было произведено 7 млн шт. кирпича. Через два-три года был получен новый двухсекционный пресс, который одновременно выпускал два кирпича.

В конце 1960-х – начале 1970-х гг. под руководством директора Мартироса Григорьевича Гайбаряна была проведена генеральная реконструкция завода. Фактически был построен новый завод: две туннельные печи, прессовое отделение, плиточный цех, налажено производство гипсовых и звукоизолирующих плит. Во второй половине 1970-х гг. была проведена газификация завода. Именно с газификации завода началась газификация всего с. Чалтыря. В начале 1990-х гг. под руководством директора Хачатура Мануковича Аносяна была проведена приватизация завода. Чалтырский кирпичный завод стал 72-м хозяйственным объектом в Российской Федерации, прошедшим приватизацию.

Основное технологическое оборудование, установленное в начале 1990-х гг., безусловно, было су-



Рис. 8. Кирпич с клеймом ХШ (армянский шрифт իՇ), произведенный в г. Нахичевани-на-Дону на кирпичном заводе Хачадура Шагнарова. Найден в г. Новочеркасске (фото Б.В. Талпа, владелец Б.В. Талпа).
Fig. 8. The brick with the "H Sh" brand (Armenian font իՇ), produced in Nakhichevan-on-Don in a brick factory of Shagharov Hachadur. Found in the Novocherkassk city (photo by B.V. Talpa, the owner of B.V. Talpa)



Рис. 9. Кирпич с клеймом ЧЭЗ Чалтырского экспериментального завода (фото Б.В. Талпа, владелец Б.В. Талпа)
Fig. 9. Brick branded ChEZ (Chaltyrsky pilot plant) (photo by B.V. Talpa., the owner of B.V. Talpa)

щественно прогрессивнее предыдущего. Однако на предприятии постоянно производится техническое перевооружение, и завод даже называли экспериментальным (рис. 9).

В начале XXI в. на заводе были выполнены работы по усовершенствованию сушильного барабана, установлен дополнительный смеситель-охладитель в технологической цепочке приготовления пресс-порошка, внедрен ряд разработок по обеспечению реставрационных работ на коленчатых валах, прессующих механизмах и т. д. Внесены изменения в режим вентиляции и обжига на туннельных печах. Планируется внедрение плавного регулирования подачи глины на сушильный барабан, а также обеспечение плавного регулирования производительности барабана. В 2005 г. исполнилось 100 лет со дня основания Чалтырского производственно-коммерческого предприятия строительных материалов [15].

Таким образом, на примере кирпичного завода в с. Чалтырь, можно свидетельствовать о тесной взаимосвязи между развитием и прогрессом завода и села.

Отметим, что помимо Нахичевани-на-Дону и пяти сел, появившихся в результате переселения Крымской армянской общины на донские земли, были и другие поселения, теперь уже «забытые уголки». Это три хутора в районе монастыря Сурб Хач, хозяин одного из которых – Егор Гамалов добывал и обрабатывал камень, продавал аршинный камень; а также д. Екатериновка,

название которой можно встретить в различных вариациях, а в быту ее называли и называют по сей день Самбек. Деревня располагалась у впадения реки Самбек в Азовское море, а находившаяся вблизи Екатериновки коса долгое время называлась Армянской косой, позднее она стала зваться Курячьей косой [16].

Выводы

Приведенные исторические материалы позволяют говорить о ведущей роли армянских промышленников в развитии кирпичной промышленности Юга Российской империи в XIX–XX вв. На начало XX в. в Нахичевани-на-Дону действовало более десяти заводов по производству кирпича.

Кирпичи, произведенные на заводах Нахичевани армянскими промышленниками, имели высокое качество, широко использовались за пределами города, позволяя развиваться и расти соседнему г. Ростову-

на-Дону, свидетельством чего могут быть не только статистические записи и отчеты, но также клейма на кирпичах (клейма являются знаком качества производителя), из которых построены здания.

Развитие региона в целом и отдельных поселений шло в тесной взаимосвязи с развитием кирпичного производства.

Поскольку в настоящее время развитие внутреннего туризма ставится одним из приоритетных направлений в сфере услуг, стоит обратить внимание, что уникальная история Юга России открывает широкие перспективы региона в качестве крупного туристического центра. И коллекция старинного кирпича, произведенного в г. Нахичевани и других регионах Юга России, хранящаяся в фондах «Кирпичной библиотеки», может стать как прекрасным дополнением к экскурсионным маршрутам, так и самостоятельным объектом, городской достопримечательностью.

Список литературы

1. Малхасян А.Г. Страницы истории анийских, крымских и донских армян. Ростов н/Д: Первая типография АРО, 2010. 112 с.
2. Паллас П.С. Наблюдения, сделанные во время путешествия по южным наместничествам Русского государства. М.: Наука, 1999. 246 с.
3. Смирнов В.В. Нахичевань молодая: глазами гостей. URL: <http://ростовгород.рф/14-rajony-goroda/5422-nakhichevan-molodaya-glazami-gostej> (дата обращения: 10.03.2020)
4. Смирнов В.В. Нахичевань-на-Дону. Этюды старой истории: Время и люди. Ростов н/Д: Книга, 2010. 240 с.
5. Баева О.В., Иванова-Ильичева А.М. Культурно-исторический контекст формирования архитектурного образа Нахичевани-на-Дону (конец XVIII — начало XX в.) // *Известия Уральского федерального университета. Сер. 2: Гуманитарные науки*. 2018. Т. 20. № 3 (178). С. 228–243. DOI: 10.15826/izv2.2018.20.3.058
6. Evlin Ordoukhanian Stone and Brick Work Churches Composition and Structural Features (2019) Key Engineering Materials 828:58-62 DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.828.58
7. Kirakosyan L., Ordoukhanyan E. Fortification Brickwork Architecture of Yerevan (2018) Architecture. Yerevan, pp. 37–45 (in Armenian)
8. Багдыков М.Г., Багдыков Т.М., Багдыков Г.М. Арутюн Халибян. Ростов н/Д: Ковчег, 2011. 86 с.
9. Смирнов В. Армянский знак качества Российской империи // *Очерки «Брикфорд: Сохраняя историю»*. URL: http://www.kublog.ru/arch/memorize_history/6822.html (дата обращения: 10.03.2020)
10. Каталог кирпичей. URL: www.brick-library.ru (дата обращения: 10.03.2020)

References

1. Malkhasian A.G. Stranitsy istorii aniiskikh, krymskikh i donskikh armian [Pages of the history of the Ani, Crimean, and Don Armenians]. Rostov-on-Don: Pervaia tipografia ARO. 2010. 112 p.
2. Pallas P.S. Nablyudeniya, sdelannye vo vremya puteshestviya po yuzhnym namestnichestvam Russkogo gosudarstva [Observations made during a trip along the southern governorships of the Russian state]. Moscow: Nauka. 1999. 246 p.
3. Smirnov V.V. Nakhichevan young: through the eyes of guests. URL: <http://ростовгород.рф/14-rajony-goroda/5422-nakhichevan-molodaya-glazami-gostej> (Date of access 10.03.2020). (In Russian)
4. Smirnov V.V. Nakhichevan'-na-Donu. Etyudy staroi istorii: Vremya i lyudi [Nakhichevan-on-Don. Studies of old history: Time and people]. Rostov na-Donu: Kniga. 2010. 240 p.
5. Baeva O.V., Ivanova-Ilyicheva A.M. (2018). The cultural and historical context behind the formation of the architectural image of Nakhichevan-on-Don (Late 18th — Early 20th Centuries). *Izvestia. Ural Federal University Journal. Series 2: Humanities and Arts*. 2018. Vol. 20. No. 3 (178), pp. 228–243. (In Russian) DOI: 10.15826/izv2.2018.20.3.058
6. Evlin Ordoukhanian. Stone and brick work churches composition and structural features (2019) Key Engineering Materials 828:58-62 DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.828.58
7. Kirakosyan L., Ordoukhanyan E. Fortification Brickwork Architecture of Yerevan (2018) Architecture. Yerevan, pp. 37–45.
8. Bagdykov M.G., Bagdykov T.M., Bagdykov G.M. Arutyun Khalibyan [Arutyun Khalibyan]. Rostov-na-Donu: Kovcheg, 2011. 86 p.
9. Smirnov V. Armenian quality mark of the Russian Empire. *Ocherki "Brikford: Sokhranyaya istoriyu"* URL: http://www.kublog.ru/arch/memorize_history/6822.html (Date of access 10.03.2020). (In Russian)
10. Catalog of bricks URL: www.brick-library.ru (Date of access 10.03.2020). (In Russian)

11. Чеботарев Г.А. Ростов – Нахичевань-на-Дону. Справочная книжка. Ростов-на-Дону: Книгоиздательство Г.А. Чеботарева, 1911–12.
12. Вся Донская область и Северный Кавказ на 1901 год. Сост. Д.С. Нейфельд. Ростов-н/Д, 1901. 102 с. URL: <http://elibr.shpl.ru/ru/nodes/20625> (дата обращения 10.03.2020)
13. Памятная книжка Области Войска Донского на 1895 год. Новочеркасск. Областная В. Д. типография. 1894 г. 466 с. URL: https://rusneb.ru/catalog/004191_000025_563868E7-8A1C-4D95-91F2-80495BA74F7B/viewer/?page=466 (дата обращения 10.03.2020)
14. Вся Донская область и Северный Кавказ: [Учреждения и должностные лица. Промышленные и торговые предприятия]. Ростов н/Д, 1899–1911.
15. О компании Чалтырский кирпичный завод. Ростов-на-Дону URL: <https://chaltkirpich.pulscen.ru/about> (дата обращения: 10.03.2020).
16. Хатламаджиян А.С. Армянские поселения на Дону – забытые уголки. Армяне Юга России: история, культура, общее будущее: Материалы III Международной научной конференции. Ростов-н/Д: ЮНЦ РАН, 2018. С. 205–208.
11. Chebotarev G.A. Rostov – Nakhichevan-na-Donu. Spravochnaya knizhka [Rostov – Nakhichevan-on-Don. Reference book]. Rostov-on-Don: Knigoizdatelstvo. G.A. Chebotareva, 1911–12.
12. Vsy Donskaya oblast' i Severnyi Kavkaz na 1901 god. Sost. D.S. Neifel'd [The entire Don region and the North Caucasus in 1901. Comp. D.S. Neifeld]. Rostov-on-Don. 1901. 102 p. URL: <http://elibr.shpl.ru/ru/nodes/20625> (Date of access 10.03.2020)
13. Pamyatnaya knizhka Oblasti Voiska Donskogo na 1895 god [Memorial book of the Don Army Region for 1895]. Novocherkassk. Oblastnaya V.D. tipografiya. 1894. 466 p.
14. Vsy Donskaya oblast' i Severnyi Kavkaz: [Uchrezhdeniya i dolzhnostnye litsa. Promyshlennyye i torgovye predpriyatiya]. [The entire Don region and the North Caucasus: [Institutions and officials. Industrial and commercial enterprises]. Rostov n/D. 1899–1911.
15. O kompanii Chaltyrskii kirpichnyi zavod. Rostov-na-Donu [About company Chaltyrskii brick factory in Rostov-on-Don] URL: <https://chaltkirpich.pulscen.ru/about> (Date of access 10.03.2020).
16. Hatlamadzhiyan A.S. Armenian settlements on the Don – forgotten places [Armyanskie poseleniya na Donu – zabytye ugolki]. Armyane YUga Rossii: istoriya, kul'tura, obshchee budushchee: materialy III Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii – Rostov-on-Don: YUNC RAN, 2018, pp. 205–208.



XV Международный симпозиум по реологии грунтов «Теория и практика фундаментостроения»

г. Казань



2–4 июня 2021 г.



Тематика XV Международного симпозиума по реологии грунтов:

- Теория и реологические модели грунтов
- Экспериментальные исследования геотехнических систем
- Экспериментальная реология грунтов
- Аналитические решения на основе реологических моделей
- Теория и расчетные модели грунтов, опыт решения геотехнических задач
- Численное моделирование НДС массивов на основе реологических моделей

Организаторы симпозиума:

Российское общество по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению (РОМГГиФ)
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Министерство строительства архитектуры и жилищно-коммунальных хозяйств Республики Татарстан

Организационный комитет симпозиума:

Председатель:
Р.К. Низамов – ректор КГАСУ д.т.н., профессор
Заместители председателя:
И.Т. Мирсяпов – зав. кафедрой ОФДСиИГ КГАСУ д.т.н., профессор
З.Г. Тер-Мартirosян – профессор кафедры геотехники НИУ МГСУ д.т.н., профессор

Информационные спонсоры

Научно-технический журнал «Основания, фундаменты и механика грунтов»
Журнал «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»
Журналы «Жилищное строительство», «Строительные материалы»®, «Бетон и железобетон»

Секретариат: И.В. Королева – КГАСУ, г. Казань; Д.Д. Сабирзянов – КГАСУ, г. Казань

Адрес секретариата

420043 г. Казань ул. Зелёная, 1, КГАСУ, каф. ОФДСиИГ
Тел. 8-095-170-27-67 (Г.К. Фурсова)
Тел. 8-843-510-47-15 (И.В. Королева, Д.Д. Сабирзянов)
Факс: 8-843-238-79-72, e-mail: mirsayapov1@mail.ru

Для регистрации в качестве участника XV Международного симпозиума по реологии грунтов обращайтесь по электронному адресу: e-mail: reologiya@mail.ru или по факсу: +7-843-238-79-72

Б.Э. ЮДОВИЧ¹, канд. техн. наук; А.И. ЗВЕЗДОВ², д-р техн. наук (zvezdov@list.ru);
Х.А. ДЖАНТИМИРОВ³, канд. техн. наук (chrisd@inbox.ru)

¹ АО «Интехстром» (141364, Московская обл., Сергиево-Посадский р-н, пос. Скоропусковский, тер. Производственная Зона, 24)

² АО НИЦ «Строительство» (109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, 6, к. 1)

³ НИИОСП им. Н.М. Герсевича (109428, г. Москва, Рязанский пр., 59)

Сухие смеси на основе наномодифицированного цемента и стекловолоконистых материалов. Способ получения

Настоящая работа является продолжением статьи [1], в которой описывались свойства сухих смесей на основе наномодифицированного цемента и стекловолоконистых материалов. Было введено представление о волокнистом НМЦ-камне как композитном материале. Давались рекомендации о размерах волокон армирующего материала. Объяснялся эффект отсутствия коррозии стекловидных материалов в НМЦ-камне. В настоящей статье представлен способ получения сухой смеси путем двухстадийного помола цемента и стекловидного материала. Приведены результаты многолетних экспериментов и уникальные свойства нового материала. Показано, что действительно создан материал – НМВЦ, характеризующийся повышенной прочностью на растяжение при изгибе, т. е. менее хрупкий, причем это осуществлено на фоне общей повышенной прочности при сжатии, характерной для НМЦ, разновидностью которого является НМВЦ.

Ключевые слова: наномодифицированный волокнистый цемент, двухстадийный помол, модификатор для цемента, стеклянное волокно, композитный материал, зернистые микроструктуры, хрупкость цементного камня.

Для цитирования: Юдович Б.Э., Звездов А.И., Джантимиров Х.А. Сухие смеси на основе наномодифицированного цемента и стекловолоконистых материалов. Способ получения // *Строительные материалы*. 2020. № 8. С. 66–70.

DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-66-70>

B.E. YUDOVICH¹, Candidate of Sciences (Engineering); A.I. ZVEZDOV², Doctor of Sciences (Engineering) (zvezdov@list.ru);

Kh.A. DZHANTIMIROV³, Candidate of Sciences (Engineering) (chrisd@inbox.ru)

¹ "Intechstrom" JSC (24, Territory Production Zone, Skoropuskovsky Village, Sergievo-Posadsky District, Moscow Region, 141364, Russian Federation)

² Research Center of Construction, JSC (6, bldg.1, 2nd Institutskaya Street, Moscow, 109428, Russian Federation)

³ Research Institute of Bases and Underground Structures (NIIOSP) named after N.M. Gersevanov (59, Ryazanskiy Avenue, Moscow, 109428, Russian Federation)

Dry Mixes on The Basis of Nano-Modified Cement and Fiberglass Materials. Production Method

This work is a continuation of the article [1], which described the properties of dry mixes on the basis of nano-modified cement (NMC) and fiberglass materials. The concept of a fibrous NMC-stone, as a composite material, was introduced. Recommendations were given about the size of the fibers of the reinforcing material. The effect of absence of corrosion of vitreous materials in NMC-stone was explained. This article presents a method for producing a dry mix by two-stage grinding of cement and vitreous material. The results of long-term experiments and unique properties of the new material are presented. It is shown that a material has actually been created – NMFC (nano-modified fiber cement), which is characterized by increased tensile strength when bending, i.e. less brittle, and this is done against the background of the overall increased compressive strength characteristic of NMC, a variety of which is NMFC.

Keywords: nano-modified fiber cement, two-stage grinding, cement modifier, glass fiber, composite material, granular microstructures, cement stone brittleness.

For citation: Yudovich B.E., Zvezdov A.I., Dzhantimirov Kh.A. Dry mixes on the basis of nano-modified cement and fiberglass materials. Production method. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 8, pp. 66–70. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-66-70>

Настоящая работа является продолжением [1], в которой описывались свойства сухих смесей на основе наномодифицированного цемента (НМЦ) по предстандарту Российской Федерации ПСТ 19–2014 и стекловолоконистых материалов. Было введено новое представление о волокнистом НМЦ-камне как композитном материале в отличие от зернистого материала на обычном цементе. Впервые даны рекомендации о размерах волокон армирующего материала в зависимости от размеров частиц цемента, а также представлено объяснение отсутствия коррозии стекловидных материалов в НМЦ-камне.

В обычный портландцементный раствор не следует вводить стекловолокно в количестве более 2 мас. %, чтобы избежать коррозии и ее продуктов, вспучивающих камень и приводящих к его разрушению намного раньше потери сплошности стеклово-

локон от кальциевой коррозии. Отсутствие коррозии стекловолокна в камне НМЦ обеспечивает, несмотря на высокую удельную поверхность, длительную сохранность свойств стекловолоконистого наномодифицированного цемента, в частности класса прочности. Единственное ограничение ввода стекловолокна по массе состоит в потере сыпучести НМВЦ в зависимости от размеров стекловолокон или стеклонитей. При максимальной длине 10 мкм сыпучесть не теряется вплоть до 30 мас. % стекловолоконистого материала, хотя, как показано далее, его оптимальное содержание по максимуму прочности на растяжение при изгибе ниже этого уровня.

Все заявленные положительные эффекты, и прежде всего отсутствие коррозии стекловолокна в среде НМВЦ, подтверждены многолетними экспериментами авторов, результаты которых и подробно опи-

сание способа изготовления волокнистого цемента [2, 3] приведены в табл. 1.

Однако для достижения надежных результатов необходимо использование способа изготовления волокнистого цемента, описываемого авторами ниже.

При разработке волокнистого НМЦ (далее НМВЦ) в качестве прототипа принят способ двухстадийного помола наноцемента, в котором на первой стадии измельчают портландцементный клинкер, сульфатно-кальциевый компонент и модификатор, а затем в состав указанного наноцемента дополнительно вводят активную минеральную добавку и/или наполнитель при совместном или раздельном помоле с последующим смешиванием при массовых соотношениях портландцементного клинкера и активной минеральной добавки и/или наполнителя от 100:5 до 100:850 при его гигроскопической влажности 0,01–3 мас. % (Патент РФ № 2207995 «Способ изготовления цемента низкой водопотребности», Юдович Б.Э., Зубехин С.А., 2003). Этот способ применяют при высокой щелочности клинкера посредством повышения водопотребности композиционного НМЦ. Это достигается благодаря активной минеральной добавке, в том числе микрокремнезема, и/или посредством наполнителей (филлеров) различной дисперсности. При приготовлении НМЦ путем помола готового портландцемента, как правило, не содержащего минеральных добавок, данный способ эффективен и используется в промышленном масштабе, в частности на Сергиево-Посадской установке для изготовления НМЦ (портландцемент с плотной контактной зоной, ПЦ ПКЗ, ТУ 5730-001-86664502–2009) [4].

Полученный этим способом НМЦ отвечает всем требованиям новейшего стандарта на цементы для транспортного строительства (ГОСТ Р 55224–2012 «Цементы для транспортного строительства. Технические условия»).

Недостаток рассматриваемого способа – хрупкость получаемого на данном НМЦ строительного раствора и бетона, лишь незначительно пониженная по сравнению с исходным портландцементом, несмотря на повышенную на 30–40% прочность НМЦ в стандартных образцах.

Авторами предложен вариант, позволяющий устранить этот общий недостаток рассматриваемой группы технических решений. Оно заключается в том, что помол осуществляют в две стадии, на первой из которых совместно измельчают алитовый портландцементный клинкер или цемент, сульфатно-кальциевый компонент и порошкообразный модификатор с органическим водопонижающим агентом и ускорителем твердения – полиметиленафталинсульфонатом в сочетании с сульфатом натрия, а на второй стадии в состав полученной молотой шихты дополнительно вводят минеральную добавку при совместном или раздельном помоле с последующим смешиванием, используя в качестве составляющей добавки стекловолокнистый материал. Режим второй стадии помола предварительно подбирают под

оптико-микроскопическим контролем до получения в готовом продукте стекловолокнистого материала в форме фрагментов микроволокон и/или микронитей длиной 0,05–10 мкм, регулируя указанную длину сроком измельчения.

Главный эффект способа заключается в том, что волокнистый материал, несмотря на общеизвестную хрупкость стекла, при измельчении тяжелыми металлическими мелющими телами не превращается в порошок, а остается в форме волокон, только на один-два порядка меньших размеров по сравнению с исходным волокнистым материалом. Этот результат обеспечивается тремя физическими эффектами:

1. Скольжением мелющих тел по слою поверхностной «смазки», обеспечиваемым диффузным слоем молекул полиметиленафталинсульфонатов низкой молекулярной массы (200–300 Da), прикрепленным к органоминеральным нанооболочкам, возникшим на первой стадии измельчения и окружающим все частицы клинкерной части цемента [1]. При этом как упомянутые диффузионный слой, так и нанооболочка на частицах клинкерного компонента цемента являются элементами «смазки», обеспечивающей переход режима работы мелющих тел от ударного к сдвиговому.

2. Раскрытием межволоконных связей и разделением волокон на более мелкие и короткие вплоть до нитей. Основной фактор – диффузия «смазки» вдоль фрактальных границ разделов волокон на нити [5].

Оба эти эффекта проявляются только на второй стадии помола в присутствии модификатора, водопонижающий агент которого не полностью связан, т. е. в процессе совместного помола волокнистого материала с НМЦ. С обычным портландцементом волокнистый материал при совместном помоле с многократно большей вероятностью вследствие истирания превратится в порошок. Кроме полиметиленафталинсульфонатов могут использоваться и иные ПАВ, также способствующие размыканию межмолекулярных связей типа водородных, в том числе эфирные производные глицерина.

3. Направление трещин в стекловолокнах вдоль нитей после начала разделения волокон называется автомодельным развитием трещин разрушения [6]. Но это автомодельное развитие прекращается при встрече фрактальной трещины с участками изгибных напряжений в волокнах, порождаемых соприкасающимися с ними или с пучками нитей ребрами частиц остальной шихты. Поэтому автомодельный рост трещин в волокнах в составе шихты помола прекращается по достижении статистического среднего диаметра окружающих частиц, составляющего в наноцементах примерно 10 мкм [7]. В этом состоит причина наблюдаемой в экспериментах средней максимальной длины стеклонитей в составе волокнистого наноцемента, равной 10 мкм. Длину волокон можно регулировать изменением времени помола.

Рассмотрим пример применения данного способа. Исходные материалы: портландцементный клин-

кер состава (мас. %): SiO₂ – 23,94; Al₂O₃ – 3,6; Fe₂O₃ – 3,44; CaO – 67,14; MgO – 0,76; SO₃ – 0,34; R₂O – 0,26, в том числе K₂O – 0,18 и Na₂O – 0,14; сумма 99,48, включая ППП – 0,21; n – 3,4; p – 1,05; КН (по В.А. Кинду) – 0,89; содержание остальных малых составляющих: Li₂O≅0; BaO – 0,03; SrO≅0; NiO – 0,01; CoO – 0,01; Mn₂O₃ – 0,12; Cr₂O₃ – 0,15; MoO₂ – 0,02; TiO₂ – 0,09; P₂O₅ – 0,08; Cl₂ – 0,01; F₂ – 0. Расчетный минералогический состав средних проб контрольного клинкера (мас. %): C₃S – 62; C₂S – 22; C₃A – 4; C₄AF – 10; примеси – остальное. Сульфатно-кальциевый компонент – природный гипсовый камень, содержащий 95% двуводного гипса. Модификатор – полиметиленафталинсульфонат СП-1, включающий 10 мас. % сульфата Na. Стекловолоконный материал I – алюмосиликатный (стекло E); стекловолоконный материал II – силикатный (стекло A). Активная минеральная добавка – летучая зола тепловой электростанции состава (мас. %): ППП – 3,87; SiO₂ – 47,1; Al₂O₃ – 26,46; Fe₂O₃ – 9,62; CaO – 5,35; MgO – 2,08; SO₃ – 0,52; Na₂O – 0,74; K₂O – 4,26; сумма 100.

Наполнители: известняк, содержащий 95% кальция; кварцевый песок, содержащий 89,7% SiO₂. Кроме того, использован наполнитель – стеклобой из стекла E того же химического состава.

Помол НМЦ проводился в двухкамерной лабораторной мельнице с камерой диаметром 0,5 м, длиной 0,28 м. Мелющая загрузка: камера I – шары диаметром 60 мм – 6 кг; 50 мм – 8 кг; 40 мм – 8 кг; 30 мм –

8 кг; 20 мм – 6 кг, итого 36 кг. Камера II – цельпесб 53 кг. Навеска смеси ингредиентов 5 кг. Мощность двигателя 1,5 кВт; число оборотов двигателя 930 мин; число оборотов мельницы 48 мин⁻¹.

Помол осуществляли в две стадии: в камере I до удельной поверхности 280–300 м²/кг; в камере II до удельной поверхности 430–450 м²/кг.

Результаты физических и механических испытаний представлены в табл. 1 и 2.

Стекловолоконистые отходы готовили путем обработки в присутствии ПАВ (производного глицерина) мата или ткани в вибромельнице МВ 0.005 шарами под пригрузом 0,5 кг/см² до разделения на волокна не менее 70% массы материала.

Из приведенных данных следует:

1. При испытании на прочность при сжатии стандартно изготовленных образцов из цементно-песчаных растворов на контрольных цементах (марок 400, 500 и 600, классов 32,5, 42,5 и 52,5 соответственно (строки 1–3, табл. 2) отношение r (обозначим этой литерой величину $R_{и}/R_{сж}$ согласно табл. 1 с индексами по примечанию к ней) находится в пределах 0,09–0,135.

2. У контрольных НМЦ, не содержащих стекловолоконистых материалов (строки 4 и 9 в табл. 2), r находится в пределах 0,12–0,14 в зависимости от возраста и условий хранения (тепловлажностной обработки) образцов при некотором повышении значений τ (максимум до 1,5 мин), но не достигает уровня, характерного для материала пониженной хрупкости.

Таблица 1
Table 1

Физико-механические показатели НМВЦ и контрольных цементов
Physico-mechanical properties of nanomodified fiber cement and control cements

№ п/п	Вид цемента	Модификатор (нафталинсульфонат СП-1) мас. %	Удельная поверхность по методу воздушной проницаемости на приборе системы Ходакова (ПСХ) S, м ² /кг	НГ %	Сроки схватывания, ч-мин		В/Ц ¹ раствора	Прочность образцов-призм при изгибе $R_{из}$ и сжатии $R_{сж}$, МПа, по ГОСТ 310.4-81 через, сут									Клинкер ³
					начало	конец		при нормальном твердении			при ТВО ²			$R_{из}$	$R_{сж}$	$R_{и}/R_{сж}$	
								1 сут		28 сут							
								$R_{из}$	$R_{сж}$	$R_{и}/R_{сж}$	$R_{из}$	$R_{сж}$	$R_{и}/R_{сж}$				
1	ПЦ400Д20	–	320	25,25	ложн. схват.	0,38	–	–	–	5,3	39,5	0,13	призмы разрушились			А	
2	ТМЦ-60	0,87	475	27,25	3-10 4-20	0,38	0,9	2,8	0,32	5,5	43,4	0,13	4,1	27,2	0,15	А	
3	НМЦ-55	1	405	22	2-30 3-00	0,31	1,8	11,8	0,15	7,7	53	0,15	призмы разрушились			А	
4	ПЦ400Д20	–	320	25	2-20 4-15	0,38	–	–	–	5,6	42,8	0,13	4,4	28,5	0,15	Б	
5	ТМЦ-60	0,87	425	25,75	2-00 4-10	0,35	1,1	3,4	0,32	6,3	49,7	0,13	2,9	23,2	0,13	Б	
6	НМВЦ-55	1	470	22,25	0-25 3-40	0,29	4,5	16,6	0,27	8,3	60,9	0,17	6,6	59,7	0,11	Б	
7	НМВЦ-55	1	470	22,75	2-30 3-45	0,31	3,7	14,5	0,26	8	58,3	0,14	6,3	49,1	0,13	Б	

ПЦ400Д20 – портландцемент марки 400 (класс 32,5), включающий (мас. ч.) портландцементный клинкер – 80, минеральная добавка – вулканический пепел с активностью ниже предельной по ГОСТ 30744-2011-20, гипсовый камень 2,5 в пересчете на SO₃; ТМЦ-60 – тонкомолотый цемент, включающий (мас. ч.) портландцементный клинкер – 60, минеральная добавка (та же) – 40, гипсовый камень 3,5 в пересчете на SO₃; НМЦ-55 – портландцемент, модифицированный совместным помолем с модификатором (нафталинсульфонатом СП-1); цемент включает (мас. %) портландцементный клинкер – 60, минеральная добавка (та же) – 40, гипсовый камень 3,5 в пересчете на SO₃; содержание модификатора см. в следующем столбце.

¹ В/Ц – водоцементное отношение: для НМВЦ – подбор по распылу конуса (145 см) на монофракционном песке по ГОСТ 310.4-81; для остальных цементов – по указанному выше ГОСТ.

² ТВО – тепловлажностная обработка (пропаривание) по режиму 2+3+6 (85°C) + 2 (ч) – выдержка, подъем температуры, изотермический прогрев, охлаждение.

³ Портландцементный клинкер: А – недожженный, включающий примесь FeO (0,5 мас. %) и майенит (12CaO·7Al₂O₃) до 1,5 мас. % при наличии 0,4% свободной извести (столь малое ее содержание объясняется присутствием высокоизвестковой алюмоферритной фазы типа открытого В.Д. Барбанягрэ 3СаО·Fe₂O₃, но с примесью FeO, охотно связывающего известь); Б – нормально обожженный клинкер, не содержащий FeO и майенита; минералогический состав (расчетный, мас. %): C₃S–55, C₂S–21, C₃A–5, C₄AF–14, примеси – остальное.

Модификатор вводили в воду затворения в качестве пластифицирующей добавки.

Таблица 2
Table 2

Эффективность предлагаемого цемента
The effectiveness of the proposed cement

№ п/п	Вид цемента	Модификатор %	Удельная поверхность S, м ² /кг	СМ I, мас. %	СМ II, мас. %	СМ I ⁰ , мас. %	СМ II ⁰ , мас. %	Сроки схватывания, ч-мин		Сроки схватывания с СМ ² , ч-мин		В/Ц р-ра ⁴	2 сут		28 сут		R _{из} /R _{сж}	R _{сж} , МПа	R _{из} , МПа	R _{сж} /R _{сж}	τ, с	τ, с	τ, с	τ, с	Вывод ⁶			
								начало	конец	начало	конец		R _{сж} , МПа	R _{из} , МПа	R _{сж} , МПа	R _{из} , МПа										28 сут	28 сут	
1	ПЦ400Д20		310	-	-	-	-	3-05	4-55	-	-	0,4	5,2	39,3	0,13	2,5	24,5	0,1	0	0	0	0	0	0	-			
2			415	-	-	-	-	2-40	3-25	-	-	0,41	6,3	48	0,13	3,8	31,2	0,12	0	0	0	0	0	0	-			
3			455	3 ⁷	-	-	-	-	2-40	3-25	0-50	1-30	0,43	6,8	58,2	0,14	4,0	33,6	0,12	0	0,5	0	0	0	0	-		
4	НМВЦ-55	1,2	470	-	-	-	-	-	-	-	-	0,28	8	61,2	0,13	6,3	53,5	0,12	0	1	0,5	0	0	0	-			
5				3 ⁷	-	-	-	-	1-15	1-55	0,16	11,2	74,1	0,15	9	64,2	0,14	0	1,5	1	0	0	0	0	0	-		
6				5 ⁷	-	-	-	-	0-40	1-25	0,16	12,1	80	0,15	10,1	72,1	0,16	0	2,5	1	0	0	0	0	0	0	-	
7				10 ⁷	-	-	-	-	0-30	0-55	0,3	6,9	41,1	0,17	13	85	0,15	11,8	74,2	0,14	0	3	1,5	0	0	0	0	+
8				15 ⁷	-	-	-	-	0-18	0-30	0,32	6	35,2	0,17	11,8	71,3	0,17	8,9	63,7	0,14	0	2	1	0	0	0	0	-
9	НМВЦ-90	1,5	490	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22	6,9	49,2	0,14	12,3	93,2	0,13	9,9	80,5	0,14	0	1,5	0,5	0	-		
10				3 ⁷	-	-	-	-	1-55	2-20	0,16	15,6	102,6	0,15	11,9	86,2	0,13	0	3	1	0	0	0	0	0	0	+	
11				5 ⁷	-	-	-	-	1-30	1-55	0,16	16,1	108,7	0,15	12,2	89,7	0,14	0	3,5	1	0	0	0	0	0	0	+	
12				10 ⁷	-	-	-	-	0-50	1-45	0,26	10,1	63,2	0,166	17,5	110,8	0,16	13	91,9	0,14	0,5	1,5	0	0	0	0	+	
13				18 ⁷	-	-	-	-	0-25	0-55	0,28	11,2	70,3	0,16	18,5	115,7	0,16	13	90,2	0,14	1	9	1,5	0	0	0	0	+
14				30 ⁷	-	-	-	-	0-05	0-15	0,3	8	54,1	0,15	14,1	95,3	0,15	12,1	89	0,14	0	4	1	0	0	0	0	+
15				3 ⁸¹	-	-	-	-	1-15	2-00	0,29	6,2	39,5	0,16	11,2	75,7	0,15	9,3	67,2	0,14	0	4	1,5	0	0	0	0	+
16	10 ⁸²	-	-	-	-	0-35	0-50	0,3	7,3	40,6	0,18	14,2	91	0,16	12	75	0,16	0	6	1,5	0	0	0	0	+			
17	НМВЦ-55	1,2	460	-	-	-	-	1-30	2-50	0,16	10,2	68,3	0,16	8,5	56,9	0,15	0	3	0,5	0	0	0	0	0	0	+		
18				3 ⁸¹	10 ⁸²	-	-	-	0-50	1-30	0,3	6,3	39,4	0,16	11,8	79,8	0,15	9,8	69,7	0,14	0	5	1	0	0	0	+	
19	НМВЦ-55	1,2	480	-	-	-	-	1-10	2-20	0,30	5,5	38,6	0,14	9	59,4	0,15	6,7	49,2	0,14	0	2	1	0	0	0	-		
20				3 ⁹¹	3 ⁹²	-	-	-	0-45	1-10	0,30	7	40,5	0,14	9,8	70,3	0,14	8,2	54,7	0,15	0	3	2	0	0	0	+	
21				3 ¹⁰¹	3 ¹⁰²	-	-	-	1-20	2-30	0,30	5,9	39,5	0,15	10,2	70	0,15	6,9	49,3	0,14	0	3,5	0	0	0	0	0	+
22	НМВЦ-35	1	480	-	-	-	-	0-15	1-35	0,34	6,1	40,7	0,15	11	72,8	0,15	8,5	57	0,155	0	4	0	0	0	0	+		
23				3 ⁷¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,27	3	25,1	0,12	6,2	52	0,12	5,5	45,8	0,12	0	0,5	0	0	-
24				3 ¹¹¹	-	-	-	-	2-05	3-05	0,29	4,5	31,9	0,14	7,1	54,9	0,13	6,5	46,9	0,15	0	3	1	0	0	0	+	
25				3 ¹¹²	-	-	-	-	2-00	2-55	0,29	4,6	33,2	0,14	7,4	56,8	0,13	6,8	48,5	0,14	0	4	1	0	0	0	+	
26	НМВЦ-35	1,2	490	-	-	-	-	1-50	3-20	0,31	4,8	34,3	0,14	8	61,5	0,13	7	49,8	0,14	0	3	0,5	0	0	0	+		
27				3 ¹¹³	-	-	-	-	1-35	2-50	0,3	5	35,5	0,15	8	62,9	0,13	6,6	51,7	0,13	0	3	1	0	0	0	+	
28	3 ¹¹⁴	-	-	-	-	2-05	3-1	0,29	4,5	30,9	0,15	7,6	60,7	0,13	6	46	0,14	0	3	0	0	0	0	0	+			

⁸ Совместный домол НМЦ со стекловолокном в течение: ⁸¹ 10 мин; ⁸² 20 мин.
⁹¹ Стеклохолд тип II, разд. помол 20 мин в присутствии ПАВ.
⁹² То же, совместный домол с НМЦ 10 мин.
¹⁰¹ Смеси отходов, совместный помол с НМЦ 10 мин; 90 мас.% отхода I, 10 мас.% железистого отхода.
¹⁰² То же, - 10 мас.% отхода I, 90 мас.% железистого отхода.
¹¹¹ Совместный домол НМЦ со стекловолокном в течение 5 мин совместно с добавкой 20% золы.
¹¹² То же, с добавкой 20% порошкообразного известняка (твердость по Моосу 4), предварительно смолотого до S₀ 400 м²/кг.
¹¹³ То же, с добавкой 20% молотого кварцевого песка (Моос-5).
¹¹⁴ То же, с добавкой 20% молотого кварцевого песка (Моос-5) при твердости исходного клинкера для НМЦ также 5 по Моосу.
¹ Отход производства волокна типа I.
² Отход производства волокна типа II.
³ Стекловолокнистый материал.
⁴ Водоцементное отношение (В/Ц) - для НМВЦ - подбор по распылку конуса (145 мм) на полифракционном песке по ГОСТ 6139-91; для остальных цементов - по ГОСТ 31108-2003.
⁵ Индукционный период разрушения в секундах (пояснения в тексте описания).
⁶ Заключение о соответствии длительности индукционного периода разрушения требованиям патента (≥ 3 с).
⁷ Перемешивание НМЦ с молотым волокном, затем домол в вибротельнице (3 мин) с пригрузом в присутствии 1 мас.% распыленного ПАВ; в качестве ПАВ использовано эфирное производное глицерина, применяемое для смазки фильера при выпуске волокна.
⁷¹ То же, но вместо эфирного производного глицерина - 30%-ный раствор нефталсульфоната Na в этиловом спирте (96%-ном).

3. НМВЦ без минеральных добавок (строки 10–14, табл. 2) достигают максимума значений τ при содержании волокон 18 мас. % (9 с.) в 28-суточном возрасте, хотя рост τ до 3 с начинается уже при содержании волокон 3 мас. % и продолжается последовательно до содержания волокон 18%, а в целом входит в диапазон $\tau \geq 3$ с в интервале содержания волокон от 3 до 30%. В этой серии испытаний показано, что введение стекловолоконистых материалов повышает прочность НМЦ при сжатии в оптимуме их содержания на класс (марку), помимо очевидного снижения хрупкости.

4. НМВЦ с минеральными добавками сравнительно мало зависят по своим физико-химическим свойствам от типа стекловолокон (I, II), судя по данным, представленным в строках 15–16 и 17–18 табл. 1. Отходы стекловолоконистых материалов в составе НМВЦ (строки 19–20 и 21–22 в табл. 2) работают примерно аналогично, хотя они менее эффективны по сравнению с собственно волоконистыми материалами, что можно объяснить неполнотой разделения волокон в отходах в процессе домола. Это соответствовало нашим ожиданиям.

5. Главный элемент новизны в этих опытах состоит в том, что даже при повышенной доле минеральных добавок (строки 24–28 в табл. 1) в составе НМВЦ-35 стекловолоконистые материалы продолжают повышать значения r и соответственно понижать хрупкость цементных растворов, в том числе с различными порошкообразными минеральными добавками (известняк, кварцевый песок, стеклобой), по уровням твердости (5 по шкале Мооса) не превосходившие уровень твердости использованного портландцементного клинкера, из которого были приготовлены все пробы НМВЦ (также 5 по шкале Мооса).

Из приведенных данных следует, что действительно создан материал – НМВЦ, характеризующийся повышенной прочностью на растяжение при изгибе, т. е. менее хрупкий, причем это осуществлено на фоне общей повышенной прочности при сжатии, характерной для НМЦ.

Известно [8], что падение прочности цементных растворов, включающих стекловолоконистые материалы, на растяжение при изгибе происходит уже в течение первых 3 мес хранения образцов и далее усиливается с потерей через 6 мес минимум 20% исходной прочности. В данном примере определяли прочность при сжатии и на растяжение при изгибе образцов составов по строкам 5, 7, 10, 13, 17 и 24. Снижения прочности после 6 мес хранения не обнаружено, что свидетельствует об отсутствии коррозии стекловолоконистых материалов в среде растворного камня волокнистого НМЦ.

Таким образом, новый цемент в части состава и способа его осуществления подготовлен к промышленному внедрению.

Список литературы

1. Юдович Б.Э., Звездов А.И., Джантимиров Х.А. Сухие смеси на основе наномодифицированного цемента // *Строительные материалы*. 2019. № 7. С. 57–60. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-772-7-57-60>
2. Юдович Б.Э., Звездов А.И., Джантимиров Х.А., Зубехин С.А. Минеральная арматура в наномодифицированной портландцементной матрице // *Бетон и железобетон*. 2016. № 3. С. 9–12.
3. Патент 2595284 С1 РФ, С04В 7/52, 7/12 *Волокнистый наноцемент и способ его изготовления* / Юдович Б.Э., Зубехин С.А., Джантимиров Х.А. Оpub. 27.08.2016.
4. Юдович Б.Э., Зубехин С.А. Цементы с низкой водопотребностью и портландцемент с плотной контактной зоной. *Алтинформ*. 2010. № 3. С. 20–23; № 4. С. 22–26.
5. Addison P.S. et al. Fractal cracking of concrete: parameterization of spatial diffusion // *Journal of Engineering Mechanics*. 1999. Vol. 125. No. 6, pp. 622–629.
6. Мосолов А.Б. и др. Автомодельность и фрактальная геометрия разрушения // *Проблемы прочности*. 1988. № 1. С. 3–7.
7. Юдович Б.Э. Проектирование гранулометрического состава высокопрочных цементов // *Труды НИИЦемент*. 1992. С. 266–279.
8. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. М.: АСВ, 2011. 640 с.

References

1. Yudovich B.E., Zvezdov A.I., Dzhantimirov Kh.A. Dry mixtures on the basis of nano-modified cement. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2019. No. 7, pp. 57–60. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-772-7-57-60>
2. Ioudovitch B.E., Zvezdov A.I., Dzhantimirov Kh.A., Zoubekhin S.A. Mineralnaya armatura v nanomodifitsirovannoy portlandtsementnoj matritse. *Beton i Zhelezobeton*. 2016. No. 3, pp. 9–12. (In Russian).
3. Patent RF 2595284 *Voloknistij nanotsement i sposob ego izgotovleniya* [Fibrous nanocement and method of its manufacture]. Ioudovitch B.E., Zoubekhin S.A., Dzhantimirov Kh.A. Published 27.08.2016. (In Russian).
4. Ioudovitch B.E., Zoubekhin S.A. Cements with low water demand and Portland cement with a dense contact zone. *Alitinform*. 2010. No. 3, pp. 20–23; No. 4, pp. 22–26. (In Russian).
5. Addison P.S. et al. Fractal Cracking of concrete: parameterization of spatial diffusion. *Journal of Engineering Mechanic*. 1999. Vol. 125. No. 6, pp. 622–629.
6. Mosolov A.B. and others. Self-similarity and fractal geometry of destruction. *Problemi prochnosti*. 1988. No. 1, pp. 3–7. (In Russian).
7. Ioudovitch B.E. Designing the granulometric composition of high-strength cements. *Trudy NIITsementa*. 1992, pp. 266–279.
8. Rabinovich F.N. Kompozity na osnove dispersno armirovannyh betonov [Dispersed reinforced concrete composites]. Moscow: ASV. 2012. 640 p.

Журналы

издательства

СТРОЙМАТЕРИАЛЫ

всегда на службе у строителя



» www.journal-sm.ru

индекс **70886** »



» www.journal-hc.ru

индекс **70283** »



» www.rifsm.ru

индекс **85502** »



www.rifsm.ru

(499) 976-20-36
(499) 976-22-08

mail@rifsm.ru

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера, что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Строительные материалы»® для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи.

НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНИПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.
2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.
3. Ссылаться на диссертации (ссылки на авторефераты диссертаций не допускаются).
4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.

ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние 2–5 лет в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.
2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние 5 лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

Несомненно, что возможны ссылки и на классические работы, однако не следует забывать, что наука всегда развивается поступательно вперед и незнание авторами последних достижений в области исследований может привести к дублированию результатов, ошибкам в постановке задачи исследования и интерпретации данных.

Статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате *.doc, *.docx или *.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах *.cdr, *.ai, *.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество «8 – максимальное») или *.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом не менее 150 слов на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Строительные материалы»®, ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»® был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте издательства www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте журнала <https://journal-cm.ru/index.php/ru/avtoram>

100+ TECHNO BUILD

VII Международный
строительный форум
и выставка

20-22 ОКТЯБРЯ 2020

Екатеринбург | forum-100.ru

**Тебе нужен
надежный
партнер?
Подумай о
KELLER!**



www.keller.de/ics

Solutions since 1894.