

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ[®] № 4

Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]

ISSN 0585-430X (Print)

ISSN 2658-6991 (Online)



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 1955 г.

WWW.RIFSM.RU

WWW.JOURNAL-CM.RU

АПРЕЛЬ

2021 г. (790)



ПРОЧНЫЙ
M > 200



МОРОЗОСТОЙКИЙ
F > 200



ЭКОЛОГИЧНЫЙ
195 ± 14 Бк/кг

www.vceramica.ru



**Вышневолоцкая керамика –
основа долговечности вашего дома**

Учредитель: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,
 Адрес: 125319, г. Москва, ул. Черняховского,
 д. 9, корп. 1, кв. 1
 Издатель: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»
 Адрес: 125319, г. Москва, ул. Черняховского,
 д. 9, корп. 1, кв. 1
 Свид. о регистрации ПИ № 77–1989
 ISSN 0585-430X (Print) ISSN 2658-6991 (Online)
 Входит в Перечень ВАК, РИНЦ,
 Russian Science Citation Index
 на платформе Web of Science
 Адрес редакции: Россия, 127434, г. Москва,
 Дмитровское ш., д. 9, стр. 3

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

№ 4

Основан в 1955 г. (790) Апрель 2021 г.

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

Керамические строительные материалы

В.А. ГУРЬЕВА, А.А. ИЛЬИНА

**Исследование свойств керамического кирпича с никелевыми шлаками
методом наименьших квадратов. 4**

Д.В. АКСТ, А.Ю. СТОЛБОУШКИН

**Опытно-промышленные испытания технологии стеновой керамики объемного окрашивания
с матричной структурой. 9**

Е.С. ГАЙШУН, Х.С. ЯВРУЯН, И.А. СЕРЕБРЯНАЯ, Е.В. ДЕМЕНТЬЕВА, А.С. ГАЙШУН

**Подбор составов керамических масс на основе отсевов переработки терриконов
для производства керамических изделий методами математического планирования 16**

Плоская экструзия от испанской компании «Тальерес Фелипе Вердес, С.А.» (Информация) 24

В.Ю. КУЗЬМИН

Износ рабочих поверхностей экструдеров в керамической промышленности 25

А.В. КОТЛЯР, С.Н. КУРИЛОВА, Р.А. ЯЩЕНКО

**Обоснование необходимости обеспечения соответствия нормативных требований
для мелкоштучных дорожных изделий 30**

**Итальянская компания Cosmes (Космек) осуществила поставку системы «Flashing»
для кирпичного завода «Вышневолоцкая керамика» (Россия) (Информация) 36**

Ю.А. БОЖКО, К.А. ЛАПУНОВА

Проблемы регламентации терминологии brick-дизайна и области его применения 37

Я.В. ЛАЗАРЕВА, К.А. ЛАПУНОВА, М.Е. ОРЛОВА

Керамическая черепица из аргиллитов как элемент руф-дизайна в облике современных мегаполисов 42

В.Д. КОТЛЯР, В.В. ПИЩУЛИНА, Ю.В. ПОПОВ, Б.В. ТАЛПА

Микроструктурные изменения в известковых растворах древних кирпичных кладок. 47

Материалы и технологии

А.Н. КОРОВНИКОВ

Новые грохоты для промышленности строительных материалов 56

И.В. СУСОЕВА, Т.Н. ВАХНИНА, Ю.Б. ГРУНИН, А.А. ТИТУНИН

**Оценка стабильности эксплуатационных показателей теплоизоляционных композитов
по результатам натурных стендовых испытаний. 58**

И.К. ДОМАНСКАЯ, Н.И. ФОМИН

Анализ причин возникновения дефектов ПВХ мембраны, вызвавших протечки мягкой кровли. 67

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений, точность данных по цитируемой литературе и за использование в статьях данных, не подлежащих открытой публикации. Редакция может опубликовать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точку зрения автора. Перепечатка и воспроизведение статей, рекламных и иллюстративных материалов возможны лишь с письменного разрешения главного редактора. Редакция не несет ответственности за содержание рекламы и объявлений.

Founder of the journal: «STROYMATERIALY»
Address: 1, 9 Bldg. 1, Chernyakhovskogo Street,
 Moscow, 125319, Russian Federation
Publisher: «STROYMATERIALY»
 Advertising-Publishing Firm, OOO
Address: 1, 9 Bldg. 1, Chernyakhovskogo Street,
 Moscow, 125319, Russian Federation
 Registration certificate PI № 77–1989
ISSN 0585-430X (Print) ISSN 2658-6991 (Online)
 Included in the list of journals of the Higher
 Attestation Commission (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'NYYE
MATERIALY® **№ 4**
 Founded in 1955 (790) April 2021

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

Ceramic building materials

V.A. GURYEVA, A.A. ILYINA

Investigation of The Properties of Ceramic Bricks with Nickel Slags by the Least Squares Method 4

D.V. AKST, A.Yu. STOLBOUSHKIN

Experimental-Industrial Tests of Wall Ceramics Technology of Volume Staining with a Matrix Structure. 9

E.S. GAISHUN, K.S. YAVRUYAN, I.A. SEREBRYANAYA, E.V. DEMENTIEVA, A.S. GAISHUN

**Selection of Compositions of Ceramic Masses on the Basis of Screenings Processing
 of Waste Materials for The Production Ceramic Using Mathematical Planning Methods 16**

Flat Extrusion by Spanish Company Talleres Felipe Verdes, S.A. (Information) 24

V.Yu. KUZMIN

Wear of the Working Surfaces of Extruders in the Ceramic Industry. 25

A.V. KOTLYAR, S.N. KURILOVA, R.A. YASHENKO

Justification of the Need to Ensure Compliance of Regulatory Requirements for Small-Piece Road Products 30

The Italian Company Cosmec Has Delivered the "Flashing" System

for the Brick Factory "Vyshnevolotskaya Keramika" (Russia) (Information) 36

Yu.A. BOZHKO, K.A. LAPUNOVA

**Methodology for Determining the Brick Design and the Possibility of its Application
 in Construction and Architecture 37**

Ya.V. LAZAREVA, K.A. LAPUNOVA, M.E. ORLOVA

Ceramic Tiles Made of Mudstones as an Element of Roof-Design in the Appearance of Modern Megacities 42

V.D. KOTLYAR, V.V. PISHCHULINA, Yu.V. POPOV, B.V. TALPA

Microstructural Changes in Lime Mortars of Ancient Brick Masonries 47

Materials and technologies

A.N. KOROVNIKOV

New Screens For the Construction Materials Industry 56

I.V. SUSOEVA, T.N. VAKHNINA, Yu.B. GRUNIN, A.A. TITUNIN

**Estimation of Stability of Operational Indicators Thermal Insulating Composites
 on the Results of Local Stand Tests 58**

I.K. DOMANSKAYA, N.I. FOMIN

Analysis of the Causes of PVC Membrane Defects that Caused Soft Roof Leaks 67

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.

Д.В. АКСТ, инженер (daniel_axt@mail.ru), А.Ю. СТОЛБОУШКИН, д-р техн. наук (stanyr@list.ru)

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

Опытно-промышленные испытания технологии стеновой керамики объемного окрашивания с матричной структурой

Показана необходимость тщательного перемешивания компонентов керамической шихты, обеспечивающего окрашивание стеновой керамики без пятен и разводов. Рассмотрены основные причины доминирования технологии пластического формования керамического кирпича на современном этапе. Обоснованы перспективы полусухого прессования изделий при использовании тощих пылеватых суглинков, отходов и попутных продуктов промышленного производства в технологии керамического кирпича объемного окрашивания. Приведена краткая характеристика сырьевых материалов керамических шихт для заводских испытаний. В качестве основы использовались среднепластичная глина и шламистые железорудные отходы, для окрашивания – марганец- и ванадийсодержащие техногенные добавки. Описаны процессы гранулирования пресс-порошков по запатентованной технологии и получения стеновой керамики на действующем кирпичном заводе полусухого прессования. Приведены результаты исследования декоративных и физико-механических свойств обожженного кирпича в зависимости от состава шихты. Установлены соответствие полученного керамического кирпича требованиям ГОСТ 530–2012 для марок М150–200 и его объемное окрашивание в коричневый и темно-серый цвета. Дана оценка радиационной безопасности объемно-окрашенных керамических материалов по величине суммарной удельной эффективной активности естественных радионуклидов. По результатам опытно-промышленной апробации в заводских условиях обоснована эффективность разработанной технологии стеновой керамики объемного окрашивания с матричной структурой. Представлена разработанная технологическая схема керамического кирпича из глины и марганцевого концентрата. Приведены основные этапы полного цикла получения керамических изделий согласно технологическому регламенту на проектирование производства объемно-окрашенного керамического кирпича с матричной структурой.

Ключевые слова: опытно-промышленная апробация, объемное окрашивание стеновой керамики, полусухое прессование, матричная структура, марганцевый концентрат, ванадиевый шлак, технологическая схема.

Для цитирования: Акст Д.В., Столбоушкин А.Ю. Опытно-промышленные испытания технологии стеновой керамики объемного окрашивания с матричной структурой // *Строительные материалы*. 2021. № 4. С. 9–15.

DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-790-4-9-15>

D.V. AKST, Engineer (daniel_axt@mail.ru), A.Yu. STOLBOUSHKIN, Doctor of Sciences (Engineering) (stanyr@list.ru)
Siberian State Industrial University (42, Kirova Street, Novokuznetsk, 654007, Russian Federation)

Experimental-Industrial Tests of Wall Ceramics Technology of Volume Staining with a Matrix Structure

The necessity of thorough mixing of the ceramic mixture components, which ensures the staining of wall ceramics without stains and color streaks, is shown. The main reasons for the dominance of the plastic molding technology of ceramic bricks at the present stage are considered. Prospects for semi-dry pressing of ceramic products with the use of lean silty loams, waste and by-products of industrial production in the technology of volume staining ceramic bricks are substantiated. A brief description of raw materials for ceramic mixture obtaining for the factory tests is given. Medium plastic clay, slime iron ore wastes were used as the basis, manganese and vanadium-containing technogenic additives were used as dyes. The processes of press powders granulation according to the patented technology and production of wall ceramics at working brick factory of semi-dry pressing are described. The results of the study of decorative and physical and mechanical properties of fired bricks, depending on the composition of the ceramic charge, are presented. The compliance of the obtained ceramic brick with the requirements of State Standard 530–2012 for grades M150–200 and its volume staining in brown and dark gray has been established. An assessment of the radiation safety of volume-stained ceramic materials is given according to the value of the total specific effective activity of natural radionuclides. An assessment of the effectiveness of the developed technology of volume-stained wall ceramics with a matrix structure, based on the results of the experimental-industrial testing in the factory, is given. The developed flow sheet of ceramic bricks production from clay and technogenic manganese concentrate is presented. The main stages of the full cycle of obtaining ceramic products in accordance with the process regulations for the design of the production of volume-stained ceramic bricks with a matrix structure are given.

Keywords: experimental-industrial approbation, volume staining of wall ceramics, semi-dry pressing, matrix structure, manganese concentrate, vanadium slag, flow sheet.

For citation: Akst D.V., Stolboushkin A.Yu. Experimental-industrial tests of wall ceramics technology of volume staining with a matrix structure. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2021. No. 4, pp. 9–15. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-790-4-9-15>

Одним из факторов, играющих важную роль при выборе способа изготовления керамического кирпича объемного окрашивания, является возможность в рамках технологии как можно более равномерно распределить красящую добавку по объему шихты [1]. Зачастую именно ненадлежащее перемешивание базового и красящего компонентов керамического порошка и, как следствие, локальная избыточная или недостаточная концентрация пигмен-

та в пресс-массе являются причиной возникновения неоднородной окраски материала, появления пятен, налета и разводов [2, 3].

Мировой опыт работы кирпичных заводов за последние полвека демонстрирует сравнительно лучшие показатели объемного окрашивания при использовании технологии пластического формования кирпича [4, 5]. К примеру, для тщательного смешения компонентов и гомогенизации шихтовой смеси

при полусухом прессовании изделий возникает необходимость использования дополнительных дозаторов, истирателей и лопастных мешалок [6], что существенно влияет на себестоимость производства [7]. Кроме того, ряд недостатков полусухой технологии прессования, таких как неравномерное распределение и снижение плотности сырца, вызываемых неточной дозировкой пресс-порошка, особенности «точечного» механизма спекания, ухудшающие показатели прочности и морозостойкости кирпича [8], а также дефицит отечественного высокопроизводительного прессового оборудования в конечном итоге и обуславливают технологический выбор производителей. В этой связи подавляющее большинство промышленных предприятий стройиндустрии, выпускающих керамический кирпич нестандартной окраски, использует именно пластический способ [9, 10]. При этом зачастую для работы с зарубежными концентрированными красками и обеспечения наилучших характеристик керамических изделий заводские линии полностью комплектуются готовым автоматизированным оборудованием иностранных фирм HÄNDLE GmbH, Hans Lang Anlagenbau und Verfahrenstechnik GmbH & Co. KG, Marcheluzzo Impianti SRL Unipersonale и др. [11].

В условиях беспрецедентного санкционного давления Запада необходимо ликвидировать информационную и технико-технологическую зависимость России во всех сферах деятельности. Установившийся в последнее десятилетие курс на диверсификацию производства, расширение сырьевой базы и экологическую безопасность предъясняет новые векторы развития и в области строительной индустрии. В производстве строительной керамики — это прежде всего компенсация повсеместного сокращения запасов качественных глин за счет применения тощих пылеватых суглинков, техногенных отходов и попутных продуктов. При работе с таким сырьем технология пластического формования, как правило, малопригодна [12]. Более перспективной в этом случае, безусловно, является компрессия маловлажных порошковых систем, что по-прежнему подтверждает актуальность использования технологии полусухого прессования керамических изделий.

Ранее авторами была разработана модель формирования стеновой керамики объемного окрашивания с матричной структурой [13], которая обеспечивает усиление окраски керамического композита за счет концентрации пигмента в оболочке вокруг гранул даже при малых содержаниях красящих оксидов, что позволяет использовать добавки с пониженным содержанием хромофоров. Реализация данной модели на практике предполагает формирование рациональной структуры композиционного материала, состоящей из системы ядер, объединенных единым каркасом-матрицей. Для этого обязательным является грануляция базового компонента шихты, нанесение на поверхность образованных гранул оболочки на основе красящего компонента и последую-

щее полусухое прессование сырца из загранулированного порошка.

В работе [14] авторами также предложен метод математического расчета состава гранулированных керамических шихт, позволяющий количественно определить оптимальное соотношение сырьевых компонентов для получения стеновой керамики объемного окрашивания с требуемыми декоративными и физико-механическими свойствами. Для подтверждения результатов теоретических и лабораторных исследований необходима опытная апробация разработанной модели формирования стенового материала и метода расчета состава гранулированных шихт в реальных заводских условиях.

Цель исследования

Провести опытно-промышленную апробацию технологии стеновой керамики объемного окрашивания с матричной структурой на основе природного и техногенного сырья.

Объекты исследования

При проведении опытно-промышленных испытаний разработанных технологий керамического кирпича объемного окрашивания использовалось местное природное сырье и побочные продукты от металлургического производства. В качестве базовых компонентов для формирования гранул применялись низкодисперсная, краснотелая, среднепластичная глина с высоким содержанием красящих оксидов, широко распространенная в Сибирском регионе, и шламовая часть отходов обогащения железных руд ОАО «Евразруда». В роли красящих компонентов керамических шихт были выбраны два вида техногенных добавок. Первая — попутная продукция производства ферросиликомарганца ООО «Западно-Сибирский электрометаллургический завод» (марганцевый концентрат МК-30) с общим содержанием оксидов марганца около 30 мас. %. Вторая — ванадиевый конвертерный шлак АО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат» с суммарным содержанием $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ порядка 30% и V_2O_5 более 22–24%. Данные исследований гранулометрического, химического, минералогического составов и технологических свойств отобранных сырьевых материалов представлены в работах [13, 14].

Результаты и обсуждение

Опытно-промышленная апробация разработанной технологии стеновой керамики объемного окрашивания с матричной структурой проводилась осенью 2020 г. в условиях единственного постоянно действующего на территории Сибирского федерального округа завода полусухого прессования ООО «Бердский кирпичный завод» (рис. 1). Кирпич производится на предприятии более четверти века практически без изменения технологии. «Классика» полусухого формования изделий включает: обогаще-

ние глинистой породы с выделением каменных включений на валковых дробилках; сушку сырья до формовочной влажности в противоточном барабане; помол глины в стержневом смесителе; прессование изделий на прессах типа СМ-1085Б, обеспечивающих их двухстороннее сжатие; сушку с обжигом отформованного кирпича в туннельной печи.

В ходе опытных испытаний использовалось глинистое сырье, прошедшее заводскую массоподготовку по сушильно-помольной технологии. Отобранные пробы шламистых железорудных отходов и марганцевого концентрата предварительно высушивались до остаточной влажности 1–2%; ванадиевый шлак подвергался двухстадийному измельчению, включая разрушение крупнокускового материала в щековой дробилке и последующий тонкий помол в стержневой мельнице до фракции 60–100 мкм.

Апробация проводилась в два этапа. Вначале на базе лабораторного комплекса строительных материалов ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» были наработаны гранулированные пресс-порошки двух составов (табл. 1). Подготовка шихт проводилась по запатентованным способам [15, 16].

Для получения гранул преимущественного размера 1–3 мм базовый сырьевой компонент засыпался в чашу турболопастного смесителя-гранулятора периодического действия и агрегировался при одновременном увлажнении капиллярным распылением воды. После завершения процесса гранулообразования в чашу подавалась тонкомолотая красящая добавка для формирования окрашивающей оболочки по поверхности гранул. При этом в качестве добавки для трехкомпонентной шихты использовалась смесь



Рис. 1. Бердский кирпичный завод: а – полусухое прессование кирпича; б – высушенный сырец; с – паллеты с керамическим кирпичом

Fig. 1. Berdsk brick factory: a – semi-dry pressing of bricks; b – dried adobe bricks; c – pallets with ceramic bricks

глины и ванадиевого шлака. Фактическая влажность опудренного гранулята составила 10,9–12,4%. Для транспортировки на завод без потерь влажности пресс-порошки в количестве 2,4 т упаковывались в прочные и герметичные мешки с полиэтиленовыми вкладышами.

На заводе из подготовленных порошков была выпущена опытно-промышленная партия керамического кирпича объемного окрашивания с матричной структурой. Для этого на прессах СМ-1085Б при средних показаниях амперметра 80 А были отпрессованы сырьевые изделия в количестве 530 шт. Сушка

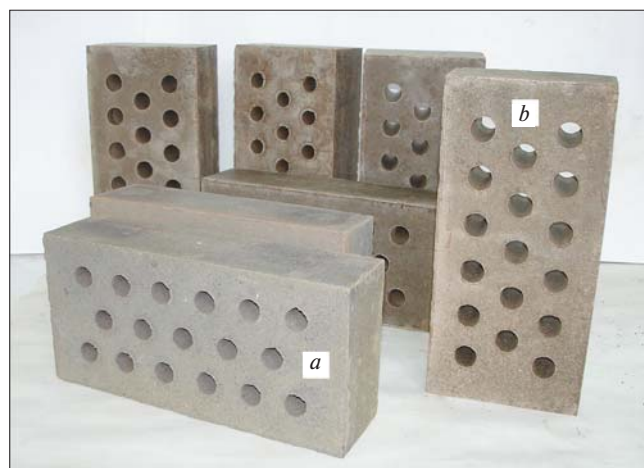


Рис. 2. Керамический кирпич объемного окрашивания с матричной структурой на основе: а – шламистых отходов обогащения железных руд, глины и ванадиевого шлака АО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат»; б – глины и марганцевого концентрата ООО «Западно-Сибирский электрометаллургический завод»

Fig. 2. Volume-stained ceramic bricks with a matrix structure based on: a – slime waste of iron ore enrichment, clay and vanadium slag from JSC «EVRAZ NTMK»; b – clay and manganese concentrate from LLC «West Siberian Electrometallurgical Plant»

Таблица 1
Table 1

Составы пресс-порошков
Compositions of press powders

Состав	Компонент	Количество, мас. %
Шихта с марганецсодержащей техногенной добавкой	Глина	93
	Марганцевый концентрат	7
Шихта с ванадийсодержащей техногенной добавкой	Шламистые железорудные отходы	75
	Глина	22
	Ванадиевый шлак	3

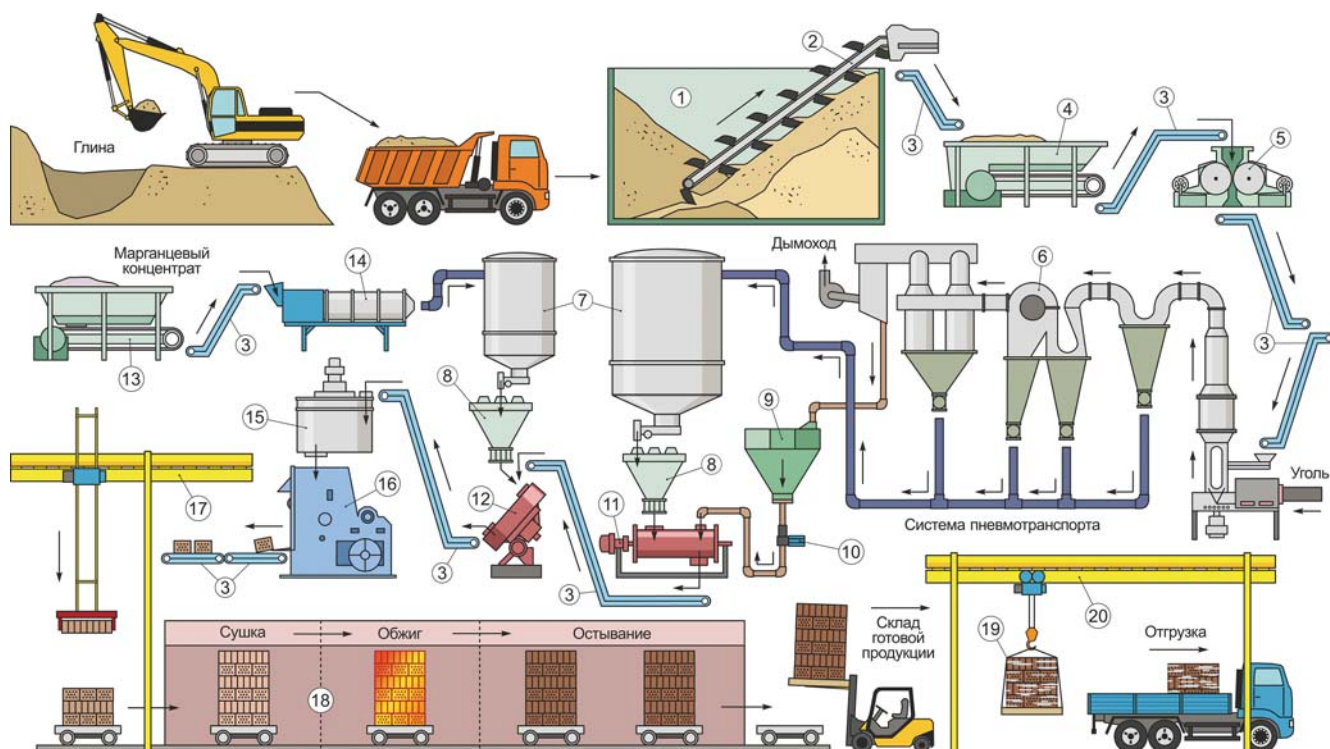


Рис. 3. Технологическая схема производства керамического кирпича объемного окрашивания с матричной структурой из глины и марганцевого концентрата: 1 – глинозапасник; 2 – многоковшовый экскаватор; 3 – ленточный конвейер; 4 – ящичный питатель; 5 – валковая дробилка; 6 – измельчительно-сушильная установка; 7 – силос запаса; 8 – весовой дозатор; 9 – бак-накопитель шликера; 10 – насос-дозатор; 11 – турболопастной смеситель-гранулятор; 12 – тарельчатый гранулятор; 13 – бункер с питателем; 14 – барабанная сушилка; 15 – мешалка-питатель; 16 – пресс; 17 – автомат-садчик; 18 – туннельная печь-сушилка; 19 – пакет кирпича в пленке; 20 – мостовой кран

Fig. 3. Flow sheet of volume-stained ceramic bricks with a matrix structure of clay and manganese concentrate: 1 – clay reserves; 2 – multibucket excavator; 3 – belt conveyor; 4 – box-type feeder; 5 – roll crusher; 6 – grind-drying installation; 7 – silage for raw stock; 8 – weighing batcher; 9 – slip storage tank; 10 – metering pump; 11 – turbopan mixer-granulator; 12 – plate granulator; 13 – hopper with feeder; 14 – drum drier; 15 – mixer-feeder; 16 – press; 17 – automatic palletizer; 18 – tunnel kiln; 19 – package of bricks in a film; 20 – bridge crane

и обжиг кирпича осуществлялись в туннельной печи в соответствии с принятым на заводе технологическим регламентом по 42-часовому режиму при максимальной температуре 1000°C.

Стеновая керамика после обжига имела нормальный внешний вид без видимых дефектов окрашивания, обжиговых трещин, вздутий, искривлений и сколов (рис. 2). По результатам визуальной оценки было отбраковано семь изделий, что составило 1,3% от объема опытной партии. По сравнению с контрольными кирпичами из шихты, состоящей из 100 мас. % глинистого сырья, у образцов с марганцем и ванадийсодержащими техногенными добавками наблюдалось выраженное изменение окраски (рис. 2, а, б). Изделия имели соответственно коричневый и темно-серый цвета в зависимости от состава шихты. В отдельных случаях наблюдалось незначительное изменение оттенка цвета в сторону красных тонов, связанное с местоположением кирпича в садке и возможным восстановлением оксидов железа при обжиге [17].

Определение прочности, средней плотности, водопоглощения и морозостойкости (ГОСТ 7025–91 «Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости») полученных керамических изделий с матричной структурой проводилось в

аккредитованной заводской лаборатории. Для испытаний было отобрано по 25 кирпичей каждого состава. Результаты исследований их физико-механических свойств приведены в табл. 2.

В результате анализа основных свойств стеновой керамики по ГОСТ 530–2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» установлено, что кирпич из глины с марганцевым концентратом в среднем выдерживает максимальные сжимающие и изгибающие напряжения до 15 и 2,1 МПа соответственно. Имея среднюю плотность около 1800 кг/м³, изделия обладают водопоглощением до 12,5% и выдерживают не менее 50 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Испытания образцов из шламистых железорудных отходов, глины и ванадиевого шлака продемонстрировали лучшие характеристики: прочность при сжатии и изгибе – 21,1 и 4,7 МПа соответственно; средняя плотность – 2020 кг/м³; водопоглощение – до 10%; морозостойкость – свыше 75 циклов. Такие свойства кирпича связаны прежде всего со взаимодействием содержащихся в шихте пентаоксида ванадия и закиси железа, которое катализирует процессы образования новых минеральных фаз и обеспечивает смещение интервала спекания керамического матричного композита в область более низкой температуры [18].

Таблица 2
Table 2

**Физико-механические свойства керамического кирпича объемного окрашивания
с матричной структурой из природного и техногенного сырья**
**Physical and mechanical properties of volume-stained ceramic bricks with a matrix structure
from natural and technogenic raw materials**

№ кирпича для испытания	Предел прочности, МПа		Средняя плотность, кг/м³	Водопоглощение, %	Морозостойкость, циклов
	при сжатии	при изгибе			
Шихта с марганецсодержащей техногенной добавкой					
2-1	14,4	2	1780	12,8	50
2-2	15,2	2,2	1820	12,3	50
2-3	15,6	2,3	1840	12,2	50
2-4	15	2,1	1810	12,3	50
2-5	14,8	2,1	1790	12,5	50
Среднее	15	2,1	1810	12,4	50
Шихта с ванадийсодержащей техногенной добавкой					
3-1	20,6	4,5	1990	9,8	75
3-2	21,8	4,8	2040	9,3	75
3-3	19,9	4,5	1970	9,8	75
3-4	21	4,6	2030	9,5	75
3-5	22,2	5	2050	9,4	75
Среднее	21,1	4,7	2020	9,6	75

Поскольку для окрашивания керамических шихт использовались техногенные продукты, дополнительно были проведены исследования кирпича на соответствие гигиеническим нормативам по ГОСТ 30108–94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов». Исследования по радиационной безопасности выполнялись в аккредитованном испытательном лабораторном центре Новокузнецкого филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области» (протокол № 46216 от 25.12.2020 г.). Результаты анализа показали, что по суммарной удельной эффективной активности естественных радионуклидов (135 Бк/кг) изделия стеновой керамики относятся к первому классу и могут быть использованы во всех видах строительства без ограничений.

По результатам опытно-промышленной апробации были разработаны технологическая схема (рис. 3) и регламент на проектирование производства керамического кирпича объемного окрашивания из глины и марганцевого концентрата в г. Новокузнецке (Кузбасс). Годовая мощность проектируемой производственной линии составляет 20 млн шт. кирпича при круглогодичном режиме работы предприятия.

Согласно технологическому регламенту, полный цикл получения стеновой керамики предусматривает семь основных этапов:

1) *добыча глинистой породы* в карьере экскаватором, ее доставка автосамосвалами на завод и хранение в глинозапаснике для обеспечения подсушки,

вылеживания, а также защиты от попадания атмосферных осадков и промерзания в зимний период;

2) *первичная переработка глинистого сырья*, включая предварительное выделение каменистых включений и дробление на валковых дробилках СМК-1198 и СМ-1096;

3) *вторичная переработка глины*, включая сушку, помол в измельчительно-сепарационной установке, доставку пневмотранспортом и хранение в силосах запаса;

4) *доставка на завод, сушка в барабанной сушилке* и размещение марганцевого концентрата в силосах запаса (годовая потребность в добавке – 8,1 тыс. т);

5) *получение пресс-порошка* путем дозированной весовой подачи, увлажнения и агрегации глины в турболопастных смесителях-грануляторах периодического действия ТЛ-150 с дальнейшим опудриванием гранул марганцевым концентратом в тарельчатых грануляторах Т-300 до размера 1–3 мм фактической влажностью 11–12%;

6) *полусухое прессование* кирпича-сырца формата 1НФ на прессе СМК-491 при удельном давлении 14–16 МПа (производительность – 20,5 млн шт./г) и укладка автоматом-садчиком в транспортные пакеты;

7) *сушка и обжиг керамического кирпича* в туннельной печи при максимальной температуре 1000°C.

Обожженный кирпич на выходе из туннельной печи забирается на транспортную вагонетку, с помощью которой доставляется к месту автоматического формирования готовых пакетов с обвязкой стальной лентой и упаковкой в термоусадочную пленку. Товарные пакеты кирпича доставляются вилочным

погрузчиком на склад готовой продукции, где хранятся до момента реализации.

Заключение

В результате опытно-промышленной апробации подтверждена эффективность технологии керамического кирпича объемного окрашивания с матричной структурой на основе природного и техногенного сырья.

Использование гранулированных шихт с марганец- или ванадийсодержащими техногенными красящими добавками обеспечивает выраженную объемную окраску керамического кирпича соответственно в коричневый и темно-серый цвета. При этом изделия отвечают требованиям ГОСТ для марок 150–200: кирпич пустотелый, одинарный, разме-

ра 1НФ; марка по прочности изделий – М150–200; класс средней плотности – 2; марка по морозостойкости – F50–75.

По результатам опытно-промышленных испытаний технологии стеновой керамики объемного окрашивания с матричной структурой разработан технологический регламент на проектирование производства объемно-окрашенного керамического кирпича из глины и марганцевого концентрата в г. Новокузнецке (Кузбасс) мощностью 20 млн шт./г.

Реализация технологии, разработанной авторами, позволит использовать марганецсодержащие попутные продукты для объемного окрашивания стеновой керамики и обеспечить выпуск недорогого строительного материала, востребованного на современном отечественном рынке.

Список литературы

1. Пищ И.В., Масленникова Г.Н., Гвоздева Н.А., Климош Ю.А., Барановская Е.И. Методы окрашивания керамического кирпича // *Стекло и керамика*. 2007. № 8. С. 15–18.
2. Зубехин А.П., Яценко Н.Д., Голованова С.П. Теоретические основы белизны и окрашивания керамики и портландцемента. М.: Стройматериалы, 2014. 152 с.
3. Molinari C., Conte S., Zanelli C., Ardit M., Cruciani G., Dondi M. Ceramic pigments and dyes beyond the inkjet revolution: From technological requirements to constraints in colorant design // *Ceramics International*. 2020. Vol. 46. Iss. 14, pp. 21839–21872. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.05.302>
4. Händle F. Extrusion in Ceramics. Berlin: Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. 413 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-27102-4>
5. Столбоушкин А.Ю., Акст Д.В., Сыромясов В.А., Иванов А.И., Щербинина Е.О. Влияние способа формования на декоративные свойства при объемном окрашивании керамических образцов // *Труды НГАСУ*. 2016. Т. 19. № 2 (62). С. 138–144.
6. Шлегель И.Ф., Шаевич Г.Я., Андрианов А.В., Рукавицын А.В., Кукушкин В.А., Молодкина Л.Н., Носков А.В. Опыт реконструкции завода для выпуска объемно-окрашенного кирпича // *Строительные материалы: Technology*. 2012. № 5. С. 44–45.
7. Гуров Н.Г., Гурова О.Е., Стороженко Г.И. Инновационные направления технологической и аппаратурной реконструкции заводов полусухого прессования // *Строительные материалы*. 2013. № 12. С. 52–55.
8. Юшкевич М.О., Роговой М.И. Технология керамики. М.: Книга по Требованию, 2012. 348 с.
9. Черкасов С.В., Турченко А.Е., Степанова М.П., Шелковникова Т.И. Формирование структуры керамического кирпича при жестком и пластиче-

References

1. Pishch I.V., Maslennikova G.N., Gvozdeva N.A., Klimosh Yu.A., Baranovskaya E.I. Methods for ceramic bricks staining. *Steklo i keramika*. 2007. No. 8, pp. 15–18. (In Russian).
2. Zubekhin A.P., Yatsenko N.D., Golovanova S.P. Teoreticheskie osnovy belizny i okrashivaniya keramiki i portlandtsementa [Theoretical basis of whiteness and coloring of ceramics and Portland cement]. Moscow: Stroymaterialy. 2012. 152 p.
3. Molinari C., Conte S., Zanelli C., Ardit M., Cruciani G., Dondi M. Ceramic pigments and dyes beyond the inkjet revolution: From technological requirements to constraints in colorant design. *Ceramics International*. 2020. Vol. 46. Iss. 14, pp. 21839–21872. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.05.302>
4. Händle F. Extrusion in Ceramics. Berlin: Springer, Berlin, Heidelberg. 2007. 413 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-27102-4>
5. Stolboushkin A.Yu., Akst D.V., Syromyasov V.A., Ivanov A.I., Shcherbinina E.O. Influence of the molding method on decorative properties during volume coloring of ceramic samples. *Trudy NGASU*. 2016. Vol. 19. No. 2 (62), pp. 138–144. (In Russian).
6. Shlegel' I.F., Shaevich G.Ya., Andrianov A.V., Rukavitsyn A.V., Kukushkin V.A., Molodkina L.N., Noskov A.V. The experience in the reconstruction of a factory of volume colored brick. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 5, pp. 44–45. (In Russian).
7. Gurov N.G., Gurova O.E., Storozhenko G.I. Innovative directions of technological and instrumental reconstruction of semi-dry pressing plants. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 12, pp. 52–55. (In Russian).
8. Yushkevich M.O., Rogovoi M.I. Tekhnologiya keramiki [Technology of ceramics]. Moscow: Kniga po trebovaniyu. 2012. 348 p.
9. Cherkasov S.V., Turchenko A.E., Stepanova M.P., Shelkovnikova T.I. Formation of the ceramic bricks

- ском способах формования // *Химия, физика и механика материалов*. 2018. № 1 (16). С. 33–44.
10. Галицкий С.Я., Галицкий К.С., Назаров М.А. Математическое моделирование формования керамической массы в шнековом прессе как объекта автоматизации производства кирпича // *Промышленное и гражданское строительство*. 2014. № 3. С. 25–29.
 11. Nicolas M.F., Vlasova M., Aguilar P.A.M., Kakazey M., Cano M.M.C., Matus R.A., Puig T.P. Development of an energy-saving technology for sintering of bricks from high-siliceous clay by the plastic molding method // *Construction and Building Materials*. 2020. Vol. 242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118142>
 12. Wiemes L., Pawlowsky U., Mymrin V. Incorporation of industrial wastes as raw materials in brick's formulation // *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 142, pp. 69–77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.174>
 13. Столбоушкин 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>
 14. Акст Д.В., Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А. Расчет состава гранулированных шихт для декоративной стеновой керамики // *Строительные материалы*. 2020. № 12. С. 25–33. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-787-12-25-33>
 15. 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.
 16. Патент РФ 2641533. Способ получения сырьевой смеси для декоративной стеновой керамики / Столбоушкин А.Ю., Акст Д.В., Иванов А.И., Фомина О.А., Сыромясов В.А. Заявл. 01.12.2016. Опубл. 18.01.2018. Бюл. № 2.
 17. 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. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2017-746-3-90-95>
 18. Badge S.K., Deshpande A.V. Effect of vanadium doping on structural, dielectric and ferroelectric properties of bismuth titanate ($\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$) ceramics // *Ceramics International*. 2019. Vol. 45, Iss. 12, pp. 15307–15313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.05.021>
 - structure with rigid and plastic molding methods. *Khimiya, fizika i mekhanika materialov*. 2018. No. 1 (16), pp. 33–44. (In Russian).
 10. Galitskov S.Ya., Galitskov K.S., Nazarov M.A. Mathematical modeling of ceramic mass molding in a screw press as an object of brick production automation. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2014. No. 3, pp. 25–29. (In Russian).
 11. Nicolas M.F., Vlasova M., Aguilar P.A.M., Kakazey M., Cano M.M.C., Matus R.A., Puig T.P. Development of an energy-saving technology for sintering of bricks from high-siliceous clay by the plastic molding method. *Construction and Building Materials*. 2020. Vol. 242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118142>
 12. Wiemes L., Pawlowsky U., Mymrin V. Incorporation of industrial wastes as raw materials in brick's formulation. *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 142, pp. 69–77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.174>
 13. Stolboushkin 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>
 14. Akst D.V., Stolboushkin A.Yu., Fomina O.A. Calculation of the composition of granular charges for decorative wall ceramics. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 12, pp. 25–33. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-787-12-25-33>
 15. Patent RF 2701657. *Sposob polucheniya syr'evoi smesi dlya dekorativnoi stroitel'noi 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).
 16. Patent RF 2641533. *Sposob poluchenii syr'evoi smesi dlya dekorativnoi stenovoi keramiki* [The method of obtaining a raw mix for decorative wall ceramics]. Stolboushkin A.Yu., Akst D.V., Ivanov A.I., Fomina O.A., Syromyasov V.A. Declared 01.12.2016. Published 18.01.2018. Bulletin No. 2. (In Russian).
 17. 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. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2017-746-3-90-95> (In Russian).
 18. Badge S.K., Deshpande A.V. Effect of vanadium doping on structural, dielectric and ferroelectric properties of bismuth titanate ($\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$) ceramics. *Ceramics International*. 2019. Vol. 45, Iss. 12, pp. 15307–15313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.05.021>