

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ[®] №8

ISSN 0585-430X



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 1955 г.

WWW.RIFSM.RU

АВГУСТ 2016 г. (740)



ИН КЕРАМ
ИНДУСТРИЯ КЕРАМИКИ

ООО «ИНКЕРАМ» 117418 МОСКВА – Нахимовский проспект, 47 К.322.
Тел.: (499) 125 52 50, 125 54 12, 125 85 44, 129 08 44, Факс: (499) 125 32 92, 125 84 20
E-mail: inkeram@inkeram.ru, www.inkeram.ru

ВАШ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР
В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ
www.sacmiheavyclay.com



СТРОИТЕЛЬСТВО 2016

Межрегиональная специализированная ВЫСТАВКА-ПРАКТИКУМ

B2G | B2B | B2C

26-27 ОКТЯБРЯ
Воронеж



Место проведения:
Воронежский государственный
архитектурно-строительный
университет

(473) 2-512-012
www.veta.ru



Вета
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР

XVII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОСЕННИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

13-16
сентября

2016
КАЗАНЬ

XVIII специализированная выставка
ЖИЛИЩЕ

X специализированная выставка
**ИНЖЕНЕРНЫЕ
КОММУНИКАЦИИ
ЗДАНИЙ
И СООРУЖЕНИЙ**

Выставочный центр "Казанская ярмарка"
Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8,
т./ ф.: (843) 570-51-07, 570-51-11, e-mail: d4@expokazan.ru,
www.expohouse.ru, www.expokazan.ru



HRIZOPRO

Мы вышли на международный уровень

HRIZOPRO

ДОРОГИ ВЫСОКИХ ДОСТИЖЕНИЙ

САМАЯ ИННОВАЦИОННАЯ ДОБАВКА ДЛЯ ЦМА

подробнее читайте на стр. 57

hrizopro.ru
служба клиентской поддержки 8 800 200 53 10

Учредитель журнала:
 ООО Рекламно-издательская
 фирма «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»
 Журнал зарегистрирован
 Министерством РФ по делам
 печати, телерадиовещания
 и средств массовой информации
 ПИ №77–1989
Входит в Перечень ВАК
 и государственный
 проект **РИНЦ**

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

№8

Основан в 1955 г.

(740) август 2016 г.

Главный редактор:

ЮМАШЕВА Е.И.,
 инженер-химик-технолог,
 почетный строитель России

Редакционный совет:

РЕСИН В.И.,
 председатель, д-р экон. наук,
 профессор, академик РААСН (Москва)

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

БУТКЕВИЧ Г.Р.,
 канд. техн. наук, член правления
 Ассоциации «Недра» (Москва)

ВАЙСБЕРГ Л.А.,
 д-р техн. наук, профессор,
 член-корреспондент 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)

ЖУРАВЛЕВ А.А.,
 Президент Ассоциации «Недра» (Москва)

КОРОЛЕВ Е.В.,
 д-р техн. наук, профессор (Москва)

КРАСОВИЦКИЙ Ю.В.,
 д-р техн. наук, профессор (Воронеж)

КРИВЕНКО П.В.,
 д-р техн. наук, профессор (Украина)

ЛЕОНИЧ С.Н.,
 д-р техн. наук, профессор (Беларусь)

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

ОРЕШКИН Д.В.,
 д-р техн. наук, профессор (Москва)

ПИЧУГИН А.П.,
 д-р техн. наук, профессор
 (Новосибирск)

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

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

ФИШЕР Х.-Б.,
 доктор-инженер (Германия)

ХЕЛМИ Ш.С.,
 канд. техн. наук (Египет)

ХОЗИН В.Г.,
 д-р техн. наук, профессор (Казань)

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

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)

Керамические строительные материалы

**XIV Международная научно-практическая конференция
 «Развитие керамической промышленности России:
 КЕРАМТЭК-2016» состоялась в Челябинске (Информация) 4**

А.А. СЕМЁНОВ

О состоянии отечественного рынка керамических стеновых материалов. 9

**Воротынскому кирпичному заводу
 (ОАО «Стройполимеркерамика») 70 лет (Информация) 16**

А.Ю. СТОЛБОУШКИН, Г.И. БЕРДОВ, В.И. ВЕРЕЩАГИН, О.А. ФОМИНА

**Керамические стеновые материалы матричной структуры на основе
 неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья 19**

**Г.И. ЯКОВЛЕВ, Ю.Н. ГИНЧИЦКАЯ, О. КИЗИНИЕВИЧ,
 В. КИЗИНИЕВИЧ, А.Ф. ГОРДИНА**

**Влияние дисперсий многослойных углеродных нанотрубок
 на физико-механические характеристики
 и структуру строительной керамики 25**

Дню строителя в России 60 лет (Информация) 30

Строймастер 2016 (Информация) 31

А.М. САЛАХОВ, В.П. МОРОЗОВ, Д.В. НАЙМАРК, А.А. ЕСКИН

**Оптимизация режима обжига лицевого кирпича светлых тонов
 на заводе ОАО «Керма» 32**

«КНАУФ ГИПС Кунгур» отметил 15-летие (Информация) 38

Е.Н. ПЕРМЯКОВ, А.В. КОРНИЛОВ, Р.К. САДЫКОВ, С.В. МОРОЗОВА

**Кислотоупорные керамические изделия на основе
 кирпично-черепичных глин Республики Татарстан 40**

Н.П. УМНЯКОВА

**Расчет колебаний температуры в кирпичной облицовке трехслойных стен
 на основе почасовых параметров типового климатического года 45**

Материалы и конструкции

Конференция по газобетону в Минске (Информация) 51

А.Ш. КАСУМОВ, Е.Г. ВЕЛИЧКО

Разработка рациональных параметров компонентов состава пенобетона 52

Опыт дорожных строителей Канады (Информация) 57

**Гипсоволокнистый КНАУФ-суперлист – отделочный материал
 для серьезных задач (Информация) 58**

Ю.В. ПУХАРЕНКО, С.А. ЧЕРЕВКО

Вяжущие системы на основе солевого шлака 60

А.А. ЛУКАШ

Клееный арболит из древесины мягких лиственных пород 63

© ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,
 журнал «Строительные материалы»®, 2016

Адрес редакции: Россия, 127434, Москва,
 Дмитровское ш., д. 9, стр. 3
Тел./факс: (499) 976-22-08, (499) 976-20-36
E-mail: mail@rifsm.ru <http://www.rifsm.ru>

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»
Advertising-Publishing Firm, OOO

The journal is registered
by the RF Ministry of Press,
Broadcasting and Mass
Communications,
PI № 77–1989

Monthly scientific-technical and industrial journal

STROITEL'NYE MATERIALY®

№8

Founded in 1955 (740) August 2016 r.

Editor-in-chief

YUMASHEVA E.,
engineer-chemist-technologist,
Honorary Builder of Russia

Editorial Board

RESIN V.,
Chairman, Doctor of Sciences (Economy),
Professor (Moscow)

BUR'YANOV A.,
Doctor of Sciences (Engineering), Director
of the Russian Association of gypsum
(Moscow)

BUTKEVICH G.,
Candidate of Sciences (Engineering),
member of the Board of Association
«Nedra» (Moscow)

VAYSBERG L.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Corresponding Member of RAS
(St. Petersburg)

VERESHCHAGIN V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Tomsk)

GORIN V.,
Candidate of Sciences (Engineering),
President of the Union of Haydite and
Haydite Concrete Producers (Samara)

ZHURAVLEV A.,
President of the Association «Nedra»
(Moscow);

KOROLEV E.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Moscow)

KRASOVITSKY Yu.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Voronezh)

KRIVENKO P.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Ukraine)

LEONOVICH S.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Belarus, Minsk)

LESOVIK V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Corresponding Member of RAACS
(Belgorod)

ORESHKIN D.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Moscow)

PICHUGIN A.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor, Member of the Russian Academy
of Natural Sciences (Novosibirsk),

PUKHARENKO Yu.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (St. Petersburg)

FEDOSOV S.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor, Academician of RAACS (Ivanovo)

FISHER H.-B.,
Doctor-Engineer (Germany, Weimar)

KHELMI Sh. S.,
Candidate of Sciences (Engineering)
(Egypt, Cairo)

KHOZIN V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Kazan)

CHERNYSHOV E.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor, Academician of RAACS
(Voronezh)

SHLEGEL I.,
Candidate of Sciences (Engineering),
OOO «INTA-Stroy» (Omsk)

SHTACKELBERG D.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Israel)

YAKOVLEV G.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Izhevsk)

Ceramic building materials

XIV International Scientific and Practical Conference

«Development of Ceramic Industry of Russia: KERAMTEX-2016»

took place in Chelyabinsk (Information)4

A.A. SEMYONOV

About a Condition of the Domestic Market of Ceramic Wall Materials9

Vorotynskiy Brick Factory (JSC «Stroypolimerkeramika»): 70 years (Information)16

A.Yu. STOLBOUSHKIN, G.I. BERDOV, V.I. VERESHCHAGIN, O.A. FOMINA

Ceramic Wall Materials with Matrix Structure Based on Non-Sintering
Stiff Technogenic and Natural Raw Materials19

G.I. YAKOVLEV, Yu.N. GINCHITSKAYA, O. KIZIEVICH,
V. KIZINIEVICH, A.F. GORDINA

Influence of Dispersions of Multilayer Carbon Nano-Tubes
on Physical-Mechanical Characteristics and Structure
of Building Ceramics.25

The Day of Builder in Russia 60 Years (Information)30

Stroymaster 2016 (Information)31

A.M. SALAKHOV, V.P. MOROZOV, D.V. NAYMARK, A.A. ESKIN

Optimization of Burning Conditions of Facing Brick
of Light Tone at OAO «Kerma» Plant32

«Knauf Gips Kungur» Celebrated its 15th Anniversary (Information)38

E.N. PERMYAKOV, A.V. KORNILOV, R.K. SADYKOV, S.V. MOROZOVA

Acid-Resistant Ceramic Products Based on the Brick-Tile Clays
of the Republic of Tatarstan40

N.P. UMNYAKOVA

Calculation of Temperature Fluctuations in Brick
Facing of Three-Layer Walls on the Basis of Hourly Parameters
of a Standard Climatic Year45

Materials and structures

Conference on Gas Concrete in Minsk (Information)51

E.G. VELICHKO, A.Sh. KASUMOV

Development of Rational Parameters of Components
of Foam Concrete Composition.52

Experience Canada's Road Builders (Information)57

Gypsum Fiber KNAUF Super Sheet – Decorative Material
for Serious Tasks (Information)58

Yu. V. PUKHARENKO, S.A. CHEREVKO

Binding System on the Basis of Salt Slag60

A.A. LUKASH

Glued Wood Concrete from Timber of Soft Broadleaved Species63

Строительные материалы № 8

С.Н. ЛЕОНОВИЧ, Н.Л. ПОЛЕЙКО

Эксплуатационные характеристики бетона на заполнителе из осадочных горных пород 66

В.С. ИЗOTOB, P.X. МУХАМЕТРАХИМОВ, А.Р. ГАЛАУТДИНОВ

Комплексная добавка для повышения эффективности гипсоцементно-пуццоланового вяжущего 70

С.-А.Ю. МУРТАЗАЕВ, М.Ш. САЛАМАНОВА, Р.Г. БИСУЛТАНОВ, Т.С.-А. МУРТАЗАЕВА

Высококачественные модифицированные бетоны с использованием вяжущего на основе реакционно-активного минерального компонента 74

Б.П. ЮРЬЕВ, В.А. ГОЛЬЦЕВ, В.А. МАЛЬЦЕВ, В.А. САВИН

Сушка хризотилевой руды в вертикальных аппаратах шахтного типа 80

Stroitel'nye Materialy No. 8

S.N. LEONOVICH, N.L. POLEYKO

Operating Characteristics of Concrete with a Filler from Secondary Rocks 66

V.S. IZOTOV, R.Kh. MUKHAMETRAKHIMOV, A.R. GALAUTDINOV

A Complex Additive for Improving Efficiency of a Gypsum-Cement-Pozzolan Binder 70

S.-A.Yu. MURTAZAEV, M.Sh. SALAMANOVA, R.G. BISULTANOV, T. S.-A. MURTAZAEVA

High-Quality Modified Concretes with the Use of a Binder on the Basis of a Reaction-Active Mineral Component 74

B.P. JUR'EV, V.A. GOL'CEV, V.A. MAL'CEV, V.A. SAVIN

Drying of Asbestos Ore in Vertical Shaft Type Devices 80

Уважаемые коллеги!

Подписку на журнал «Строительные материалы»®
всегда можно оформить через редакцию.

Для этого необходимо прислать заявку в произвольной форме
по тел./факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36 или по эл. почте: mail@rifsm.ru.

В заявке надо указать название организации (для выставления счета),
юридический и почтовый адреса, телефон и контактное лицо.

Открыта **подписка на электронную версию** журнала:

<http://rifsm.ru/page/5/>



На почте подписку можно оформить:

По объединенному каталогу «Пресса России»

индекс **70886**



По каталогу агентства «Роспечать»

индекс **79809**

Оставайтесь
с нами!



XIV Международная научно-практическая конференция «Развитие керамической промышленности России: KERAMTAKS-2016» состоялась в Челябинске

1–2 июня 2016 г. в Челябинске на базе гранд отеля «Видгоф» в четырнадцатый раз состоялась Международная научно-практическая конференция «Развитие керамической промышленности России: KERAMTAKS-2016». В этом году на мероприятие приехали более 180 руководителей и ведущих специалистов кирпичных заводов, машиностроительных и инжиниринговых компаний, ученых исследовательских организаций и учебных институтов, представители коммерческих организаций из 27 регионов России и 11 зарубежных стран. От администрации Челябинской области участников конференции приветствовал министр строительства и инфраструктуры Виктор Александрович Тупикин. Традиционные технические туры состоялись на карьер Челябинского рудоуправления и кирпичный завод «КЕММА».



Генеральным спонсором конференции, как и все предыдущие 13 раз, стало ООО «ЛСР. Стеновые». Поддержку конференции также оказала немецкая компания «ЛИНГЛ» (LINGL), оборудование которой установлено на заводе «КЕММА».

Учитывая всегда очень плотный график работы конференции, в этом году ее участники смогли начать активное деловое общение

буквально с момента регистрации благодаря испанской компании «ФОРГЕСТАЛ» (FORGESTAL) – производителю высококачественных огнеупоров, обеспечившей проведение регистрации в новом формате.

С 2008 г. конференция KERAMTAKS ежегодно меняет место дислокации. Ее участники познакомились с предприятиями Санкт-Петербурга, Казани, Краснодара, Ростова-на-Дону, Ярославля. Местом проведения KERAMTAKS-2016 не случайно был выбран Челябинск.

Челябинск – один из самых крупных городов России, по числу жителей (около 1,2 млн чел.) он занимает седьмое место. Челябинск расположен на геологической границе Урала и Сибири, на восточном склоне Уральских гор, и носит неофициальный статус столицы Южного Урала.

Основанный в 1736 г. как крепость, Челябинск к XIX в. стал крупным торговым центром Урала, а после строительства в 1892 г. железной дороги – всей России. Активное строительство промышленных предприятий в годы первых пятилеток вывели Челябинск в ряд крупнейших промышленных центров. Во время Великой Отечественной войны сюда

были эвакуированы более 200 заводов. Тогда Челябинск стали называть, да и сейчас называют, Танкоградом. После соединения мощностей Челябинского тракторного завода с двумя эвакуированными предприятиями — ленинградским Кировским и Харьковским моторостроительным, огромное производство переключилось на выпуск танков. Массовое производство танков Т-34 было освоено всего за 33 дня! Впервые в мировой практике танкостроения сборка среднего танка была поставлена на конвейер. За период Великой Отечественной Войны в Челябинске было выпущено 60 тыс. танковых дизелей. С 1943 г. на ЧТЗ выпускались самоходно-артиллерийские установки СУ-152, а затем и ИСУ-152. Всего за годы войны на заводе было произведено 18 тыс. боевых машин, что составляет пятую часть от всех выпущенных в стране. На заводе им. Д. В. Колющенко было освоено производство установки БМ-13 — знаменитых «Катюш».

В 2015 г. накануне празднования 70-летия Победы в Великой Отечественной войне городу было присвоено почетное звание «Город Трудовой Доблести и Славы».

Поскольку строительство промышленных предприятий и объектов инфраструктуры города и области требовало большого количества строительных материалов, неудивительно, что в Челябинской области издавна развивалось производство керамического кирпича. Кроме того, относительно недалеко от города находится Челябинское рудоуправление – одно из старейших предприятий отрасли, добывающее огнеупорные, беложгущиеся керамические, формовочные глины и формовочные пески. Сырье, выпускаемое Челябинским рудоуправлением, уникально по стабильности химического состава и физическим свойствам среди аналогичной продукции, производимой на Урале. Все это привело KERAMTAKS на Урал.

Естественно, делегация Челябинской области была на конференции самой многочисленной и включала руководителей пяти кирпичных заводов.





В.А. Тупикин, министр строительства и инфраструктуры Челябинской обл., приветствуя участников конференции отметил, что Челябинская обл., являясь одним из лидеров в различных отраслях промышленности, в настоящее время большое внимание уделяет модернизации и созданию современной инфраструктуры и социального сектора. Реализуются целевые программы «Доступное и комфортное жилье – гражданам России», «Жилье для российской семьи», ликвидации аварийного жилищного фонда. Действует программа развития предприятий промышленности строительных материалов и индустриального домостроения области на 2012–2020 гг. Область практически полностью обеспечивает себя строительными материалами, за исключением стекла. Керамический кирпич производится более чем на 10 заводах, суммарная мощность которых порядка 350 млн шт. усл. кирпича в год. Самым крупным предприятием является ООО «КЕММА». Министерство находится в тесном контакте с такими предприятиями, чья продукция и подход к делу основывается на принципах экологичности, энергоэффективности и социальной ответственности, являющихся залогом инновационного развития региона в целом.



Объединение профессионалов гарантирует успех – девиз КЕРАМТЭКСа, написанный на памятном знаке, вручаемом предприятиям, которые принимают участников конференции. В этом году коллеги аплодисментами благодарили генерального директора ООО УК «КЕММА» Ивана Владимировича Горнова за гостеприимство.

В рамках технического тура участники конференции посетили **Челябинский завод стройиндустрии «КЕММА»** – одно из крупнейших в России предприятий по производству керамического блока и кирпича различной цветовой гаммы. Он был введен в эксплуатацию в 1988 г. и за прошедшие годы пережил несколько этапов модернизации. В 2013–2014 гг. на предприятии была проведена глобальная реконструкция, установлено технологическое оборудование пятого поколения. Новая технологическая линия поставлена фирмой «ЛИНГЛ».

За почти 30-летнюю историю, предприятие выпустило около 2 млрд шт. кирпича, что позволило построить около 5 млн. м² жилых и производственных помещений.

В настоящее время производственная мощность ООО «КЕММА» составляет около 110 млн. шт. усл. кирпича в год.



Оснащению научно-исследовательской лаборатории завода «КЕММА» может позавидовать любой научный институт. Ею руководит канд. физ.-мат. наук Владислав Юрьевич Рябышев (в центре). Благодаря исследованиям, проводимым сотрудниками лаборатории под его руководством, на предприятии поддерживается низкий коэффициент брака продукции, постоянно расширяется ее ассортимент, повышается эффективность использования сырья. Кроме того, в лаборатории смонтированы установки для теплотехнических и акустических исследований кладки. Во время экскурсии на завод лаборатория вызвала огромный интерес у участников конференции.



Сырье — начало всей керамической технологии. Поэтому поездки на карьеры участники конференции всегда ждут с нетерпением. Поскольку многие российские предприятия расширяют ассортимент за счет выпуска объемноокрашенного кирпича и кирпича светлых тонов, то возникает необходимость введения в технологию различных добавок, а том числе тугоплавких и беложгущихся глин. Месторождений такого сырья в нашей стране немного. Одно из них НП «Челябинское рудоуправление», которому в 2016 г. исполнилось 90 лет. Не будем пересказывать статью об этом предприятии, опубликованную в журнале «Строительные материалы» №4–2016 г., напомним лишь, что глины Нижне-Увельского месторождения в настоящее время все шире применяются в кирпичном производстве.



А.Д. Петелин, генеральный директор НП «Челябинское рудоуправление» (справа), о своих карьерах, технике, химическом составе глин знает буквально все.

Во время пленарного заседания было заслушано около 30 докладов, освещающих все аспекты производства и применения керамических стеновых материалов от массоподготовки до упаковки готовой продукции. Отрадно, что увеличилось количество докладов российских научно-исследовательских и инжиниринговых организаций.

Например, **Р.Я. Ахтямов**, генеральный директор УралНИИИстром, представил новые разработки института для керамической промышленности, в том числе реализованные на предприятиях отрасли. Также не теряет актуальности и пользуется спросом разработка института – организация участков изготовления блоков из жаростойкого бетона для футеровки вагонеток.



В российском представительстве немецкой компании «ХЕНДЛЕ-БРАУН» произошли кадровые изменения. На КЕРАМТЭКСе был представлен новый директор российской компании ООО «ХЕНДЛЕ-БРАУН» Л.Г. Петров (слева). Вместе с региональным менеджером по сбыту Ш. Фидлером они сделали доклад об эффективных решениях по очистке глины в процессе массоподготовки



Менеджеры проектов компании «ЛИНГЛ» Т. Дизенбахер и И. Альберт (справа) представили на суд коллег новые системы управления печей и сушилок, а также рассказали о реализации проекта реконструкции завода «КЕММА»



В непростой экономической ситуации все участники конференции, конечно, ждали доклада А.А. Семёнова, ген. директора ООО «ГС-Эксперт», об общей ситуации на кирпичном рынке страны и перспективах его развития на ближайшие годы (подробнее см. статью на стр. 9-14)

«ЛСР. Стеновые» – самый крупный российский производитель клинкерной керамики в России. Э.Г. Саенко, коммерческий директор, рассказал о развитии данного производства в связи с реализацией крупного девелоперского проекта в Москве, на территории бывшего завода ЗИЛ, где будет построено более 1,5 млн м² недвижимости, в том числе 950 тыс. м² жилья, а также объекты социально-бытовой и культурной инфраструктуры. Для отделки фасадов зданий разработаны новые форматы кирпича, новые цвета и фактуры



Дискуссии в рамках конференции – отличительная черта КЕРАМТЭКСа





Многие годы ведутся дискуссии о преимуществах пластичного и компрессионного способов формования стеновой керамики. В этом году сотрудники ИТ СО РАН д-р техн. наук. А.Ю. Столбоушкин и А.И. Иванов (на фото) представили доклад о рациональных способах массоподготовки сырья в технологии стеновой керамики компрессионного формования, применение которых открывает перспективы использования крупнотоннажных отходов металлургических производств в производстве строительных материалов

В.В. Курносов, генеральный директор ООО «КОМАС», последнее время не часто радует коллег своими выступлениями. Тем интереснее было узнать о новых разработках компании – камерных печах, оснащенных рекуперативными горелками, позволяющих проводить высокоточный обжиг. Максимально возможную газоплотность рабочего пространства печи обеспечивает применение теплоизоляции из каолинового волокна в теплограждении. Широкий диапазон изменения коэффициента избытка воздуха, а также высокоэффективную рекуперацию теплоты отходящих дымовых газов достигается применением высокоскоростных горелок с индивидуальными рекуператорами



Т.Д. Голянский, который теперь возглавляет российское представительство немецкой компании «Гроте Рохстоф» (Grothe Rohstoffe GmbH), представил коллегам эту семейную компанию, которая в 2016 г. отметила 70-летие. За это время специалистами компании совместно с заказчиками разработано более 20 тыс. рецептов, ежегодный объем поставок составляет более 10 тыс. т ангобов и глазурей, используемых для покрытия кирпича, черепицы, клинкера, фасадных элементов и др. Отработка рецептов производится на сырье и оборудовании заказчика

Руководитель направления «специальная химия» НПО «Химсвет» С.А. Герасимов в КЕРАМТЭКСе участвует впервые. Он обратился к традиционной проблеме многих кирпичных заводов – образованию высолов на кирпичной кладке. Компания «Химсвет» предлагает для их устранения применять новую модификацию традиционного карбоната бария, но с меньшей насыпной плотностью – 0,5 г/см³. Это позволит снизить норму расхода примерно на 25%, при этом не требуется установки нового дозирующего оборудования, однако снизит уровень загрязнения воздуха в рабочей зоне



Конференция КЕРАМТЭКСа уже 14 лет является главным научно-практическим форумом российских кирпичников. На нем происходит знакомство и переговоры с поставщиками оборудования и добавок, встречи с коллегами, обмен

опытом. Здесь можно поговорить о жизни, ведь за столько лет многие коллеги стали настоящими друзьями. И конечно, побывать в новых интересных местах, познакомиться еще с одним городом нашей большой страны.

До встречи в Чебоксарах, друзья!

УДК 666.317:339.13

А.А. СЕМЁНОВ, канд. техн. наук, генеральный директор (info@gs-expert.ru)

ООО «ГС-Эксперт» (125047, г. Москва, 1-й Тверской-Ямской пер., 18, оф. 207)

О состоянии отечественного рынка керамических стеновых материалов

Проанализировано состояние рынка керамических стеновых материалов за 2015 г. Отмечено, что прогнозы развития рынка, сделанные в 2014 г., в целом подтвердились. Приведена структура керамических стеновых материалов и ее характерные изменения в условиях кризиса. Представлены аналитические материалы по выпуску крупноформатных блоков, лицевого кирпича и клинкерной продукции. Перечислены негативные и позитивные факторы, оказывающие влияние на спрос. Прогнозируется, что выход из данной фазы экономического кризиса растянется не менее чем на 3–5 лет. В сегменте керамических стеновых материалов в 2016–2017 гг. сохранится негативная динамика производства и потребления. Снижение спроса за два года может составить до 20% к уровню 2015 г.

Ключевые слова: статистика, Росстат, анализ рынка, керамические стеновые материалы, кирпич, крупноформатные блоки, клинкер.

A.A. SEMYONOV, Candidate of Sciences (Engineering), General Manager (info@gs-expert.ru)
«GS-Expert», ООО (18, office 207, the 1st Tverskoy-Yamskoy Lane, 125047, Moscow, Russian Federation)

About a Condition of the Domestic Market of Ceramic Wall Materials

The condition of the market of ceramic wall materials for 2015 is analyzed. It is noted that the forecasts of development of the market made in 2014 in general were confirmed. The structure of ceramic wall materials and its characteristic changes in crisis conditions is given. Analytical materials on release of large-format blocks, a front brick and brick production are presented. The negative and positive factors having impact on demand are listed. It is predicted that the exit from this phase of an economic crisis will stretch not less, than for 3–5 years. In a segment of ceramic wall materials in 2016–2017 negative dynamics of production and consumption will remain. Decrease in demand in two years can make to 20% to the level of 2015.

Keywords: statistics, Rosstat, analysis of the market, ceramic wall materials, brick, large-format blocks, clinker.

По данным Росстата, по состоянию на начало 2016 г. мощности действующих российских производителей керамического кирпича (без учета малых предприятий и индивидуальных предпринимателей, а также предприятий Крымского федерального округа) составляли 8711 млн шт. усл. кирпича. В 2015 г. новых производственных мощностей в стране не было введено. Однако по данным отраслевого мониторинга, осуществляемого аналитиками «ГС-Эксперт», в России в 2015 г. было введено в эксплуатацию новых производственных мощностей в объеме около 202 млн шт. усл. кирпича, в том числе 47 млн шт. усл. кирпича за счет реконструкции действующих предприятий. Таким образом, по состоянию на начало 2016 г. производственные мощности в отрасли оцениваются в 8913 млн шт. усл. кирпича (рис. 1).

За период с 2008 г. по 2016 г. суммарные производственные мощности российских заводов увеличились на 66,7%. При этом, по оценкам «ГС-Эксперт», средняя загрузка производственных мощностей в 2015 г. снизилась до 66% против 72% в 2014 г. [1].

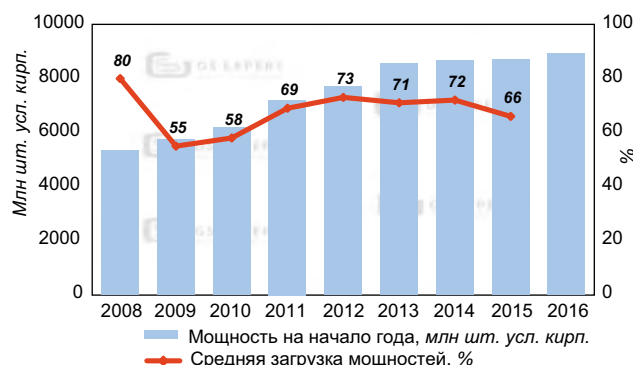


Рис. 1. Производственные мощности по выпуску керамического кирпича и их средняя загрузка в 2008–2015 гг. Источник: Росстат, оценка «ГС-Эксперт» * – предварительная оценка

Производственные мощности по выпуску керамического кирпича размещены по территории страны неравномерно. Основными регионами размещения производственных мощностей являются Центральный и Приволжский федеральные округа, на долю которых суммарно приходится свыше 53% (рис. 2).

Среди субъектов Федерации лидерами по размещению производственных мощностей являются, млн шт. усл. кирпича: Новосибирская область (813), Московская область (663), Республика Татарстан (511), Краснодарский край (398), Владимирская (388) и Ленинградская области (367).

Заводы, введенные в эксплуатацию и реконструированные в 2015 г.:

ООО «Комбинат керамических изделий» (Брянская область)

Завод расположен в г. Клины Брянской области. Строительство предприятия началось в ноябре 2011 г.,

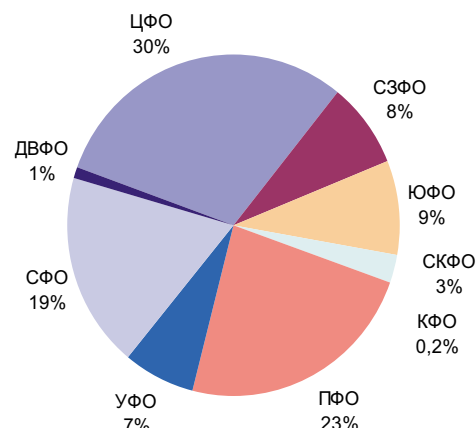


Рис. 2. Региональная структура размещения производственных мощностей по выпуску керамического кирпича в 2015 г. Источник: Росстат, оценка «ГС-Эксперт»

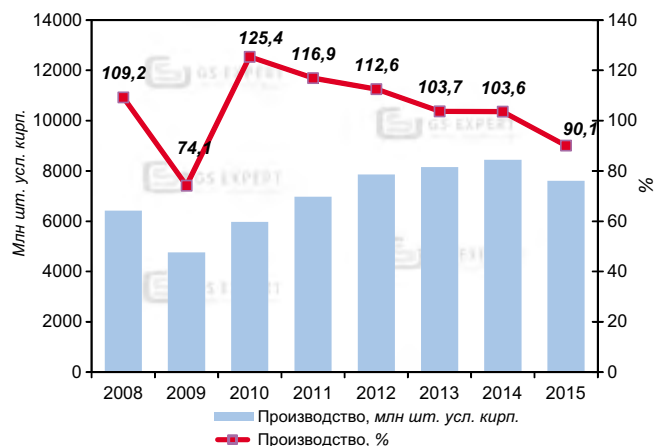


Рис. 3. Объемы и динамика производства керамических стеновых материалов в 2008–2015 гг. Источник: Росстат, данные предприятий, оценка «ГС-Эксперт»

пуск в эксплуатацию был осуществлен в марте 2015 г. На заводе установлено современное оборудование компаний ALTA (Чехия), Bongioanni (Италия), «ИНКЕРАМ» (Россия). Производственные мощности рассчитаны на выпуск 140 млн шт. усл. кирпича в год, в том числе 60 млн шт. усл. кирпича — кирпич и 80 млн шт. усл. кирпича — поризованные блоки «ТЕРМ».

ООО «Экоклинкер» (Чувашская Республика)

17 ноября 2015 г. в Новочебоксарске состоялось открытие второй линии завода по производству клинкерной брусчатки и кирпича. На линии установлено итальянское оборудование Beralmag Tecnologic S.A., позволяющее выпускать до 40 млн шт. усл. кирпича в год. До этого предприятие специализировалось на производстве фасадной клинкерной плитки и ступеней.

ООО «Тербунский гончар» (Липецкая область)

В 2015 г. ООО «Тербунский гончар» увеличило производственную мощность завода с 40 до 47 млн шт. усл. кирпича в год. Кроме того, в прошедшем году предприятие расширило линейку продукции, наладив выпуск клинкерного кирпича.

ООО «Пионер» (Республика Дагестан)

27 апреля 2015 г. открылся цех по производству керамического кирпича мощностью 15 млн шт. усл. кирпича в год. Сырьем для производства служит хасавюртовская глина.

Следует отметить, что данные по объемам производства керамического кирпича органами государственной статистики учитываются в двух товарных группах: «кирпич керамический неогнеупорный строительный» (код ОКПД 26.40.11.110) и «кирпич керамический» (код ОКПД 26.61.11.111). Данные по выпуску керамических крупноформатных блоков учитываются по товарной группе «блоки керамические строительные для обычной кладки — пустотелые или цельные готовые изделия» (код ОКПД 26.40.11.120), а также в указанных выше товарных группах. При этом ряд предприятий не предоставляет в органы государственной статистики данные об объемах производства товарной продукции либо предоставляет некорректные данные. Для уточнения реальных объемов выпуска товарной продукции специалисты «ГС-Эксперт» про-

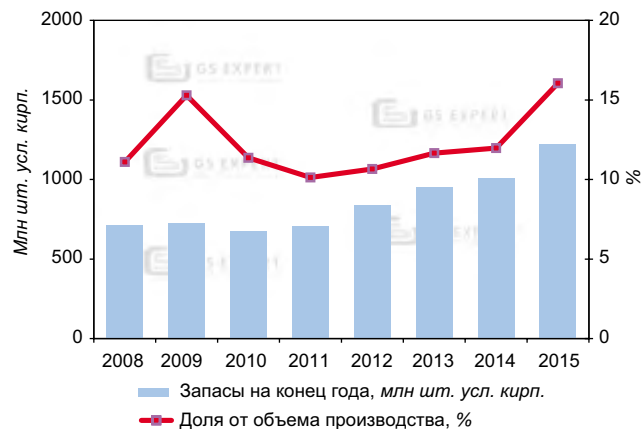


Рис. 4. Объемы и доля нереализованных складских запасов керамических стеновых материалов у производителей в 2008–2015 гг. Источник: Росстат, данные предприятий, оценка «ГС-Эксперт»

вели опросы ведущих российских производителей керамических стеновых материалов. Полученные данные и данные органов статистики отличаются как в большую, так и в меньшую стороны примерно у 10% опрошенных предприятий.

После существенного падения объемов производства керамических стеновых материалов в кризис 2009 г., начиная с 2010 г. выпуск этой продукции стал быстро восстанавливаться и уже в 2011 г. существенно превысил докризисный уровень [2]. Положительная динамика сохранялась вплоть до 2014 г., однако темпы роста производства в 2013–2014 гг. существенно снизились. По итогам 2015 г. в отрасли отмечено 10% снижение объемов производства товарной продукции впервые с 2009 г. По итогам прошедшего года в России было произведено всего 7609 млн шт. усл. кирпича товарной продукции (рис. 3).

При этом на фоне снижения спроса существенно выросли складские запасы у производителей. По итогам 2015 г. их доля достигла 16% от годового объема производства, что превысило этот показатель даже для кризисного 2009 г. (рис. 4).

По данным Росстата, в 2015 г. выпуск керамических стеновых материалов в России осуществляли 708 предприятий. При этом только 117 из них производили свыше 20 млн шт. усл. кирпича в год.

По итогам 2015 г. только шесть отечественных производителей кирпича сумели преодолеть стомиллионный рубеж (годом ранее число предприятий с объемом

Таблица 1
Товарная структура производства керамических стеновых материалов в 2014–2015 гг.

Продукция	Темпы роста производства в 2015 г., %	Доля, %		Измен., пп
		2014	2015	
Рядовой кирпич	86	64	62	-2
Лицевой кирпич	102	20	23	3
Клинкер	113	0,2	0,2	0
Камень 2,1NF	92	6	6	0
Камень >2,1NF (поризованные блоки)	93	9	9	0
Прочее	88	1	1	0
Всего	90	100	100	
Источник: оценка «ГС-Эксперт» на основе данных предприятий.				

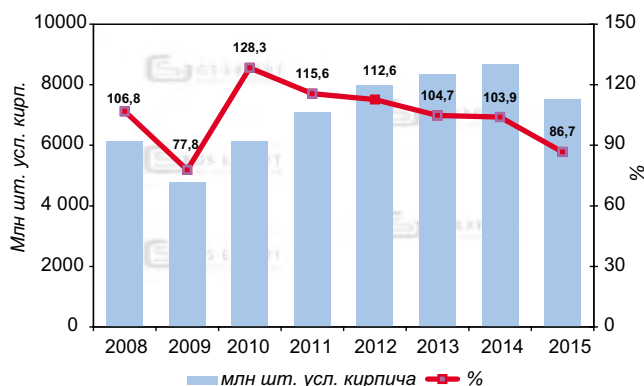


Рис. 5. Динамика изменения потребления керамических стеновых материалов в России в 2008–2015 гг. Источник: оценка «ГС-Эксперт» на основе данных Росстата и ФТС РФ

годового выпуска более 100 млн шт. усл. кирпича было в два раза больше). Объем производства еще на 25 заводах составил более 50 млн шт. усл. кирпича в год. Всего же на долю первой тридцатки кирпичных заводов (без учета вхождения в холдинги) пришлось около 31% от общего объема производства керамических стеновых материалов в России в 2015 г.

Лидером по объемам выпуска стеновых керамических материалов среди российских предприятий по итогам 2015 г. стала компания «ЛСР. Стеновые». Суммарный объем производства четырьмя заводами компании, расположенными в Санкт-Петербурге, Ленинградской и Московской областях, увеличился по итогам 2015 г. более чем на 5% и превысил 346 млн шт. усл. кирпича. На втором месте ООО «Винербергер Кирпич». Два завода компании, расположенные во Владимирской области и Республике Татарстан, в 2015 г. произвели порядка 308 млн шт. усл. кирпича товарной продукции, сократив производственные показатели на 4%. Замыкает тройку лидеров ОАО «Славянский кирпич» (Краснодарский край) с объемом производства 122 млн шт. усл. кирпича.

Для оценки товарной структуры производства был проведен опрос представителей основных действующих заводов. Вся выпускаемая продукция объединена в шесть товарных групп: кирпич рядовой, кирпич лицевой, клинкер, камни стеновые 2,1NF, камни стеновые >2,1NF (крупноформатные поризованные блоки) и прочие виды продукции (кирпич нестандартных размеров). Сводные данные об ассортименте продукции российских заводов приведены в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, товарная структура производства керамических стеновых материалов в 2015 г. претерпела существенные изменения по сравнению с 2014 г. Основной объем производимой в стране продукции по-прежнему представлен рядовым кирпичом, на долю которого приходится около 62% от общего объема производства. Однако доля данного товарного сегмента в 2015 г. снизилась на 2%. Доля производства лицевого кирпича, напротив, увеличилась на 3%.

По итогам 2015 г. только два товарных сегмента: лицевой кирпич и клинкер показали положительную производственную динамику, что соответствует прогнозным ожиданиям [3]. В остальных товарных сегментах отмечено сокращение объемов производства. Наибольшее снижение выпуска товарной продукции наблюдалось в сегменте рядового кирпича.

После резкого падения в кризисном 2009 г. начиная с 2010 г. спрос на керамические стеновые материалы в России стал быстро восстанавливаться. В 2011 г. объемы потребления этой продукции уже существенно превысили докризисный уровень. И если существенный рост

потребления в 2010 г. можно было объяснить эффектом «низкой базы» кризисного 2009 г., то в 2011–2012 гг. рост спроса на кирпич (12–15% в год) был связан в основном с активизацией жилищного строительства, в том числе и индивидуального. Однако в 2013–2014 гг. темпы роста потребления керамических стеновых материалов снизились до 4–5% в год, что обусловлено замедлением российской экономики и снижением инвестиционной активности. На фоне существенного сокращения закладки новых строительных объектов в 2015 г. спрос на керамические стеновые материалы по итогам прошедшего года упал более чем на 13% до 7,5 млрд шт. усл. кирпича (рис. 5).

Отметим, что с 2009 по 2014 г. баланс производство–потребление керамических стеновых материалов в России оставался отрицательным, т. е. спрос на эту продукцию превышал объемы ее производства в стране. Однако в 2015 г. ситуация изменилась и объемы производства существенно превысили объемы потребления, что привело к росту ее нереализованных запасов у производителей.

Доля импортной продукции на российском рынке после предыдущего кризиса стабильно возрастала и по итогам 2013 г. составила почти 4%, снизившись за последующие два года до 2,2% из-за девальвации рубля и общего падения спроса на стройматериалы в 2015 г.

При этом отечественная продукция практически не экспортируется. На долю зарубежных поставок приходилось всего около 0,2% производимых в России керамических стеновых материалов. Только в 2015 г. она выросла до 0,5% из-за благоприятной ценовой конъюнктуры.

Оценка региональной структуры потребления керамического кирпича и блоков в России проводилась на основе комплексного анализа с учетом данных об объемах производства анализируемой продукции и конкурирующих продуктов, объемах межрегиональных поставок, объемах внешнеторговых операций, объемах строительных работ, структуре строительства жилых домов по материалам стен и этажности.

В 2015 г. в семи из девяти федеральных округов наблюдался дефицит керамических стеновых материалов, покрываемый преимущественно за счет поставок из других регионов России, а также за счет импорта. Наибольшие объемы потребления керамического кирпича и блоков характерны для Центрального и Приволжского федеральных округов, на долю которых суммарно приходится более половины от общероссийского потребления этой продукции (рис. 6).

Среди отдельных субъектов Федерации крупнейшими потребителями керамических стеновых материалов в 2015 г. стали, млн шт. усл. кирпича: Московский регион (Москва и Московская область) – 946 (12,6% общерос-

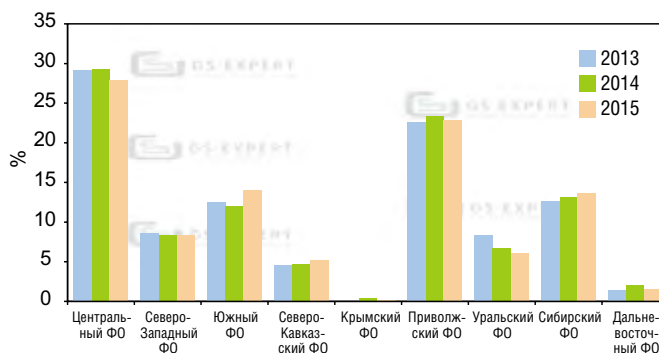


Рис. 6. Структура потребления керамических стеновых материалов в разрезе федеральных округов в 2013–2015 гг. Источник: оценка «ГС-Эксперт»

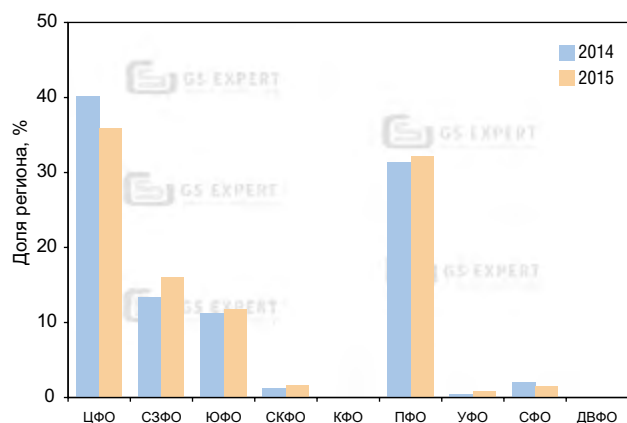


Рис. 7. Структура производства крупноформатных поризованных блоков в разрезе федеральных округов в 2014–2015 гг. Источник: оценка «ГС-Эксперт» на основе данных предприятий

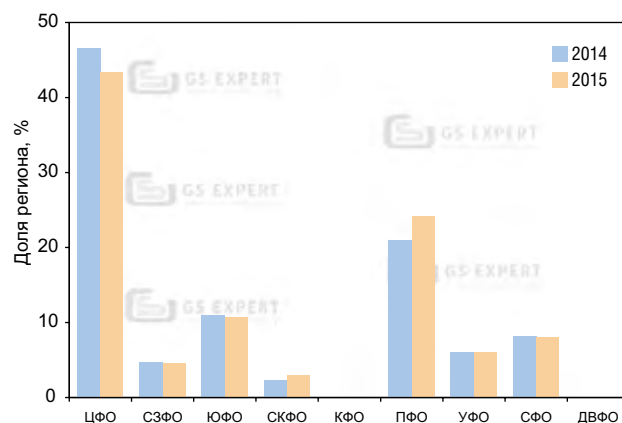


Рис. 8. Структура производства лицевого керамического кирпича в разрезе федеральных округов в 2014–2015 гг. Источник: оценка «ГС-Эксперт» на основе данных предприятий

сийского потребления), Краснодарский край – 526 (7%), Ленинградский регион (Санкт-Петербург и Ленинградская область) – 427 (5,7%), Ростовская область – 391 (5,2%), Новосибирская область – (5%), Республика Башкортостан – 345 (4,6%), Самарская область – 286 (3,8%) и Республика Татарстан – 246 (3,3%).

По итогам 2015 г. снижение объемов потребления керамических стеновых материалов отмечено во всех федеральных округах, за исключением Южного. Наиболее сильное падение спроса зафиксировано в Крымском, Дальневосточном и Уральском федеральных округах (табл. 2).

Сегмент крупноформатных поризованных блоков

В настоящее время потенциальная возможность производить керамический камень формата >2,1NF (крупноформатные поризованные блоки) имеется как минимум у 31 предприятия, однако далеко не все из них выпускают данную продукцию. В 2015 г. производство крупноформатных поризованных блоков осуществляли только 24 компании (26 заводов), более 30 заводов производили керамический камень формата 2,1NF (в данном разделе выпуск этой продукции не учитывался). Начавший в 2014 г. производство круп-

ноформатных блоков новосибирский завод «Ликолор» в 2015 г. прекратил выпуск этой продукции из-за отсутствия спроса. В 2015 г. начал выпуск крупноформатных поризованных блоков Иркутский керамический завод; также планирует начать производство в 2016 г. завод «МАКЕРАМ» (ЗАО «Стройсервис», Татарстан).

По итогам 2015 г. выпуск крупноформатных поризованных блоков сократился на 7,4% по сравнению с предыдущим годом до 679 млн шт. усл. кирпича.

При этом в 2015 г. в различных федеральных округах наблюдалась разнонаправленная производственная динамика: в трех из семи округов, где имеются предприятия, осуществляющие производство крупноформатных поризованных блоков, отмечен рост объемов выпуска данной продукции. Однако следует отметить, что рост производственных показателей наблюдался в основном в регионах с довольно низкими объемами производства, что не могло оказать существенного влияния на показатели в целом по стране (рис. 7).

Так, в 2015 г. лидером по темпам роста объемов производства крупноформатных поризованных блоков стал Уральский федеральный округ, где в конце 2014–2015 г. был начат выпуск данной продукции на Коркинском кирпичном заводе и заводе «КЕММА».

Также прирост выпуска товарной продукции в 2015 г. показали Северо-Кавказский федеральный округ, где начато производство блоков на ООО «ГрозСтройКерам», и Северо-Западный федеральный округ благодаря существенному росту объемов выпуска на заводах «ЛСР. Стеновые».

Таблица 2

Темпы роста потребления керамических стеновых материалов по федеральным округам в 2014–2015 гг., %

Федеральный округ	Темпы роста потребления, %	
	2014	2015
Центральный	104,4	82,5
Северо-Западный	101,8	85,9
Южный	99,7	101
Северо-Кавказский	106,5	95,8
Крымский		33,3
Приволжский	107	85,4
Уральский	83,4	78,9
Сибирский	107	90,8
Дальневосточный	151,3	69,2
Россия, всего	103,9	86,7

Источник: оценка «ГС-Эксперт».

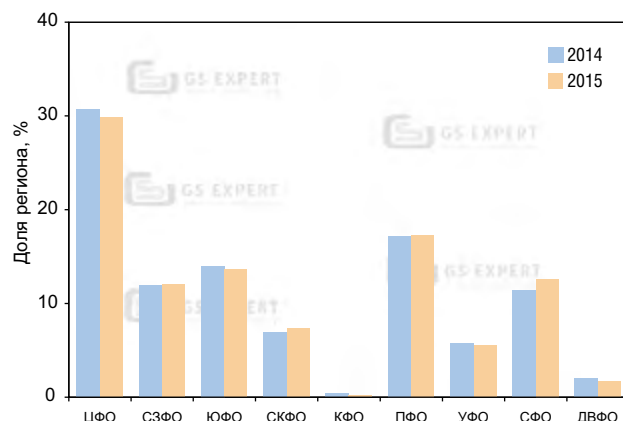


Рис. 9. Структура потребления лицевого керамического кирпича в разрезе федеральных округов в 2014–2015 гг., %. Источник: оценка «ГС-Эксперт»

По итогам 2015 г. спрос на крупноформатные поризованные блоки в России сократился на 7,9%, до 680 млн шт. усл. кирпича. При этом внешнеторговые операции с данной продукцией в 2014–2015 гг. были незначительны и практически не оказывали влияния на рынок.

В последние годы ведущим игроком на российском рынке крупноформатных поризованных блоков является компания Wienerberger. По итогам 2015 г. доля компании на российском рынке достигла 43%. Также в 2015 г. существенно улучшила свои рыночные позиции «ЛСР. Стеновые», доля которой на рынке достигла 10%. В целом же к условно крупным игрокам рынка крупноформатных поризованных блоков с долей более 5% можно отнести пять компаний. Кроме указанных это Самарский завод керамических стеновых материалов, «Славянский кирпич» и КЗ «Браер».

Сегмент лицевого кирпича

По оценкам «ГС-Эксперт», объем производства лицевого керамического кирпича в России в 2015 г. составил порядка 1,73 млрд шт. усл. кирпича, что на 1,6% больше, чем годом ранее. Сохранение положительной динамики в этом товарном сегменте было во многом обусловлено достройкой ранее начатых строительных объектов с высокой степенью готовности, в то время как закладка новых зданий в минувшем году существенно сократилась.

Производство лицевого керамического кирпича в России осуществляют не менее 66 предприятий, расположенных во всех федеральных округах, за исключением Крымского. Единственный завод в Дальневосточном округе, способный производить лицевой кирпич, — ООО «Хабаровский завод строительной керамики» планирует начать выпуск лицевого кирпича не ранее осени 2016 г. Наибольшее число действующих заводов приходится на долю Центрального и Приволжского федеральных округов (рис. 8).

В 2015 г. лидером по темпам роста производства лицевого кирпича стал Северо-Кавказский федеральный округ, где в конце 2014 г. был введен в эксплуатацию второй завод, выпускающий данную продукцию, — ООО «ГрозСтройКерам». В 2015 г. предприятие произвело около 11 млн шт. усл. кирпича лицевого пустотелого кирпича.

Также существенный прирост выпуска товарной продукции в 2015 г. показал Приволжский федеральный округ, где заметно нарастили объемы выпуска лицевого кирпича керамические заводы «Магма-Керамика», «МАКЕРАМ», «Клюкер». Объемы производства на этих предприятиях по итогам 2015 г. выросли от 2 до 5 раз.

В целом же положительную производственную динамику в 2015 г. показали 23 предприятия.

По оценкам «ГС-Эксперт», по итогам 2015 г. потребление лицевого кирпича в России снизилось на 4,9%, до 1836 млн шт. усл. кирпича, т. е. темпы снижения спроса в этом сегменте рынка были существенно меньше, чем в целом по отрасли (-13,3%).

При этом, несмотря на существенное снижение объемов импорта лицевого кирпича, доля импортной продукции на российском рынке в 2015 г. составила около 7%. Баланс производство—потребление в 2014–2015 гг. оставался стабильно отрицательным, т. е. спрос на лицевой кирпич превышал объемы его производства в стране.

Наибольшие объемы потребления лицевого керамического кирпича характерны для Центрального и Приволжского федеральных округов, на долю которых суммарно приходится около 47% от общероссийского потребления этой продукции (рис. 9).



Рис. 10. Рыночные доли ведущих поставщиков лицевого кирпича в 2015 г. Источник: оценка «ГС-Эксперт»

Среди отдельных субъектов Федерации крупнейшими потребителями лицевого кирпича в 2015 г. стали, млн шт. усл. кирпича: Московский регион (Москва и Московская область) — 344 (18,6% общероссийского потребления); Ленинградский регион (Санкт-Петербург и Ленинградская область) — 168 (9,1%); Краснодарский край — 142 (7,7%); Новосибирская область — 85 (4,6%); Ростовская область — 75 (4%); Республика Башкортостан — 68 (3,7%).

По данным «ГС-Эксперт», в 2015 г. на российском рынке была представлена продукция как минимум 120 производителей лицевого керамического кирпича, как российских, так и зарубежных. В последние годы ведущим игроком на российском рынке лицевого керамического кирпича являются компании: ГК «Кирпичная компания», «ОСМиБТ», «ЛСР. Стеновые» и Калужский ЗСМ. При этом доли всех компаний, представленных на российском рынке, не превышают 5%. Всего же на долю ТОП-20 поставщиков лицевого кирпича приходится около 60% от общего объема потребления этой продукции в стране (рис. 10).

Доля крупнейшего поставщика импортируемого лицевого кирпича — компании Wienerberger в 2015 г. составила всего около 1,4% против 2,3% годом ранее.

Сегмент клинкера

По оценкам «ГС-Эксперт», объем производства клинкерного кирпича в России в 2015 г. вырос почти на 14% по сравнению с предыдущим годом и составил 16,6 млн шт. усл. кирпича.

В настоящее время в России действует как минимум шесть предприятий, способных производить клинкерный кирпич. В 2014 г. выпуск этой продукции осуществ-

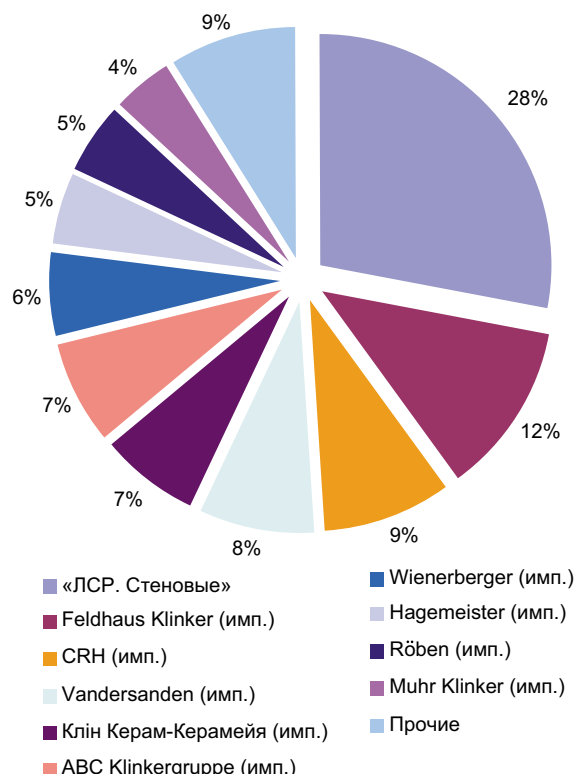


Рис. 11. Рыночные доли ведущих поставщиков клинкерного кирпича в 2015 г. Источник: оценка «ГС-Эксперт»

влиали три завода («ЛСР. Стеновые», «Голицынский кирпич» и «КЗСМ» (ГК Терекс)), в 2015 г. — четыре завода («ЛСР. Стеновые», «Голицынский кирпич», «Тербунский гончар» и «Магма-Керамик»). С 2016 г. выпуск клинкерного кирпича планирует также начать ООО «Экоклинкер» (г. Новочебоксарск), которое в конце 2015 г. ввело в эксплуатацию новую технологическую линию мощностью 40 млн шт. усл. кирпича в год, однако, по данным предприятия, выпуск товарной продукции пока не начал (рис. 11).

По итогам 2015 г. потребление клинкерного кирпича в России снизилось на 20% по сравнению с уровнем 2014 г. и составило около 49,4 млн шт. усл. кирпича.

Основной объем клинкерного кирпича на российском рынке традиционно представлен импортной продукцией, однако ее доля в последние годы сокращается не только из-за девальвации рубля и общего падения реальных доходов населения, но и благодаря расширению производства данного вида продукции отечественными предприятиями. По итогам 2015 г. доля импортного клинкерного кирпича снизилась на 9,4% по сравнению с 2014 г. и составила 66,6%.

Список литературы

1. Семёнов А.А. Рынок керамических стеновых материалов: Итоги 2014 и прогноз на 2015 год // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 3–5.
2. Семёнов А.А. Итоги развития строительного комплекса и промышленности строительных материалов в 2012 году, прогноз на 2013 год // *Строительные материалы*. 2013. № 2. С. 62–65.
3. Гаврилов А.В., Гринфельд Г.И. Краткий обзор истории, состояния и перспектив рынка клинкерного кирпича в России // *Строительные материалы*. 2013. № 4. С. 20–22.

Ведущим игроком на российском рынке клинкерного кирпича является компания «ЛСР. Стеновые». При этом в 2015 г. ее доля существенно увеличилась и достигла 28%. Доли других российских производителей клинкерного кирпича на рынке не превышали 1–2%. Следует также отметить, что на фоне общего снижения спроса на клинкерный кирпич в 2015 г. большинство зарубежных поставщиков существенно сократили свои рыночные доли.

Потенциал импортозамещения в сегменте клинкерного кирпича достаточно велик — не менее 20–25 млн шт. в год. В 2016 г. ООО «Тербунский гончар» прогнозирует рост спроса на свою продукцию в 1,5 раза, ООО «Магма-Керамик» — на 20%, ООО «Экоклинкер» после ввода новой линии планирует произвести не менее 10 млн шт. клинкерного кирпича. Однако представители всех предприятий отмечают существенные проблемы со сбытом своей продукции из-за ограниченного платежеспособного спроса. Основные регионы сбыта — Москва и Московская область, Санкт-Петербург и Ленинградская область, а также отдельные регионы Южного федерального округа.

В отличие от предыдущего кризиса 2008–2009 гг. выход из сегодняшнего кризиса, очевидно, будет не столь стремительным и растянется не менее чем на 3–5 лет. По нашим оценкам, в сегменте керамических стеновых материалов в 2016–2017 гг. сохранится негативная динамика производства и потребления. Снижение спроса за два года может составить до 20% к уровню 2015 г. К основным негативным факторам, которые будут влиять на развитие отечественного рынка, можно отнести следующие:

- сохранение негативной динамики инвестиционной активности в стране и дальнейшее снижение объемов строительных работ;
 - дальнейшее усиление конкуренции с продуктами-заменителями;
 - снижение доли применения керамического кирпича в качестве конструкционного стенового материала за счет изменения структуры строительства зданий;
 - рост тарифов естественных монополий;
 - высокая стоимость кредитов.
- В то же время отмеченные ниже факторы будут оказывать безусловное положительное влияние на развитие отрасли:
- импортозамещение;
 - рост объемов применения керамических стеновых материалов в каркасно-монолитном и монолитном домостроении;
 - устойчивый спрос на качественный облицовочный керамический кирпич;
 - рост объемов применения клинкера.

Именно товарные сегменты лицевого кирпича и клинкера в ближайшие годы помогут предприятиям «остаться на плаву» и преодолеть «черную полосу» нашего развития.

References

1. Semyonov A.A. Ceramic Wall Materials Market: Results of 2014 and Forecast for 2015 *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 4, pp. 3–5. (In Russian).
2. Semyonov A.A. Results of Development of Building Complex and Construction Materials Industry in 2012, the forecast for 2013. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 2, pp. 62–65. (In Russian).
3. Gavrilov A.V., Grinfeld G.I. A Brief Review of History, Conditions and Prospects of Clinker Brick Market in Russia. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 4, pp. 20–22. (In Russian).

TECNARGILLA 2016

25-я Международная выставка технологий и оборудования для производства керамики и кирпича

Будущее керамики



www.tecnargilla.it

26-30
СЕНТЯБРЯ 2016
РИМИНИ, ИТАЛИЯ



CLAYTECH



KROMATECH



KERMAT

Организатор



Rimini Fiera

Партнер



ACIMAC
Associazione Ceramisti Italiani
Associazione Ceramisti Italiani



При поддержке



Ministero dello Sviluppo Economico



ITPA
ITALIAN TRADE PROMOTION AGENCY

tecnargilla.it



Ворытинскому кирпичному заводу (ОАО «Стройполимеркерамика»)

70 лет

Историю Ворытинского кирпичного завода принято отсчитывать с 1946 г., когда предприятием была выпущена первая промышленная партия кирпича. Однако фактически кирпичное производство в Ворытинске началось намного раньше.



Окрестности древнерусского города-крепости Ворытинска, которому в 2015 г. исполнилось 860 лет, всегда славились богатейшими залежами красной глины, поэтому кирпич в нем делали испокон веков.

В 1926 г. в Ворытинске на средства пайщиков была организована сезонная артель по изготовлению кирпича и черепицы. Фактически именно эта инициатива определила производственную судьбу поселка на долгие годы. Производственные цеха артели представляли собой два на веса напротив здания железнодорожного вокзала. Глину привозили из близлежащего карьера на лошадях. Работали в артели в основном женщины, труд был тяжелый, ручной. Руководил артелью человек недюжинных организаторских способностей, жесткий, но справедливый и отзывчивый — Егор Семенович Колосов.

Во время Великой Отечественной войны поселок был оккупирован, выпуск кирпича прекратился.

Поэтапное восстановление предприятия началось уже в 1944 г. Однако основное развитие завод получил в послевоенные годы. В 1946 г. завод приступил к промышленному выпуску кирпича.

Важной вехой в истории предприятия является передача его в 1955 г. в систему Министерства среднего машиностроения, тогда Ворытинский кирпичный завод стал «почтовым ящиком». Это дало импульс развития не только заводу, но и п. Ворытинский. В 1960 г. введен в эксплуатацию кирпичный завод мощностью 12 млн шт. кирпича в год с туннельной печью на твердом топливе и туннельными сушилками. В 1962 г. на заводе открывается экспериментальная лаборатория по производству стеклопластика.

В 1970-е гг. была построена вторая туннельная печь с расширением сушильного хозяйства и увеличением мощности завода до 28 млн шт. кирпича. В это же время построен новый цех по производству полимерных материалов. Здесь впервые в стране освоено производство металлопласта с полиэтиленовым покрытием, налажен выпуск стекло-

пластиков, подвесных потолков, пенопласта, теплоизоляционного материала для атомных станций.

В 1985 г. по инициативе Правительства СССР стартовал грандиозный проект — строительство крупнейшего в Центральном регионе страны Центра стройиндустрии. Руководство было возложено на опытного и компетентного руководителя Саита Ваитовича Мамбетшаева. На базе Ворытинского завода предстояло построить три новых крупных высокомеханизированных предприятия:

- завод стеновых керамических материалов мощностью 75 млн шт. кирпича в год;
- завода санитарно-керамических изделий мощностью 1 млн изделий в год;
- завод линолеума мощностью 12 млн м² в год.

Завод стеновых керамических материалов пущен в эксплуатацию в 1988 г., завод санитарно-керамических изделий — в 1990 г. В декабре 1989 г. предприятия объединяют и возникает одно из самых сильных в регионе производственных объединений «Стройполимеркерамика». К сожалению, в последующие годы строительство многофункционального Центра стройиндустрии было приостановлено и завод линолеума так и не был построен.

В 1992 г. объединение становится открытым акционерным обществом.

С 2005 г. кирпич ОАО «Стройполимеркерамика» производится и продается под торговой маркой «Ворытинский кирпич», который прочно завоевал репутацию одного из лучших в Центральном регионе России. Его качество — результат высокой степени автоматизации технологических процессов на современном оборудовании, экологически чистого сырья, опыта квалифицированных специалистов. Благодаря С.В. Мамбетшаеву, придававшему большое значение объединению профессионалов-кирпичников и обмену производственным опытом, в 2005 г. было положено начало традиции посещать передовые предприятия отрасли в рамках Международной научно-практической конференции КЕРАМТЭК.

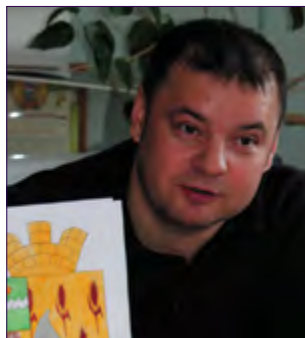




В.В. Щеглов
(директор 1964–1985)



С.В. Мамбетшаев
(директор 1985–2007)



Э.С. Мамбетшаев
(директор 2007–2013)



Г.А. Сарибегов
(назначен директором в 2013 г.)

За 70 лет директорами завода были **Григорий Филиппович Гордеев, Владимир Андреевич Маркелов, Алексей Ильич Абрамов, Иван Тимофеевич Шилов, Алексей Михайлович Калинин.**

Василий Васильевич Щеглов возглавил предприятие в 1966 г. Огромное количество позитивных преобразований как на самом заводе, так и в поселке приходится как раз на годы его директорства.

Саит Ваитович Мамбетшаев руководил ОАО «Стройполимер-керамика» 22 года – с 1985 по 2007 г., в один из самых сложных для страны периодов. С честью пройдя трудные перестроечные времена, пережив вместе с предприятием всевозможные кризисы, девальвации и «революции», Саит Ваитович привел ОАО «Стройполимер-керамика» в новый век мощной и перспективной компанией. Кроме того, было построено более 3,5 тыс. квартир, общеобразовательная школа на 1,2 тыс. мест, детский сад на 350 мест, рабочая столовая, банно-прачечный комбинат, котельная, теплица и многое другое, без чего сегодня уже немыслима жизнь жителей Воротынска. Да и сам Воротынок преобразился: из небольшого пристанционного населен-

ного пункта он превратился в очень уютный городок с современной инфраструктурой.

Энвер Саитович Мамбетшаев возглавлял ОАО «Стройполимер-керамика» в 2007–2013 гг. За эти годы был существенно расширен ассортимент производимой продукции, в 2006 г. запущена линия по производству лицевого кирпича. Разработана и осуществлена программа по выпуску цветного и фигурного кирпича.

Гаррий Ашотович Сарибегов «принял командование» в октябре 2013 г. и в первую очередь принялся за улучшение условий и безопасности труда на всех предприятиях акционерного общества. Вторым важнейшим направлением он считает постоянное повышение качества продукции с уменьшением себестоимости, снижением энергопотребления.

Эта работа не только дала плоды, но и была замечена и отмечена руководством области: в 2016 г. за особый вклад в развитие экономического, социального и промышленного потенциала Калужской области ОАО «Стройполимеркерамика» присвоено почетное звание «Трудовая слава Калужской области».

В 2008 г. ОАО «Стройполимеркерамика» вошло в состав группы компаний «Ташир» – крупнейшей в России из диверсифицированных промышленно-строительных групп, которая объединяет более 200 компаний. В рамках оптимизации производственной структуры было принято решение сосредоточиться на выпуске керамических стеновых материалов. В настоящее время в ОАО «Стройполимеркерамика» входят завод по производству полнотелого кирпича и завод по производству керамических стеновых материалов.

Кирпичный завод по производству полнотелого кирпича производит 30 млн шт. усл. кирпича в год. Его туннельные печи еще в 1981 г. были переведены на газовое топливо. В 2003 г. уставлено 48 высокоскоростных горелок ГСП-25, произведено удлинение двух печей, проведена реконструкция основных зон. В 2005 г. произведена реконструкция системы сушки кирпича чистым теплоносителем.

В 2014 г. на участке садки завода установлена современная роботизированная линия. В 2015 г. произведена замена прессы СМК-325 на более современный СМК-506, что отразилось на повышении качественных характеристик кирпича.

Качество воротынского кирпича хорошо известно потребителям далеко за пределами Калужской области. Полнотелый

кирпич имеет высокую прочность, благодаря чему он является единственным материалом, используемым при кладке фундаментов, колонн и других несущих конструкций.

Завод керамических стеновых материалов (ЗКСМ).

Комплектация завода осуществлялась в кооперации с итальянской компанией UNIMORANDO, что позволило освоить выпуск высококачественного пустотелого кирпича в максимально сжатые сроки. Завод с завидной периодичностью модернизируется, причем не только за счет закупки нового оборудования, но и посредством внедрения собственных разработок.

Например, в 2004 г. спроектирован футеровочный низкопрофильный жаростойкий блок. Внедрение этой разработки позволило увеличить загрузку печной вагонетки на один ряд. В 2005 г. разработана и внедрена в производство современная оснастка (фильера), не уступающая лучшим европейским образцам, что позволило улучшить прочностные характеристики кирпича и увеличить пустотность до 42%. В 2006 г. в производство запущена линия резки кирпича с нанесением технологической фаски швейцарской фирмы Freymatic AG.

В 2008 г. установлена линия дополнительного глиноперерабатывающего оборудования — бегуны влажного помо-





Семья Ермаковых,
общий трудовой стаж
на ОАО «Стройполимеркерамика»
145 лет

ла, вальцы супертонкого помола. Установлена формирующая головка фирмы «Браун».

Особая гордость предприятия — запуск в 2008 г. современного оборудования бельгийской фирмы CERATEC. Благодаря новому автомату-пакетировщику пустотелый кирпич укладывается на деревянный поддон, используя всю полезную площадь, что дало возможность ощутимо снизить транспортные расходы.

В конце 2013 г. на предприятии осуществлена модернизация участка садки кирпича с использованием роботов. Новшество 2014 г. — линия окунания обожженного кирпича. Поставку и запуск нового оборудования производила итальянская компания CISMAS.

В 2015 г. в сотрудничестве с компанией «Маркелуццо Импыанти» была введена в эксплуатацию новая система внутренней вентиляции сушилок с коническими воздухо-распределителями МТ45.

В настоящее время завод керамических стеновых материалов работает с проектной производительностью 70 млн шт. усл. кирпича в год.

Главное — люди.

Традиции, уходящие в глубь веков, постоянные инвестиции в модернизацию, уникальное высокотехнологичное оборудование, самый прогрессивный менеджмент — все это, безусловно, важные составляющие успешного развития любого предприятия. Однако ни один самый умный станок не будет эффективно работать без грамотного и квалифицированного рабочего. Поэтому главное на производстве — это люди, их профессионализм, талант, желание работать, делать жизнь завода, а значит, и свою лучше!

Внедрение принципов социальной ответственности для ОАО «Стройполимеркерамика» не просто веяние времени. Исторически становление завода неразрывно связано с развитием п. Воротынск, ведь из 12,5 тыс. жителей поселка, каждый четвертый работал, работает или собирается работать на ОАО «Стройполимеркерамика». Сам Воротынск за 70 лет изменился неузнаваемо, и ключевую роль на всех этапах развития поселка играло градообразующее предприятие — ОАО «Стройполимеркерамика».

ОАО «Стройполимеркерамика» ведет обширную благотворительную деятельность. Для завода это не одноразовые акции, а ежедневная работа. Предприятие постоянно помогает школам и общественным организациям; организует летний отдых детей и познавательные экскурсии для всех жителей поселка, походы в театры, музеи, на выставки; занимается строительством и восстановлением храмов, больницы, школ, благоустройством улиц и озеленением территорий.

Возрождение духовных ценностей, забота о нравственном воспитании, в том числе молодого поколения, — один из приоритетов благотворительной деятельности ОАО «Стройполимеркерамика».

В 2002 г. по инициативе руководства завода в центре Воротынска началось строительство храма в честь преподоб-

За 70 лет в ОАО «Стройполимеркерамика» проработали тысячи людей, сменилось несколько поколений. На предприятии воротынцы работают семьями, привнося в заводскую жизнь гармонию своего дома. Гордость предприятия династии Фроловых, Саженовых, Головкиных, Столяровых, Андрухиных, Дроздовых, Ингатьевых, Афониных-Гагариных. Есть трудовые династии, общий стаж работы которых вдвое превышает возраст предприятия!

Общий трудовой стаж династии Ермаковых составляет 145 лет.

В 1967 г. на завод пришел работать Геннадий Алексеевич Ермаков и отдал ему 44 года. Вслед за мужем пришла на завод в 1977 г. супруга Галина Викторовна (стаж 35 лет), в 1979 г. — мать Александра Павловна. В течение 20 лет здесь трудилась и мама Галины Викторовны — Нина Кирилловна Толстова. Дети основателей династии внесли в «копилку» трудового стажа еще 35 лет.

В настоящее время на ОАО «Стройполимеркерамика» работают продолжатели династии — Максим Владимирович Ермаков с женой Алесей.

Никто не забыт

9 мая 2015 г., в день празднования 70-летия Победы в Великой Отечественной войне, в окрестностях д. Космачи Бабынинского р-на состоялась торжественная церемония открытия памятника летчикам — героям экипажа самолета Пе-2, совершившим 10 октября 1941 г.



огненный таран фашистской колонны при обороне Калуги. Подвиг летчиков и их имена (лейтенанта Виктора Денисова, лейтенанта Иосифа Кравцова, сержанта Николая Гришина) вернули из небытия бойцы поискового объединения «Военный историк» Льва Марченкова. Вклад в создание памятного мемориала внесли сотрудники ОАО «Стройполимеркерамика» и лично Г.А. Сарибегов.

ного Серафима Саровского. На эти цели ОАО «Стройполимеркерамика» выделило 17 млн р. В 2006 г. митрополит Калужский и Боровский Климент освятил эту единственную православную церковь в Воротынске.

Постоянную помощь завод оказывает и возрожденному в 2007 г. Спасо-Преображенскому Воротынскому женскому монастырю. В 2013 г. оказана благотворительная помощь и содействие при строительстве Музея-диорамы «Великое стояние на реке Угре».

Кадры решают все.

С первых лет работы в системе Минсредмаша руководство ОАО «Стройполимеркерамика» уделяло большое внимание подготовке кадров для производства. В настоящее время предприятие имеет лицензию на оказание образовательных услуг и организует подготовку новых рабочих; переподготовку (обучение вторым и смежным профессиям); повышение квалификации рабочих. На предприятии развит институт наставничества.

Качество, проверенное временем, — этот слоган характеризует деятельность ОАО «Стройполимеркерамика», где сочетаются традиции производства кирпича, знания и опыт поколений, работающих на заводе, мировые технические новшества и собственные уникальные разработки. Вся продукция ОАО «Стройполимеркерамика» соответствует самым высоким требованиям по энергоэффективности, морозостойкости, долговечности, прочности, экологичности и пожарной безопасности.

В 2009 г. ОАО «Стройполимеркерамика» успешно внедрило и поддерживает систему менеджмента качества, регулярно проходит сертификационные аудиты по EN ISO 9001:2008, по результатам которых получает международные сертификаты TUV International Certification.

*Сохраняя историю, говорят работники предприятия, мы строим будущее.
Пожелаем ОАО «Стройполимеркерамика» дальнейших успехов. Так держать!*

А.Ю. СТОЛБОУШКИН¹, д-р техн. наук (stanyr@list.ru); Г.И. БЕРДОВ², д-р техн. наук;
В.И. ВЕРЕЩАГИН³, д-р техн. наук (vver@tpu.ru); О.А. ФОМИНА¹, канд. техн. наук (soa2@mail.ru)

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

² Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113)

³ Национальный исследовательский Томский политехнический университет (634050, г. Томск, пр. Ленина, 30)

Керамические стеновые материалы матричной структуры на основе неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья

Установлены закономерности формирования матричной структуры и влияния ее на свойства стеновых керамических материалов из малопластичного неспекающегося техногенного и природного сырья. Показано, что грануляция тонкодисперсного техногенного сырья с нанесением на гранулы активно спекающейся глины и прессованием обеспечивает формирование упорядоченного каркаса в материале. Предложена схема формирования матричной структуры сырца, позволяющая увеличить количество низкокачественного сырья в шихте до 80 мас. %. Установлены особенности трансформации структуры отформованного сырца в керамический матричный композит после обжига, при этом на границе контакта гранул образуется расплав, который внедряется в периферийную зону ядра и после кристаллизации образует матричную структуру, повышающую прочность черепка до 30%. Показано, что формирование матрицы обеспечивает снижение расхода глинистого компонента до 20–25 мас. %, что позволяет уменьшить содержание глинистых минералов до 6–8% в составе шихты в отличие от необходимого количества 12–15% при пластическом формовании и 8–10% при полусухом прессовании изделий. Полученная система из ядер недоспеченного материала и плотноспеченной оболочки обеспечивает высокие прочностные и эксплуатационные характеристики стеновой керамики.

Ключевые слова: керамические стеновые материалы, матричная структура, техногенное сырье, грануляция, керамический матричный композит.

A.Yu. STOLBOUSHKIN¹, Doctor of Sciences (Engineering) (stanyr@list.ru); G.I. BERDOV², Doctor of Sciences (Engineering);

V.I. VERESHCHAGIN³, Doctor of Sciences (Engineering) (vver@tpu.ru); O.A. FOMINA¹ Candidate of Sciences (Engineering) (soa2@mail.ru)

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

² Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (113, Leningradskaya Street, Novosibirsk, 630008, Russian Federation)

³ National Research Tomsk State University of Architecture and Building (2, Solyanaya Square, Tomsk, 634003, Russian Federation)

Ceramic Wall Materials with Matrix Structure Based on Non-Sintering Stiff Technogenic and Natural Raw Materials

The regularities of the formation of matrix structure and its influence on the properties of ceramic wall materials made from non-sintering stiff technogenic and natural raw materials have been discovered. It was found that the granulation of fine-dispersed technogenic raw materials with the application active sintered clay on the granules and pressing ensures the formation of an ordered framework in the material. The scheme of formation of the matrix raw structure, which allows to increase the number of low-quality raw materials in the furnace charge up to 80 wt.%. The features of transformation of raw molded structure into ceramic matrix composite after firing, while liquid melt is formed at the interface of granules, which is introduced in the peripheral core region and form a matrix structure, enhancing the strength shard up to 30% after crystallization. It was shown that the formation of the matrix reduces consumption of clay component up to 20–25 wt.%, this allows to reduce the content of clay minerals up to 6–8% in the composition of the charge, as contrasted with necessary amount of 12–15% during plastic molding and 8–10% during semi-dry pressing. The resulting system from cores of non-sintered material and tightly sintered cover provides high strength and performance characteristics of wall ceramic.

Keywords: ceramic wall materials, matrix structure, technogenic raw materials, granulation, ceramic matrix composite

Керамический кирпич, производимый на протяжении многих веков из природного глинистого сырья, является одним из самых распространенных стеновых строительных материалов благодаря своим физико-механическим свойствам и архитектурной выразительности.

Важнейшим фактором, определяющим технологические параметры производства кирпича и характеристики конечной продукции, является качество природного сырья. В большинстве районов Западной Сибири нет промышленных запасов высококачественных глин и окружающих каменных материалов, которые можно использовать в качестве сырьевой базы современных кирпичных заводов большой мощности [1]. Для устойчивого развития производства строительной керамики региона необходимо осуществить технологический переход на новые виды сырья — неспекающиеся, малопластичные суглинки с высоким содержанием карбонатных включений, а также алюмосиликатные промышленные отходы.

В Сибирском федеральном округе находится огромное количество так называемых техногенных месторождений, к примеру, в Кемеровской области сосредоточено больше половины твердых минеральных отходов Российской Федерации, и их дальнейшее интенсивное накопление без эффективной переработки и утилизации представляет серьезную экологическую опасность [2].

Зарубежный опыт показывает, что производство стеновых керамических материалов на основе техногенного сырья целесообразно не только с целью решения экологических задач, но и экономически (Китай) [3]. Два основных преимущества являются наиболее важными при освоении минеральных промышленных отходов: нет необходимости в создании инфраструктур горного предприятия и не нужно добывать полезное ископаемое из недр и подвергать его дроблению.

Недостаточное внимание к силикатным отходам промышленного производства как к сырью для керамики



Рис. 1. Внешний вид гранулята из шламистой части отходов обогащения железных руд (а) и структура опудренных гранул на ее основе (б): 1 – опудривающий слой из глины; 2 – гранула из отходов

ческой отрасли обусловлено рядом причин: нестабильностью состава и свойств отходов, их несоответствием требованиям ГОСТ 9169–75 «Сырье глинистое для керамической промышленности», а также технологической незавершенностью исследований с точки зрения их утилитарного использования [4]. Разработка промышленных отвалов, шламовых полей и хвостохранилищ порождает необходимость решения целого ряда достаточно сложных специфических задач, среди которых можно выделить геологоразведочные, минералогические, технологические.

По мнению авторов, попытка использования техногенных отходов для уже существующих технологий производства кирпича с традиционной массоподготовкой, формированием структуры изделий, тепломассообменными процессами при сушке и обжиге не обеспечивает достижения хорошего качества изделий. Как бы ни были близки по свойствам к глинистому сырью отходы, например угледобычи и углеобогащения, производство на их основе керамического кирпича по традиционной технологии сопряжено с технологическими трудностями и качество таких изделий не может сравниться с продукцией современных европейских заводов [5].

Авторами на основе многолетних исследований отходов горнодобывающей и металлургической промышленности, малопластичных неспекающихся сибирских пылеватых суглинков был разработан способ производства на их основе высококачественных керамических стеновых материалов матричной структуры [6].

Технологическое решение эффективного использования некондиционного сырья для получения изделий

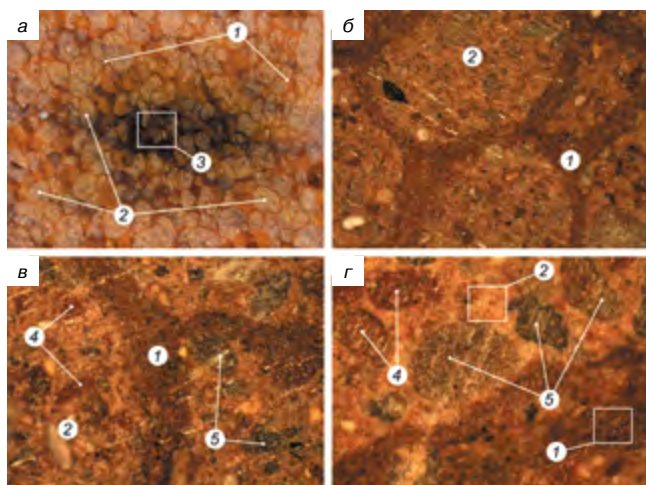


Рис. 3. Макроструктура обожженного образца из отходов углеобогащения: а – излом образца; б, в, г – аншлиф, отраженный свет, увеличение соответственно $\times 25$, $\times 50$, $\times 100$: 1 – граничный слой между гранулами; 2 – тело гранулы; 3 – центральная часть образца; 4, 5 – включения бурого и серого цвета

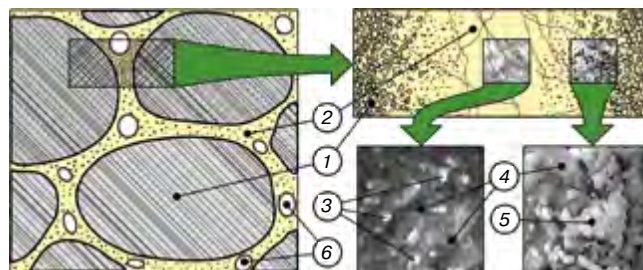


Рис. 2. Схема формирования структуры керамического матричного композита из гранулированного техногенного сырья: 1 – наполнитель (гранулированные отходы); 2 – матрица из глины (наполненное связующее после обжига); 3 – наполнитель матрицы (высокотемпературные минералы); 4 – пиропластичное вяжущее; 5 – граничный слой композита; 6 – поры

стенной керамики высокого качества было найдено в результате анализа многочисленных моделей структур композиционных материалов. Структура керамического кирпича на основе природного глинистого сырья представлена двумя составными частями: матрицей, которая является продуктом высокотемпературных превращений глинистых минералов, и макрозаполнителем в виде минеральных зерен, заключенных в ней. Соотношение их объемов определяется распределением размеров и упаковкой частиц заполнителя. В случае идеальной закрытой упаковки заполнителя с координационным числом 12 объем матрицы должен составлять 25,95% от общего объема изделия, что соответствует рекомендуемому количеству глинистой фракции для производства качественных керамических изделий. Это объясняет малый практический интерес к сибирским пылеватым суглинкам (которые обычно содержат менее 20% глинистых частиц), а также к промышленным отходам как материалам, из которых можно получить керамический кирпич европейского уровня.

Следовательно, при малом содержании или отсутствии глинистых частиц в природном или техногенном сырье структура керамических изделий на их основе должна быть приближена к идеальной структуре керамики. Основу должен составлять крупный заполнитель в виде гранул монофракционного состава, поверхность

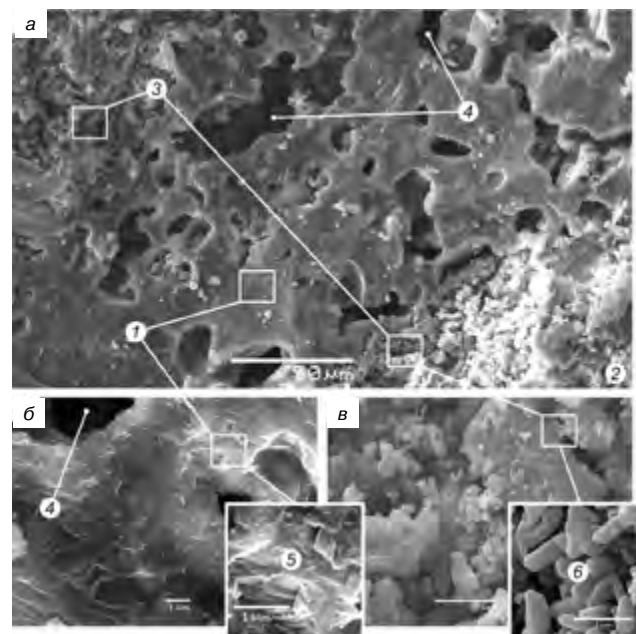


Рис. 4. Микрофотографии переходного слоя между дисперсионной средой и дисперсной фазой керамики из шламистых железорудных отходов. Сканирующий электронный микроскоп, $\times 250$ (а); $\times 5000$ (б); $\times 2600$ (в): 1 – дисперсионная среда; 2 – дисперсная фаза; 3 – переходный слой; 4 – поры; 5 – стеклокристаллическая структура матрицы; 6 – кластеры из оплавленных зерен минералов

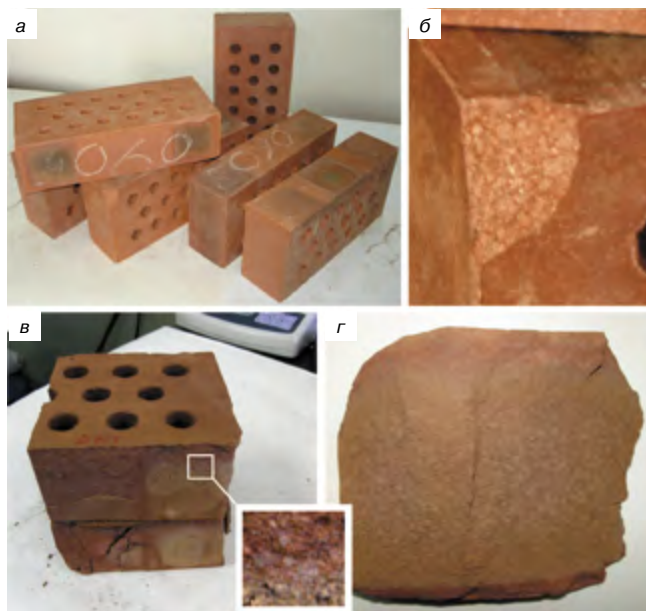


Рис. 5. Внешний вид (а, в) и структура поверхностного слоя (б, г) керамического кирпича на основе отходов углеобогащения (а, б) и на основе шламистой части железорудных отходов (в, г) после испытаний на морозостойкость (50 циклов)

которых покрывается тонким слоем активированного глинистого вещества. С такой структурой керамического кирпича требуемое содержание глинистой фракции становится заведомо меньше 20–25% и будет зависеть только от качества оболочки и соотношения ее толщины и диаметра зерен макрозаполнителя.

Керамические матричные композиты были получены путем объединения тонкодисперсных частиц малопластичного неспекающегося сырья в гранулы, покрытием поверхности гранул глинистым веществом, прошедшим механоактивацию (рис. 1), с последующим компрессионным формованием изделий, их сушкой и обжигом. Условно процесс формирования микроструктуры матрицы можно рассматривать как последовательный переход под влиянием внешних воздействий одних видов структуры в другие: коагуляционная – конденсационная – кристаллизационная.

При обжиге происходит трансформация матричной структуры сырца в керамический матричный композит. На границе контакта гранул активированная глинистая составляющая шихты продуцирует расплав, который внедряется в периферийную зону ядра и после кристаллизации образует матричную структуру, состоящую из ядер, покрытых оболочкой из продуктов спекания глины. В свою очередь, оболочка имеет свое внутреннее армирование (рис. 2, поз. 3), повышающее прочностные характеристики матрицы.

На рис. 3, 4 приведена матричная структура керамических образцов, полученных из гранулированных шихт на основе минеральных отходов обогащения углей и железных руд, характеризующихся незначительным количеством глинистых минералов для первого и практически их полным отсутствием для второго вида отходов [7, 8]. Внутренняя поверхность раздела фаз характеризуется наличием переходного слоя, состоящего из продуктов взаимодействия компонентов матрицы и гранул заполнителя (рис. 4, поз. 3). Как показали промышленные испытания, такая структура позволяет повысить прочность керамических изделий на 20–30%.

В процессе исследований были установлены соотношения размеров глинистой оболочки и ядра ($\leq 0,05$ мм) и определены границы критического размера ядер (≤ 10 мм), на основании чего разрабатывалось аппаратное обес-

печение новой технологии. В процессе массоподготовки использовались эффективные мельницы-сушилки вихревого типа, позволяющие не только проводить механоактивацию глинистого сырья, но и получать порошки малопластичного неспекающегося техногенного и природного сырья с высокой удельной поверхностью [9]. Грануляция тонкодисперсных порошков и покрытие их механоактивированным глинистым сырьем осуществлялась в промышленных турболопастных смесителях-грануляторах.

Пресс-порошки монофракционного состава на основе шламистой части отходов обогащения железных руд (Мундыбашская ЦОФ, Кемеровская обл.), отходов углеобогащения, углистых аргиллитов (Кемеровская и Челябинская обл.) использовались при опытно-промышленных испытаниях на заводах полусухого прессования: ЗАО «Новокузнецкремстрой-Н» Абашевской ЦОФ (Кемеровская обл.); ООО «Бердский кирпичный завод» (Новосибирская обл.). Для выпуска промышленных партий кирпича использовались гранулированные пресс-порошки с преобладающим размером зерен 2–3 мм, влажностью 10–12%, из которых формовался кирпич нормального формата при давлении прессования 15–17 МПа. Обжиг сырца проводился при температуре 1000–1050°C.

Лабораторные и опытно-промышленные исследования показали, что особенностями тепло- и массообмена при обжиге кирпича из шламистых железорудных отходов является повышенный коэффициент эффективной температуропроводности ($11 \text{ м}^2/\text{ч}$ и более) при нагревании до 750°C, который позволяет увеличить скорость подъема температуры в этом интервале. Рациональный режим обжига, рассчитанный по принципам теории подобия, имеет общую продолжительность 33 ч с выдержкой 2,5–3 ч при температуре 1050°C [10].

В заводских лабораториях были проведены испытания керамического кирпича из шихт двух составов (мас. %). *Состав № 1:* шламистая часть отходов обогащения железных руд – 65–70, активированный суглинок – 20–30, стеклобой – 5–10; *состав № 2:* отходы углеобогащения – 70–85, активированный суглинок – 15–30. В промышленных условиях были получены стеновые керамические материалы (рис. 5) с пределом прочности при сжатии и изгибе соответственно 11,2–24,9 и 2,35–4,1 МПа, средней плотностью 1549–1787 кг/м³ и морозостойкостью 25–50 циклов.

В результате исследований установлено, что техногенное и природное сырье для получения ядра керамического матричного композита должно отвечать следующим требованиям: по пластичности – мало- и умереннопластичное сырье (число пластичности 4–15); по дисперсности (для техногенного сырья) – класс $-100+0$ мкм; по химическому составу – кислое и полукислое (Al_2O_3 до 18%) с высоким содержанием оксидов железа (Fe_2O_3 5–15%) и карбонатов (CaO не более 12%). Добавление дисперсного стеклобоя, вводимого в количестве 7–10 мас. % в состав шихты при использовании неспекающегося техногенного сырья из шламистых железорудных отходов, приводит при обжиге к формированию участков из равномерно распределенной по сечению гранул пиропластичной связки и образованию внутри ядер собственного армирующего каркаса из высокотемпературных соединений, связанных между собой стеклофазой [11].

Для формирования оболочки ядер используется легкоплавкое глинистое сырье с числом пластичности 12–25 и содержанием глинистых минералов не менее 15%, при этом предварительная механическая активация обеспечивает снижение температуры спекания матричного каркаса на 30–50°C и повышение прочности керамического материала на 5–10%.

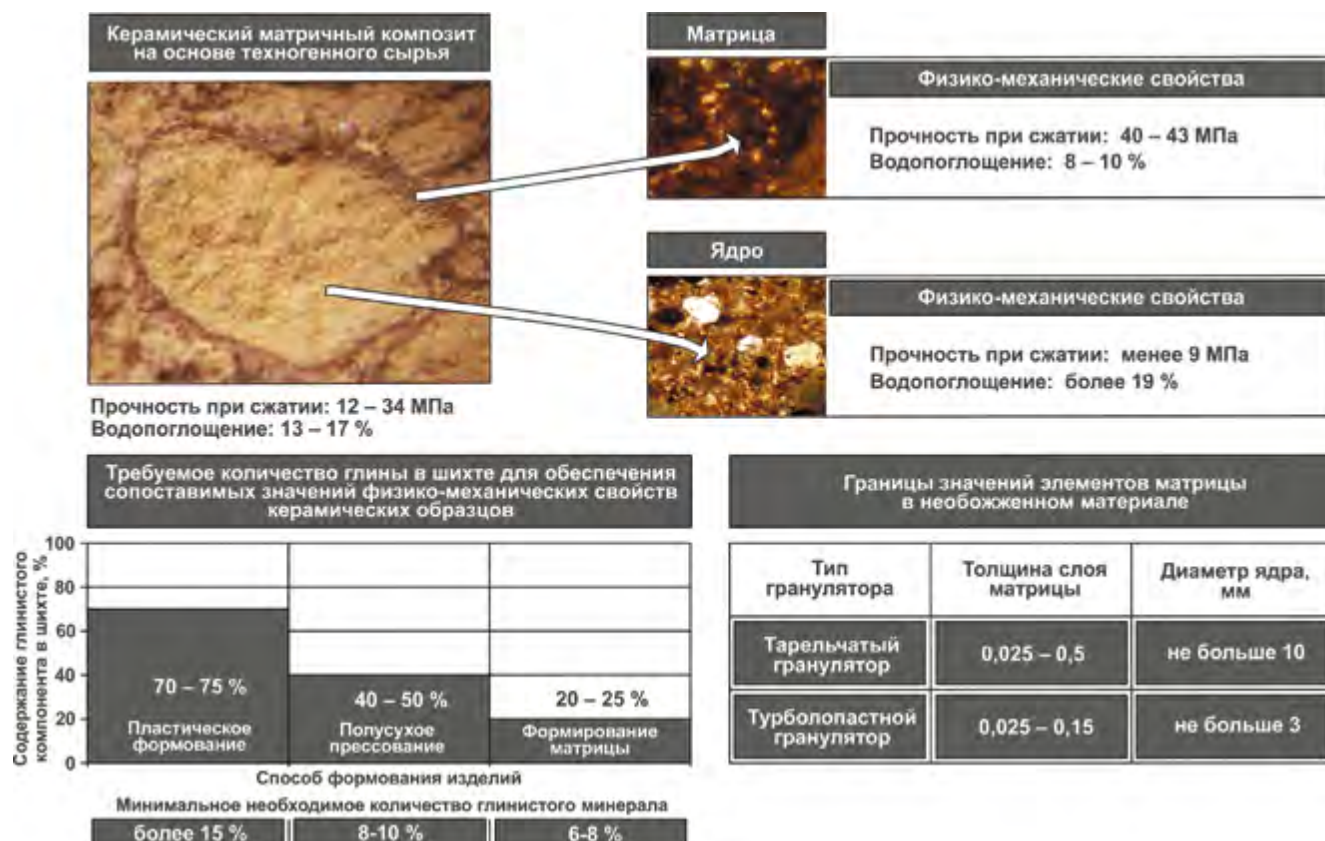


Рис. 6. Влияние матричной структуры на физико-механические свойства стеновой керамики из малопластичного неспекающегося техногенного и природного сырья

Особенностями поровой структуры керамического кирпича на основе малопластичного техногенного и природного сырья являются: формирование в ядре пор с размерами 0,04–4,4 мкм и значительное количество замкнутых макропор по границам гранул (рис. 4). При этом происходит демпфирование возникающих внутренних усадочных напряжений, препятствующее образованию трещин, что обеспечивает высокие показатели прочности при изгибе (до 4,1 МПа) и морозостойкости (50 циклов) стеновой керамики.

Комплексные петрографо-минералогические исследования изделий показали, что основными минеральными новообразованиями в кирпиче на основе отходов обогащения железных руд являются: по границам гранул – анортит, кристобалит, муллитоподобная фаза и железистая шпинель; внутри гранул – сложные пироксены типа авгита, гематит и воластонит. На основе отходов углеобогащения, углистых аргиллитов: по границам гранул – оливин и пироксены энстатит-ферросилитового ряда; внутри гранул – гематит, Fe-шпинель и ферриты кальция переменного состава [12].

Влияние матричной структуры на физико-механические свойства стеновой керамики из малопластичного неспекающегося сырья приведено на рис. 6. На примере шламистых железорудных отходов показано требуемое количество глины в шихте для обеспечения сопоставимых значений физико-механических свойств керамических образцов (прочность при сжатии 18–20 МПа, водо-

поглощение 12–15%) в зависимости от технологии их приготовления. Формирование матрицы обеспечивает снижение расхода глинистого компонента до 20–25 мас. % против 70–75 мас. %, необходимых при пластическом способе [13]. Это позволяет уменьшить содержание глинистых минералов до 6–8% в составе шихты в отличие от необходимого количества 12–15% при пластическом формировании изделий и 8–10% при полусухом прессовании с сушильно-помольной подготовкой пресс-порошков.

Использование на стадии формирования матричной структуры кирпича-сырца добавок-отходов, содержащих Fe_2O_3 , MnO_2 , Al_2O_3 и V_2O_5 , в количестве 3–5 мас. % обеспечивает интенсивное окрашивание изделий и получение керамического черепка с водопоглощением 7–10%, прочностью при сжатии более 65 МПа и морозостойкостью более 50 циклов. Это дает основание для разработки промышленной технологии производства клинкерных керамических материалов на основе некоторых промышленных отходов, в частности шламистых железорудных отходов [14].

Таким образом, разработанная технология производства керамических изделий матричной структуры, представляющих собой систему из ядер недоспеченного материала и плотноспеченную оболочку, позволяет на основе малопластичного неспекающегося природного и техногенного сырья обеспечить высокие прочностные и эксплуатационные характеристики стеновой керамики.

Список литературы

1. Ашмарин Г.Д., Курносое В.В., Ласточкин В.Г. Энерго- и ресурсосберегающая технология керамических стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2010. № 4. С. 24–27.

References

1. Ashmarin G.D., Kurnosov V.V., Lastochkin V.G. Energy and resource-saving technology of ceramic wall materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2010. No. 4, pp. 24–27. (In Russian).

2. Прошунин Ю.Е., Волынкина Е.П. Концепция технопарка о развитии отрасли управления отходами в Кузбассе // *Управление отходами — основа восстановления экологического равновесия в Кузбассе: Сб. докладов II междунар. конференции*. Новокузнецк: СибГИУ, 2008. С. 15–20.
3. Кройчук Л.А. Использование нетрадиционного сырья для производства кирпича и черепицы в Китае // *Строительные материалы*. 2003. № 7. С. 8–9.
4. Верещагин В.И., Бурученко Е.А., Кашчук И.В. Возможности использования вторичного сырья для получения строительной керамики и ситаллов // *Строительные материалы*. 2000. № 7. С. 20–23.
5. Стороженко Г.И., Столбоушкин А.Ю., Мишин М.П. Перспективы отечественного производства керамического кирпича на основе отходов углеобогащения // *Строительные материалы*. 2013. № 4. С. 57–61.
6. Патент РФ 2500647. Сырьевая смесь для изготовления стеновой керамики и способ ее получения / Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И., Иванов А.И., Бердов Г.И., Столбоушкина О.А. Заявл. 20.04.2012. Опубл. 10.12.2013. Бюл. № 34.
7. Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Необходимость и перспективы утилизации шламистых железорудных отходов Кузбасса в технологии стеновых керамических материалов // *Строительные материалы*. 2009. № 4. С. 77–80.
8. Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Отходы углеобогащения как сырьевая и энергетическая база заводов керамических стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2011. № 4. С. 43–46.
9. Стороженко Г.И., Чивелев В.Д., Гуров Н.Г. и др. Опытнo-промышленная апробация технологии тонкого помола минерального, техногенного и глинистого закарбонизированного сырья для производства стеновой керамики // *Строительные материалы*. 2012. № 5. С. 48–50.
10. Столбоушкин А.Ю., Бердов Г.И. Особенности тепло- и массообменных процессов при обжиге керамического кирпича из опудренных гранул // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2010. № 1. С. 37–46.
11. Stolboushkin A.Yu., Zorya V.N., Stolboushkina O.A. SEM investigation of the structure of ceramic matrix composite produced from iron-ore waste // *Advanced Materials Research: Trans Tech Publications*. 2014. Vol. 831, pp. 36–39. (<http://www.scientific.net/AMR.831.36>).
12. Столбоушкин А.Ю. Особенности формирования структуры керамического матричного композита из гранулированных шихт // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2008. № 11. С. 25–32.
13. Столбоушкин А.Ю. Моделирование условий и направленное регулирование структурообразования композиционных керамических материалов на основе шламистых отходов обогащения железных руд // *Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сб. научных трудов*. Новокузнецк: СибГГМА, 1995. Вып. 2. С. 73–77.
14. Патент РФ 2415103. Сырьевая смесь для изготовления керамических изделий / Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И., Дружинин С.В., Бердов Г.И., Тихонова Е.В., Мацнева А.А. Заявл. 03.08.2009. Опубл. 27.03.2011. Бюл. № 9.
2. Proshunin Y.E., Volynkina E.P. Technopark's concept of the waste management industry development in Kuzbass. *Waste Management — the basis of the recovery of the ecological balance in the Kuzbass: proceedings of the second int. conference*. Novokuznetsk: SibSIU. 2008, pp. 15–20. (In Russian).
3. Kroychik L.A. The use of non-traditional raw material for the production of bricks and tiles in China. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2003. No. 7, pp. 8–9. (In Russian).
4. Vereshchagin V.I., Buruchenko E.A., Kashchuk I.V. The possibilities of using recycled materials for production of building ceramics and glass sitalls. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2000. No. 7, pp. 20–23. (In Russian).
5. Storozhenko G.I., Stolboushkin A.Yu., Mishin M.P. Prospects of the domestic manufacture of ceramic brick on the basis of iron-ore wastes. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 4, pp. 57–61. (In Russian).
6. Patent RF 2500647. *Syr'evaya smes' dlja izgotovleniya stenovoj keramiki i sposob ee poluchenija* [The raw material mixture for the production of wall ceramic and a method for its production]. Stolboushkin A.Y., Storozhenko G.I., Ivanov A.I., Berdov G.I., Stolboushkin O.A. Declared 20.04.2012. Published 10.12.2013. Bulletin No. 34. (In Russian).
7. Stolboushkin A.Yu., Storozhenko G.I. The necessity and prospects for utilization of slimy iron wastes of Kuzbass in the technology of wall ce-ramic materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 4, pp. 77–80. (In Russian).
8. Stolboushkin A.Yu., Storozhenko G.I. Iron-ore wastes as a raw material and energy base of plants of ceramic wall materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 4, pp. 43–46. (In Russian).
9. Storozhenko G.I., Kiselev V.D., Sukhov N.G. et al. Experimental-industrial testing of the technology of fine-grained mineral, technogenic and clay carbonized raw materials for the ceramic wall production. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 5, pp. 48–50. (In Russian).
10. Stolboushkin A.J., Byrd G.I. Features of heat and mass transfer processes during firing of ceramic bricks of powdered granules. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo*. 2010. No. 1, pp. 37–46. (In Russian).
11. Stolboushkin A.Yu., Zorya V.N., Stolboushkina O.A. SEM investigation of the structure of ceramic matrix composite produced from ironore waste. *Advanced Materials Research: Trans Tech Publications*. 2014. Vol. 831, pp. 36–39. (<http://www.scientific.net/AMR.831.36>).
12. Stolboushkin A.Yu. Peculiarities of the structure forming of the ce-ramic matrix composite of granulated charge. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo*. 2008. No. 11, pp. 25–32. (In Russian).
13. Stolboushkin A.Y. Simulation of the conditions and directed regu-lation of structure forming of composite ce-ramic materials based on slimy iron-ore wastes. *Bulletin of the mining and metallurgical section of the Russian Academy of Natural Sciences*. Branch of metallurgy: collection of scientific works. Novokuznetsk: SibGGMA. 1995. Is. 2, pp. 73–77. (In Russian).
14. Patent RF 2415103. *Syr'evaya smes' dlja izgotovleniya keramicheskikh izdelij* [The raw material mixture for the ceramic products production]. Stolboushkin A.Y., Storozhenko G.I., Druzhinin S.V., Berdov G.I., Tikhonova E.V., Matsneva A.A. Declared 03.08.2009. Published 27.03.2011. Bulletin No. 9. (In Russian).

The Largest and Major Ceramics Industry Exhibition
in the World with **100,000sqm** Exhibiting Space !



CERAMICS CHINA 2017

Date: June 1st - 4th, 2017

Venue: Canton Fair Complex, Guangzhou

Hosted by China Ceramic Industrial Association
Organized by Unifair Exhibition Service Co., Ltd.



UNIFAIR
EXHIBITION SERVICE

+86-20-8327 6369 / 8327 6389
overseas@ceramicschina.com.cn
www.ceramicschina.com.cn

Г.И. ЯКОВЛЕВ¹, д-р техн. наук, Ю.Н. ГИНЧИЦКАЯ¹, магистр; О. КИЗИНИЕВИЧ², доктор-инженер; В. КИЗИНИЕВИЧ², доктор-инженер; А.Ф. ГОРДИНА¹, магистр

¹ Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова (426000, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7)

² Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (10223, Литовская Республика, г. Вильнюс, Саулетико, 11)

Влияние дисперсий многослойных углеродных нанотрубок на физико-механические характеристики и структуру строительной керамики

Приведены основные результаты исследований влияния дисперсий многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) Masterbatch CW 2-45 на физико-механические характеристики и структуру строительной керамики. В исследованиях использованы дисперсии, полученные на высокоскоростном гомогенизаторе и прошедшие ультразвуковую обработку. Доказано, что введение данных дисперсий в шихту для производства строительной керамики способствует повышению однородности структуры керамической матрицы и снижению ее пористости. Изменение структуры керамического черепка приводит к повышению механических показателей керамических образцов до и после обжига. Установлено, что введение оптимального процента МУНТ в количестве 0,001% от формуемой массы позволяет модифицировать керамическую матрицу, улучшая ее физико-механические показатели на 28–32%.

Ключевые слова: керамика, многослойные углеродные нанотрубки, наномодификация, показатели прочности, пористость, ультразвук.

G.I. YAKOVLEV¹, Doctor of Sciences (Engineering) (gyakov@istu.ru), Yu.N. GINCHITSKAYA¹, Master;

O. KIZINIEVICH², Doctor-Engineer (olga.kizinievic@vgtu.lt), V. KIZINIEVICH², Doctor-Engineer; A.F. GORDINA¹, Master

¹ Kalashnikov Izhevsk State Technical University (7, Studencheskaya Street, Izhevsk, 426069, Russian Federation)

² Vilnius Gediminas Technical University (11, Saulėtekio al., LT-10223, Vilnius, Lithuania)

Influence of Dispersions of Multilayer Carbon Nano-Tubes on Physical-Mechanical Characteristics and Structure of Building Ceramics

Main results of the study of influence of dispersions of multilayer carbon nano-tubes (MCNT) Masterbatch CW 2-45 on the physical-mechanical characteristics and structure of building ceramics are presented. Dispersions obtained at the high-speed homogenizer and treated by ultrasound were used in studies. It is proved that the introduction of these dispersions in the charge for manufacturing the building ceramics contributes to improving the homogeneity of ceramic matrix structure and reducing its porosity. The change in the structure of a ceramic crock leads to improving mechanical indicators of ceramic samples before and after burning. It is established that introducing the optimal percent of MCNT in the amount of 0.001% of the mass formed makes it possible to modify the ceramic matrix, improving its physical-mechanical characteristics by 28–32%.

Keywords: ceramics, multilayer carbon nano-tubes, nano-modification, strength indicators, porosity, ultrasound.

На современном этапе развития строительного материаловедения одним из приоритетных направлений исследований являются наноструктурированные материалы, отличающиеся улучшенными эксплуатационными характеристиками. Значительный интерес в этой области представляет наномодифицированная керамика. В качестве нанодобавок могут применяться многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ), однако их использование на настоящий момент ограничено рядом проблем, включающих сложность разделения пучков нанотрубок и их равномерного распределения в объеме материала [1]. Внедрение нанотрубок в керамическую матрицу может быть осуществлено различными путями: совместный помол [2], ультразвуковая обработка суспензий [3–6], выращивание наноструктур на частицах керамического порошка [7]. Углеродные нанодобавки в составе керамики способствуют улучшению спексаемости и повышению однородности ее структуры [8–10].

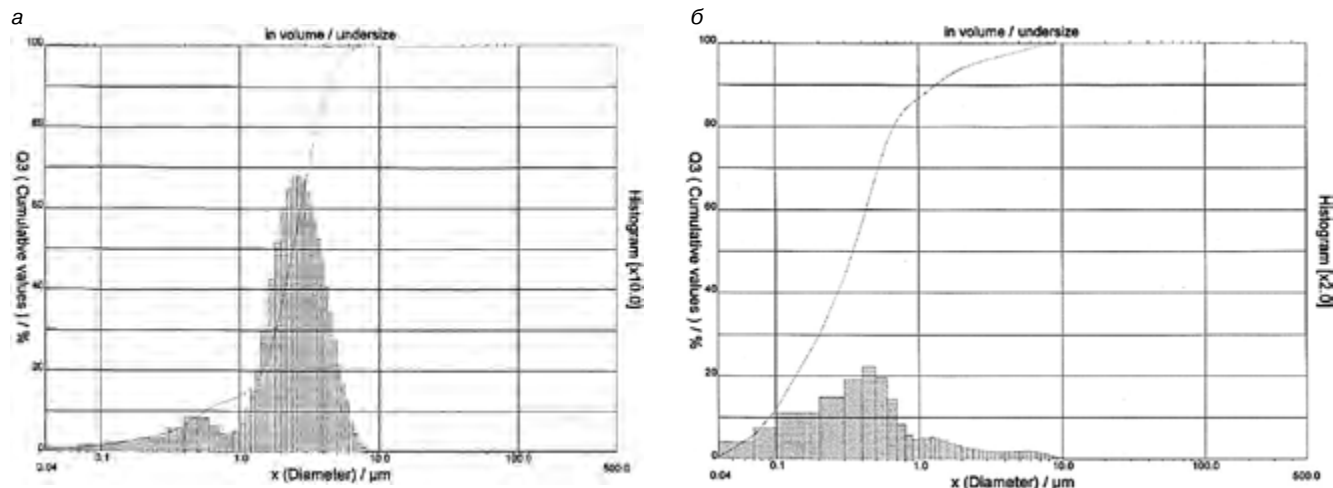


Рис. 1. Распределение частиц в дисперсиях МУНТ после 21 дня хранения: а – дисперсия без обработки; б – дисперсия дополнительно обработана ультразвуком

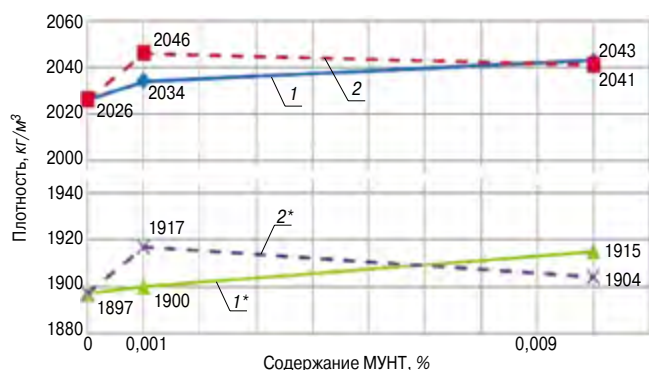


Рис. 2. Плотность керамических образцов: 1 – с дисперсией 1 после сушки; 2 – с дисперсией 2 после сушки; 1* – с дисперсией 1 после обжига; 2* – с дисперсией 2 после обжига

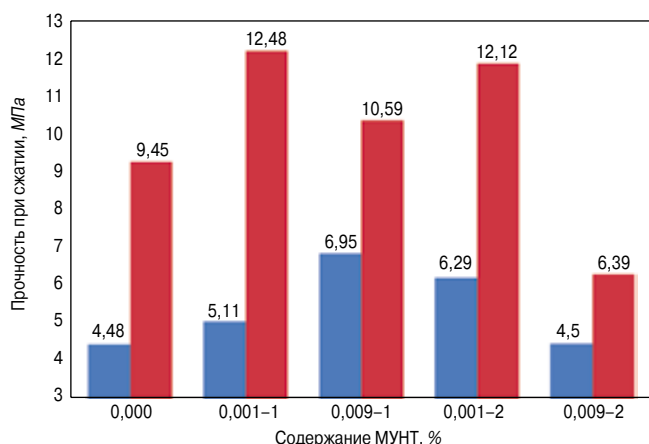


Рис. 3. Прочность при сжатии керамических образцов: синим цветом – после сушки; красным цветом – после обжига; 1 – с дисперсией 1; 2 – с дисперсией 2

В работах [11, 12] показано, что МУНТ ограничивают рост зерен при спекании, приводя к образованию тонкозернистой керамической матрицы, включая нанокристаллическую фазу. Однако на данный момент в научной литературе имеются разрозненные сведения о влиянии МУНТ на свойства строительной керамики [13, 14].

В данной работе рассмотрено влияние дисперсий МУНТ серии Masterbatch CW 2-45, в зависимости от количества их содержания и способа обработки дисперсий, на физико-механические свойства и структуру строительной керамики.

В качестве сырьевых материалов использована легкоплавкая глина Шабердинского месторождения (Удмуртская Республика, РФ), содержащая 13,33–16,10% оксидов алюминия и титана, 4,71–5,86% оксидов железа, и песок Бегешкинского месторождения (Удмуртская Республика, РФ).

В качестве наномодифицирующей добавки применяли МУНТ серии Masterbatch CW 2-45 (Arkema, Франция) с использованием сурфактантов на основе карбоксилметилцеллюлозы. МУНТ получены методом каталитического пиролиза CVD и имеют средний диаметр 10–15 нм с длиной 10–15 мкм. Для равномерного распределения МУНТ готовили 2% водную дисперсию на высокоскоростном гомогенизаторе, действующем по принципу сдвигающих усилий. В экспериментах использовались два типа дисперсий: дисперсия 1 не подвергалась ультразвуковой обработке, дисперсия 2 дополнительно обработана ультразвуком.

После 21 дня хранения дисперсии МУНТ имеют следующее распределение частиц (рис. 1), анализ дисперсности проводился на приборе CILAS 1090 Liquid.

Для проведения исследований из керамической массы были изготовлены образцы-цилиндры диаметром 35 мм и высотой 50 мм. В шихту, состоящую из 70% глины и 30% песка, вводили МУНТ в количестве 0,001 и 0,009% от массы глины. Дисперсию МУНТ добавляли

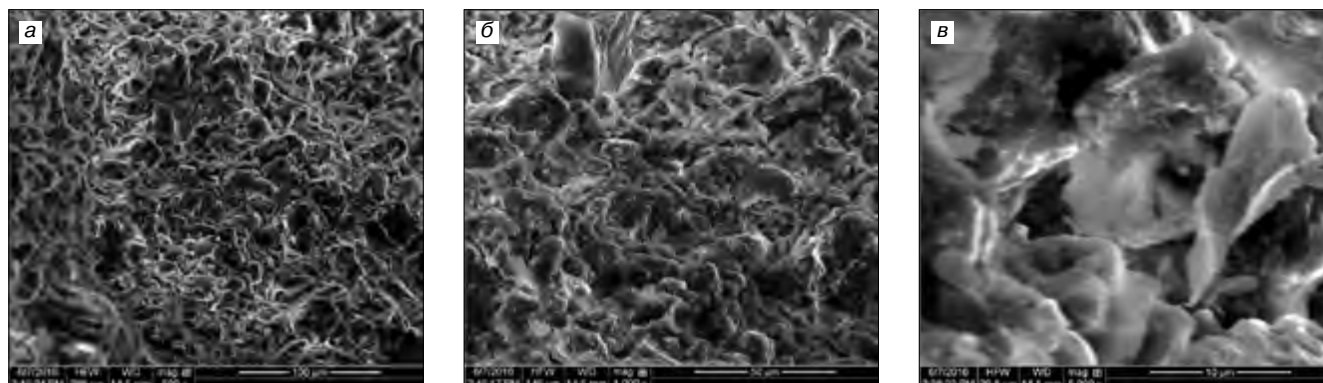


Рис. 4. Микроструктура контрольного образца после сушки при увеличении: а – 500×; б – 1000×; в – 5000×

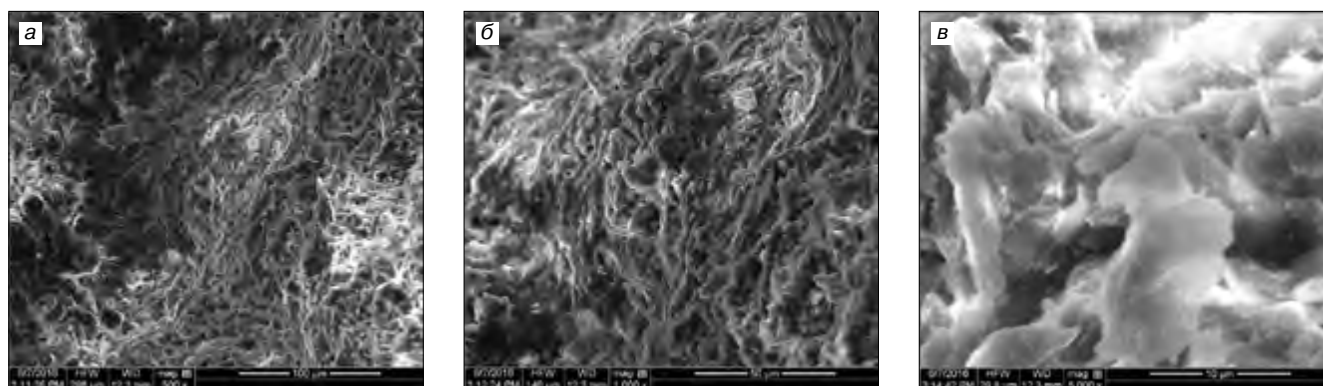


Рис. 5. Микроструктура образца после сушки, модифицированного 0,009% МУНТ (дисперсия 1): а – 500×; б – 1000×; в – 5000×

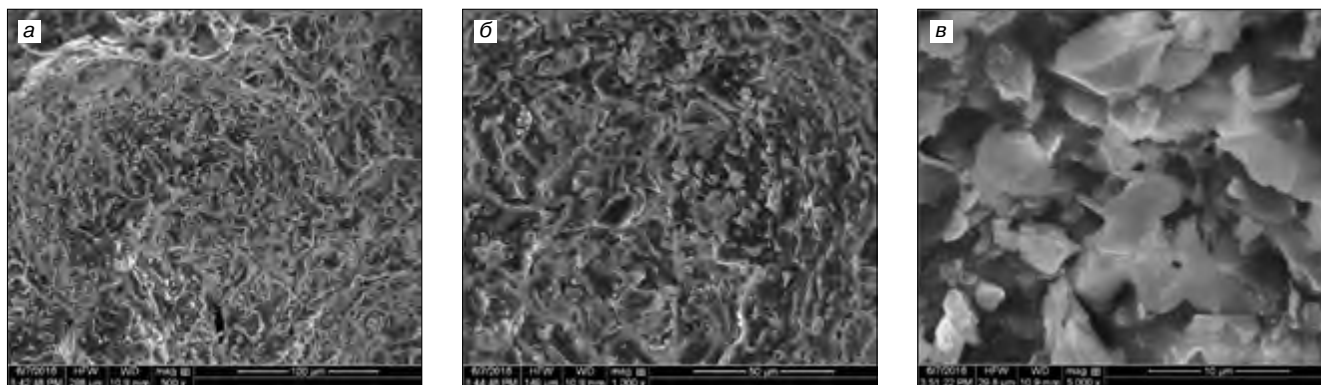


Рис. 6. Микроструктура образца после обжига, модифицированного 0,009 % МУНТ (дисперсия 1): а – 500×; б – 1000×; в – 5000×

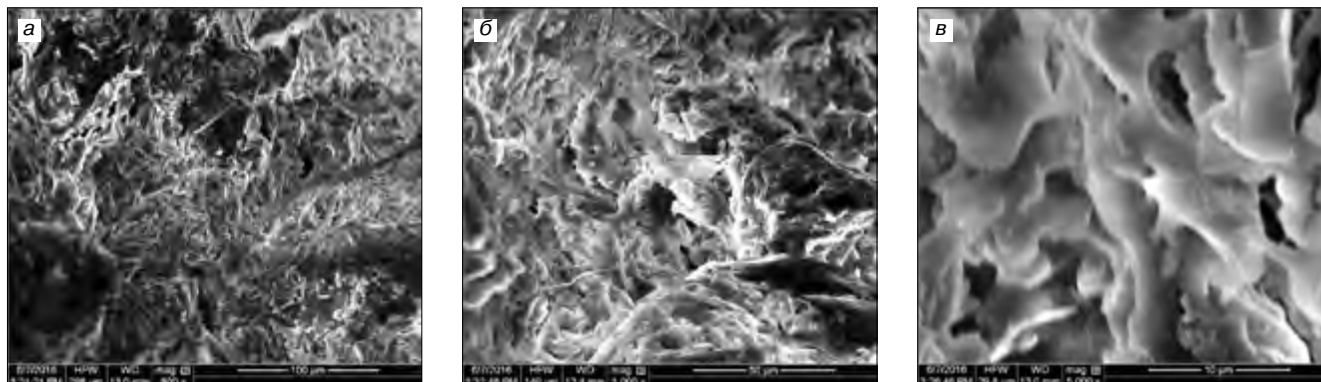


Рис. 7. Микроструктура контрольного образца после обжига: а – 500×; б – 1000×; в – 5000×

вместе с водой для увлажнения до формовочной влажности 21,85–22,85%. Полученную массу выдерживали в течение двух суток для усреднения влажности, затем формовали образцы. Изготовленные образцы сушили в течение двух суток в нормальных условиях при температуре $20 \pm 5^\circ\text{C}$, затем сутки в сушильном шкафу при температуре 105°C . Высушенные образцы обжигали при температуре 1000°C при изотермической выдержке в течение часа.

Анализ микроструктуры образцов проводился с применением сканирующего электронного микроскопа Quanta 250 (FEI Company). Рентгенофазовый анализ проведен на дифрактометре DRON-7. Дифференциально-термический анализ осуществлен с помощью термо-

гравиметрического анализатора TGA/DSC1 компании «Меттлер-Толедо».

Исследования показали, что модификация керамической матрицы дисперсиями МУНТ приводит к повышению ее плотности как после сушки, так и после обжига (рис. 2).

Образцы с дисперсией 1 имеют максимальную плотность при содержании МУНТ в количестве 0,009%. Образцы с дисперсией 2, напротив, достигают максимальной плотности при 0,001% МУНТ. Предположительно МУНТ уплотняют структуру керамической массы на этапе формования.

Физико-механические испытания (рис. 3) выявили, что наибольший прирост прочности 55% наблюдается



Рис. 8. Объем пористого пространства образцов после обжига: WR – общая открытая пористость; WE – эффективная пористость; R – резерв пористого пространства

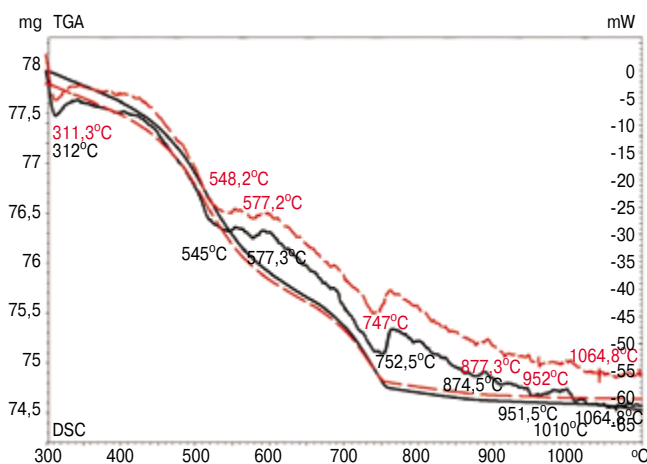


Рис. 9. Дериватограммы керамических образцов: черным цветом – контрольный образец; красным цветом – образец, модифицированный 0,001% МУНТ (дисперсия 2)

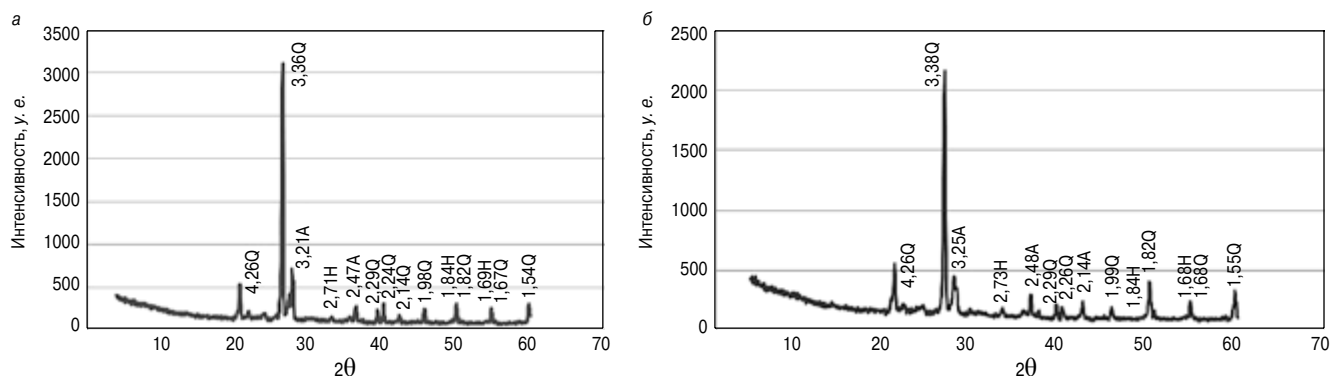


Рис. 10. Рентгенограммы образцов после обжига: а – контрольный образец; б – образец, модифицированный 0,009% МУНТ (дисперсия 1); Q – кварц; H – гематит; А – анортит

для сырца с дисперсией 1, содержащего 0,009% МУНТ (6,95 МПа). Введение дисперсии 2 в количестве 0,001% МУНТ повышает прочность сырца на 40%. Но в то же время после обжига наибольшей прочностью обладают образцы, содержащие 0,001% МУНТ (дисперсия 1), прочность увеличивается на 32% по сравнению с контрольным образцом. Прочность образцов с содержанием дисперсии 0,009% повысилась на 12%.

Снимки микроструктуры образцов после сушки, контрольного и модифицированного 0,009% МУНТ (дисперсия 1), представлены на рис. 4 и 5 соответственно. Образец, модифицированный МУНТ, обладает более плотной структурой, чем контрольный. На снимках видно (рис. 5), что при введении МУНТ в матрицу количество и размер открытых пор сокращаются. Анализ микроструктуры подтверждает ранее приведенные данные об увеличении плотности (рис. 2) и прочности (рис. 3) модифицированного образца.

После обжига модифицированный образец с содержанием МУНТ в количестве 0,009% (рис. 6) также обладает более однородной структурой по сравнению с контрольным образцом (рис. 7), поры в нем равномерно распределены по всей керамической матрице.

Изменение структурных показателей пористости керамики (общая открытая пористость, эффективная пористость, резерв пористого пространства) при введении МУНТ приведено на рис. 8. Образцы, содержащие МУНТ, имеют больший резерв пористого пространства и меньший объем эффективной пористости. Резерв пористого пространства характеризует объем резервных пор и капилляров, в которые проникновение воды затруднено. Как правило, чем выше резерв пористого пространства, тем выше морозостойкость и долговечность керамики. При этом водопоглощение образцов не изменилось и составило 10,5–11,08%.

Физико-химический анализ образцов включал проведение дифференциально-термического анализа (рис. 9) и инфракрасной спектроскопии (рис. 10). На дериватограммах образцов можно наблюдать эндотермический эффект в районе 312°C, связанный с удалением воды из сырца (съемка спектра производилась с температуры 300°C, что привело к удалению свободной влаги в начале спектра), и эндотермические пики в интервале температуры 545–548°C (дегидратация глинистых минералов) и 577°C (перекристаллизация кварца в составе керамической шихты). При температуре 700–780°C продолжается дегидратация глинистых минералов.

Рентгенофазовый анализ керамических образцов после обжига показал наличие минералов кварца, анортита и гематита [15]. На рентгенограммах (рис. 10) контрольного образца и образца, модифицированного 0,009% МУНТ, видно, что модифицирующая добавка не

оказывает влияния на минералогический состав керамической матрицы. Следовательно, введение дисперсий МУНТ приводит к изменению структуры керамики, сопровождающейся улучшением механических показателей изделий.

Выводы.

Введение МУНТ оказывает положительное влияние на плотность образцов до и после обжига, что подтверждается улучшенными физико-механическими свойствами керамики и анализом ее макро- и микроструктуры. Керамическая матрица модифицированных образцов до и после обжига обладает более однородной и плотной микроструктурой, количество глубоких связанных между собой пор незначительное, они равномерно распределены по всему объему. Проведенные исследования показали, что введение МУНТ в количестве 0,009% повышает прочность сырца на 55%. Прочность образцов, модифицированных дисперсией МУНТ в количестве 0,001%, после обжига увеличивается до 32% в сравнении с контрольными образцами и на 18% в сравнении с образцами, модифицированными дисперсией МУНТ в количестве 0,009%. В то же время физико-химический анализ показал, что добавки МУНТ не влияют на минералогический состав керамики.

Список литературы / References

- Samal S., Bal S. Carbon Nanotube Reinforced Ceramic Matrix Composites – A Review. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*. 2008. Vol. 7, pp. 355–370.
- Yang F.Y., Zhang X.H., Han J.C., Du S.Y. Processing and mechanical properties of short carbon fibers toughened zirconium diboride-based ceramics. *Materials & Design*. 2008. Vol. 29, pp. 1817–1820.
- Corral E.L., Loehman R.E. Ultra-High-Temperature Ceramic Coatings for Oxidation Protection of Carbon-Carbon Composites. *Journal of the American Ceramic Society*. 2008. Vol. 91, pp. 1495–1502.
- Inam F., Yan H., Reece M.J., Peijs T. Dimethylformamide: an effective dispersant for making ceramic-carbon nanotube composites. *Nanotechnology*. 2008. Vol. 19, pp. 355–370.
- Poyato R., Vasiliev A.L., Padture N.P., Tanaka H., Nishimura T. Aqueous colloidal processing of single-wall carbon nanotubes and their composites with ceramics. *Nanotechnology*. 2006. Vol. 17, pp. 1770–1777.
- Belmonte M., Vallés C., Maser W.K., Benito A.M., Martinez M.T., Miranzo P., Osendi M.I. Processing route to disentangle multi-walled carbon nanotube towards ceramic composite. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. 2009. No. 9, pp. 6164–6170.

7. Kamalakaran R., Lupo F., Grobert N., Lozano-Castello D., Jin-Philipp N.Y., Ruhle M. In-situ formation of carbon nanotubes in an alumina-nanotube composite by spray pyrolysis. *Carbon*. 2003. Vol. 41, pp. 2737–2741.
8. Dillon F.C., Moghal J., Koos A., Lozano J.G., Miranda L., Porwal H., Reece M.J., Grobert N. Ceramic composites from mesoporous silica coated multi-wall carbon nanotubes. *Microporous and Mesoporous Materials*. 2015. No. 217, pp. 159–166.
9. Qing Y., Zhou W., Huang Sh., Huang Zh., Luo F., Zhu D. Microwave absorbing ceramic coatings with multi-walled carbon nanotubes and ceramic powder by polymer pyrolysis route. *Composites Science and Technology*. 2013. No. 89, pp. 10–14.
10. Dassios K.G., Bonnefont G., Fantozzi G., Matikas T.E. Novel highly scalable carbon nanotube-strengthened ceramics by high shear compaction and spark plasma sintering. *Journal of the European Ceramic Society*. 2015. No. 35, pp. 2599–2606.
11. Hvizdos P., Puchy V., Duszova A., Dusza J., Balazsi Cs. Tribological and electrical properties of ceramic matrix composites with carbon nanotubes. *Ceramics International*. 2012. Vol. 38, pp. 5669–5676.
12. Inam F., Yan H., Peijs T., Reece M.J. The sintering and grain growth behaviour of ceramic-carbon nanotube nanocomposites. *Composites Science and Technology*. 2010. Vol. 70, pp. 947–952.
13. Яковлев Г.И., Полянских И.С., Мачюлайтис Р., Керене Я., Малайшкене Ю., Кизиниевич О., Шайбадулина А.В., Гордина А.Ф. Наномодифицирование керамических материалов строительного назначения // *Строительные материалы*. 2013. № 4. С. 62–64.
13. Yakovlev G.I., Polyanskikh (Maeva) M.S., Machyulaytis R., Kerene Ya., Malayshkene C.yu., Kizinevich O., Shaybadullina A.v., Gordina A.f. Nanomodification of ceramic materials for construction purposes. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 4, pp. 62–64. (In Russian).
14. Яковлев Г.И., Полянских И.С., Шайбадулина А.В., Гордина А.Ф., Бочкарева Т.В., Зайцева Е.А. Перспективы наномодифицирования керамических материалов строительного назначения // *Интеллектуальные системы в производстве*. 2013. № 1. С. 189–192.
14. Yakovlev G.I., Poljanskiy I.S., Shajbadullina A.V., Gordina A.F., Bochkareva T.V., Zajtseva E.A. Prospects of nano-modification of ceramic materials for building purposes. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2013. No. 1, pp. 189–192. (In Russian).
15. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. М.: Гос. научн.-техн. изд-во литературы по геологии и охране недр, 1957. 870 с.
15. Miheev V.I. Rentgenometricheskij opredelitel' mineralov [Radiometric determiner of minerals]. Moscow: Gosudarstvennoe nauchno-technicheskoe izdatel'stvo literatury po geologii i ohrane neдр. 1957. 870 p.

be different



be colourful

Линии для глазурирования и ангобирования кирпича и черепицы



SMAC www.smac.it - info@smac.it

Официальный представитель "СМАК" в России ООО "Эстезо Трейд"

www.esteso.ru info@esteso.net +7 495 984 19 28

Реклама

Дню строителя в России 60 лет

14 августа 2016 г. в России будет в 60-й раз отмечаться День строителя. Это профессиональный праздник тех, кто возводит жилые дома и заводы, школы и больницы, стадионы и торговые комплексы, праздник всех тех, кто обеспечивает полноценную работу огромной multifunctional отрасли – строительства.

Советский Союз обязан этим праздником Н.С. Хрущеву. По одной из версий, посетив строительство Куйбышевской ГЭС и восхитившись самоотверженным трудом ее создателей, Первый секретарь ЦК КПСС принял решение учредить профессиональный праздник для строителей. Указ Президиума Верховного Совета СССР за подписью Председателя Президиума К.Е. Ворошилова «Об установлении ежегодного праздника «Дня строителя» опубликован в «Строительной газете» от 7 сентября 1955 г. Днем празднования было выбрано второе воскресенье августа.

1955 год стал знаменательным для советского строительства. Принятое 23 августа Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по дальнейшей индустриализации, улучшению качества и снижению стоимости строительства» полно и всесторонне анализировало состояние строительства в стране и четко обозначило новые перспективы его индустриализации и дальнейшего развития.

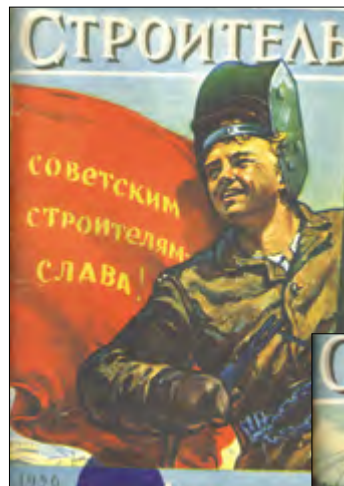
Профессиональные периодические издания – газеты, журналы – всегда с момента своего образования освещали самые актуальные и острые проблемы отрасли, отмечали успехи и критиковали недостатки на местах, доводили до читателей новые и передовые технологии в различных сферах строительства, обобщали и анализировали отечественный и зарубежный опыт строительного дела.

Разумеется, и учреждение нового профессионального праздника, и подготовка к нему широко освещались в периодической печати 1955–1956 гг. Передовицы газет «Московский строитель» и «Строительной» сообщают нам об отличных результатах социалистического соревнования, развернувшегося на всех стройках Советского Союза в преддверии первого Дня строителя. «Строительная газета» отличалась строгим, сухим стилем подачи материала, сообщая о достижениях и проблемах отрасли. А вот газету «Московский строитель» можно читать не отрываясь как увлекательный рассказ о самых разных сторонах жизни советских строителей, и не только. Спортивные победы членов «ДСО «Строитель», выступления сводного хора строителей из трехсот человек на всесоюзном смотре, культура быта строителей, передовой опыт зарубежных – в том числе и капиталистических – стран в строительстве и ремонте.

В подготовку к празднику были вовлечены все подведомственные учреждения Госстроя СССР и смежные организации. В газете «Московский строитель» от 15 июля 1956 г. вышла заметка «Навстречу празднику». В ней рассказывалось о постановлении Президиума ВЦСПС СССР «Об участии профсоюзных организаций в подготовке к празднованию Дня строителя в 1956 году», где, в частности, говорилось: «Президиум ВЦСПС рекомендовал республиканским, краевым, областным, постройным и заводским комитетам организовать в День строителя общие собрания рабочих и служащих, народные гулянья, концерты художественной самодеятельности, привлекая к участию во всех этих мероприятиях широкие массы рабочих и служащих». Праздник должен быть отмечен ярко, шумно и широко!

Москва отмечала праздник строителей массовыми гуляньями, выставками, докладами и лекциями. Особенно многолюдно было в Центральном парке культуры и отдыха им. Горького, где состоялось собрание строителей Ленинского района столицы, которые возвели архитектурный ансамбль здания МГУ, кварталы жилых домов на юго-западе столицы, стадион имени В.И. Ленина. На празднике принимались решения и давались обязательства.

Ежемесячные номера журнала «Строитель» притягивают взгляд красочными обложками, прославляющими труд и быт советских строителей. В августовском номере 1956 г. напечатана большая статья о том, чем встречают советские строители свой первый празд-



ник в разных уголках нашей огромной страны – в столицах союзных республик, в степном Семипалатинске, в далеком приамурском Райчихинске. Рассказ о трудовых биографиях передовиков и ветеранов отрасли, быте и культуре отдыха строителей дополнен богатым фотоматериалом – со строек и с улиц уже возведенных городов и поселков, портретами крановщиков, каменщиков, прорабов и других мастеров-строителей.

Статью предваряет небольшая публикация «Праздник московских строителей». В преддверии праздника, 31 июля 1956 г., на только что построенном Центральном стадионе им. В.И. Ленина в Лужниках собрались более 100 тыс. строителей Москвы. К первому Дню строителя ими была завершена первая очередь строительства нового стадиона. На собрании присутствовали руководители партии и правительства Советского Союза. Н.С. Хрущев поздравил строителей с праздником и с постройкой нового спортивного объекта. С трибуны также выступали сами строители – маляр Е. Родионова, прораб А. Родкин, знатный каменщик Москвы Н.Е. Ольшанов и другие. Отчитываясь о своей работе, они не могли скрыть и не скрывали радости, осознания нужности и важности своего дела, чувства выполненного долга.

Кстати, в номере газеты «Московский строитель» от 12 августа 1956 г. появилась веселая рубрика «Дружеские посвящения», где коротко сообщалось о завершении строительства какого-либо объекта в Москве и помещалось по этому поводу небольшое стихотворение.

На фотографиях подшивок журналов и газет 60-летней давности уникальные, узнаваемые объекты строительства – гидроэлектростанции, кинотеатры, дорожные развязки, административные здания, фотографии московских улиц. В настоящее время на этих улицах другие автомобили, другие вывески и витрины магазинов, иначе одетые прохожие. Но дома – те самые, что на старых фотографиях пугают своими недостроенными силуэтами без дверей и окон. Они – ровесники Дня строителя в нашей стране!

*По материалам фонда периодической печати
ФБУ «Центральная научно-техническая библиотека
по строительству и архитектуре»
www.cntb-sa.ru*

«Строймастер 2016»

10 августа 2016 г. в рамках празднования 60-й годовщины Всероссийского Дня строителя в ГЦКЗ «Россия» состоялось подведение итогов Национального конкурса профессионального мастерства «Строймастер 2016» и торжественное награждение финалистов.

Конкурс, организатором которого являются Ассоциация «Национальное объединение строителей» и Минстрой России, проводится с 2010 г. Награды лучшим работникам строительной отрасли в 2016 г. вручены в трех номинациях: «Лучший каменщик», «Лучший сварщик» и «Лучший штукатур».

Конкурс проходил в три этапа: на региональном, федеральном и всероссийском уровнях. Финальный этап конкурса состоялся 8 и 9 августа 2016 г. В нем приняли участие 29 представителей из большинства федеральных округов, а также Москвы и Санкт-Петербурга.

Группа КНАУФ СНГ четвертый год поддерживает Национальный конкурс профессионального мастерства «Строймастер» в различных регионах России и номинациях, выступая соорганизатором Всероссийского этапа вместе с Национальным объединением строителей (НОСТРОЙ). На базе производственного предприятия «КНАУФ ГИПС Новомосковский» прошел Всероссийский этап в номинациях «Лучший штукатур» и «Лучший каменщик».

Участники конкурса познакомились с высокотехнологичным производством «КНАУФ ГИПС Новомосковский», пообщались с работниками предприятия, создающими материалы, с которыми им доводится работать ежедневно.

Практический этап конкурса на звание «Лучший штукатур» прошел на одном из строящихся объектов города Новомосковска. Конкурсное задание заключалось в оштукатуривании гипсовой штукатурной смесью КНАУФ-Ротбанд двух стен из керамзитобетонных блоков со сформированным углом в 90° между ними. Участникам конкурса в номинации «Лучший каменщик» было необходимо выполнить кирпичную кладку фрагмента стены с изображением российского флага. Оценивало качество выполнения работ авторитетное жюри, состоящее из самых квалифицированных специалистов строительной отрасли.

Также 8 августа прошел этап конкурса «Строймастер» в номинации «Лучший сварщик». Конкурс проходил в Москве в Учебном центре профессиональной подготовки рабочих строительно-монтажного комплекса атомной отрасли. Все конкурсные задания были подготовлены с учетом профессиональных стандартов, разработанных Национальным объединением строителей и утвержденных Министерством труда и социальной защиты.

Финалистов конкурса наградили денежными призами и ценными подарками.

«Лучший сварщик»	«Лучший штукатур»	«Лучший каменщик»
1-е место А.Ю. Чусов (ОАО «Уралметаллург-монтаж 2», Уральский федеральный округ)	1-е место Н.Н. Цуканов (ООО «ПМК «Ставрополье», Северо-Кавказский федеральный округ)	1-е место П.П. Вареца (ООО «КубаньСпецСтрой», Южный федеральный округ)
2-е место Р.И. Таженев (ООО «С.М.А.ТРОЯ», Южный федеральный округ)	2-е место А.А. Кормщикова (ООО «Юпитер-НТ», Уральский федеральный округ)	2-е место А.А. Макаров (АО «СМП-280», Уральский федеральный округ)
3-е место П.В. Фролов (ОАО «ДСК-1», г. Москва)	3-е место С.В. Эшчанов (ООО «Строительные технологии», Центральный федеральный округ)	3-е место С.В. Доник, (ООО «ЛСР. Строительство Северо-Запад», г. Санкт-Петербург)



Исполнительный директор завода КНАУФ в Новомосковске А.В. Макеев, руководитель службы маркетинга группы КНАУФ СНГ И.А. Терентьев, руководитель Аппарата НОСТРОЙ В.В. Прядин



А.М. САЛАХОВ¹, канд. техн. наук (salakhov8432@mail.ru); В.П. МОРОЗОВ², д-р геол.-мин. наук;
Д.В. НАЙМАРК³, инженер; А.А. ЕСКИН², канд. геол.-мин. наук

¹ Казанский федеральный университет. Институт физики (420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18)

² Казанский федеральный университет. Институт геологии и нефтегазовых технологий (420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 4/5)

³ ОАО «Керма» (607680, Нижегородская обл., Кстовский район, д. Афонино)

Оптимизация режима обжига лицевого кирпича светлых тонов на заводе ОАО «Керма»

Даны характеристики глины Старкинского месторождения и шихты для производства лицевого кирпича на ее основе. Выявлены минеральные фазы, образующиеся в процессе обжига шихты. Сопоставлен фазовый состав лабораторных образцов и фрагментов кирпича, обожженного в заводской печи. На примере кирпичного завода «Керма» показано, что выявление фактической температуры, при которой происходят существенные изменения фазового состава, позволяет внести коррективы в режимы обжига, что приводит к улучшению характеристик производимого кирпича.

Ключевые слова: керамика, керамический кирпич, обжиг, минеральные фазы, структура материалов.

A.M. SALAKHOV¹, Candidate of Sciences (Engineering), (salakhov8432@mail.ru); V.P. MOROZOV², Doctor of Sciences (Geology and Mineralogy); D.V. NAYMARK³, General Director; A.A. ESKIN², Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy)

¹ Kazan Federal University, Institute of Physics (18, Kremlevskaya Street, 420008, Kazan, Russian Federation)

² Kazan Federal University, Institute of Geology and Petroleum Technologies (4/5, Kramlevskaya Street, 420008, Kazan, Russian Federation)

³ ZAO «Kerma» (607680, Afonino Village, Kstovsky District, Nizhny Novgorod Oblast, Russian Federation)

Optimization of Burning Conditions of Facing Brick of Light Tone at ОАО «Kerma» Plant

The characteristics of clay of the Starkinsky Deposit and charge for producing the facing brick on its basis are presented. Mineral phases, which are formed in the course of charge burning, are revealed. The phase composition of laboratory samples and fragments of brick burned in the plant kiln are compared. On the example of the «Kerma» brick-making plant, it is shown that the revealing of the factual temperature under which significant changes in the phase composition take place make it possible to make adjustments to burning conditions that lead to improving the characteristics of brick produced.

Keywords: ceramics, ceramic brick, burning, mineral phases, structure of materials.

В зарубежной [1, 2] и отечественной [3] литературе отмечается, что характеристики керамических материалов в значительной степени зависят от их минерального состава. Известно [4], что минеральные фазы, формируемые при обжиге глин с повышенным содержанием карбонатов, существенно отличаются от минеральных фаз глин без карбонатов. Отличия минерального состава имеют

следствием, в частности, существенные отличия цвета. Повышенный интерес к выпуску кирпича различного цвета вызывает необходимость его оценки как одного из критериев качества [5]. В то же время ученые Южно-Российского государственного политехнического университета справедливо отмечают: «Отсутствие в опубликованной литературе данных об изменении коэффициента



Рис. 1. РЭМ изображение глины Старкинского месторождения. Элементный состав из рентгеновских спектров участков, %: Спектр 1 – О – 79, Mg – 9, Al – 2, Si – 3, K – 1, Ca – 7; Спектр 3 – О – 75, Mg – 10, Al – 1, Si – 3, Ca – 11

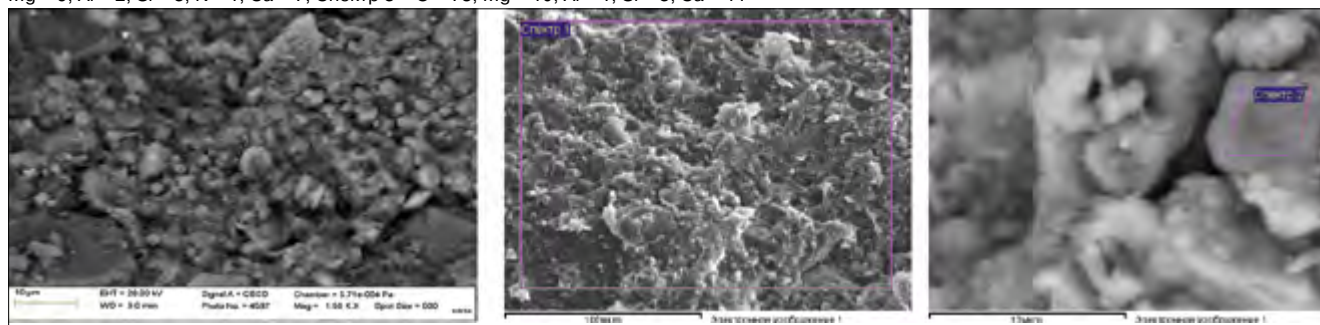


Рис. 2. РЭМ изображение фрагмента сырца завода «Керма». Элементный состав из рентгеновских спектров участков, %: Спектр 1 – О – 70, Mg – 3, Al – 4, Si – 14, K – 1, Ca – 5, Fe – 2; Спектр 2 – О – 68, Mg – 9, Al – 1, Si – 3, Ca – 18, Fe – 1%

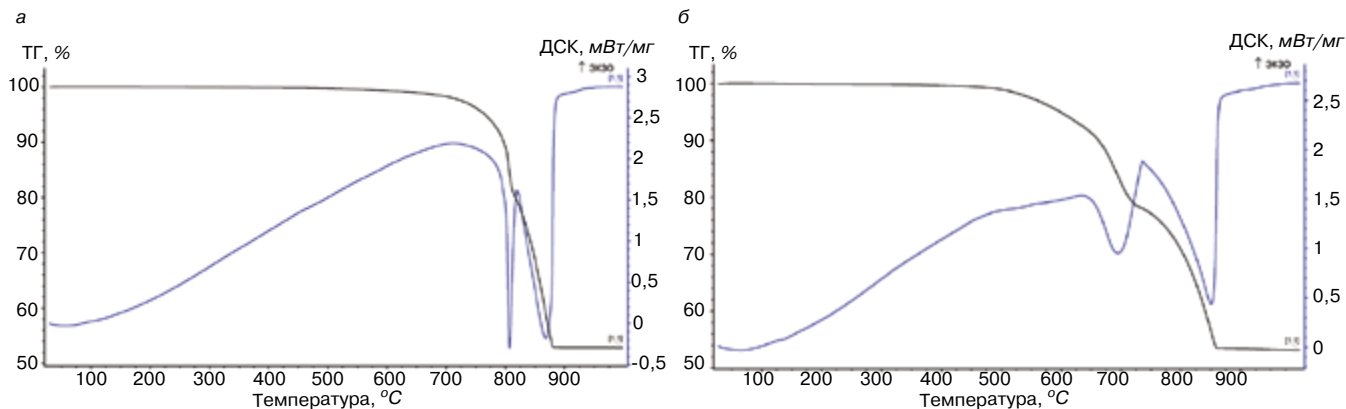


Рис. 3. Результаты термического анализа доломита: а – чистого (соли отмыты дистиллированной водой); б – с примесями



Рис. 4. Дифрактометр XRD-7000S. Общий вид (слева), вид гониометра (справа). Кафедра минералогии и литологии Казанского федерального университета

отражения, белизны и окрашивания отдельных минеральных фаз керамики не позволяет направленно проектировать и регулировать их декоративные свойства» [6].

Для производства лицевого кирпича светлых тонов на нижегородском заводе «Керма» используется слож-

ная шихта, состоящая преимущественно из глины Старкинского месторождения. Структура глины Старкинского месторождения представлена дисперсными образованиями различной морфологии. В составе дисперсных фракций глины отмечаются формирования доломита, представленные конгломератами размером 2–5 мкм (рис. 1).

В отделении массоподготовки завода была приготовлена шихта, из которой сформован кирпич-сырец. Исследованиями выявлено, что структура кирпича-сырца представлена дисперсными образованиями без крупных включений, в элементном составе сырца зафиксировано заметное количество кальция, магния и железа (рис. 2).

Принято считать [7], что диссоциация доломита происходит при температуре 760°C, однако это утверждение справедливо исключительно для доломитов без примесей, что в керамическом сырье для производства кирпича невозможно. Для уточнения реальной картины диссоциации доломита были проведены термические исследования чистого доломита и доломита с примесями (рис. 3). Установлено, что температура диссоциации доломита с примесями существенно ниже.

Результаты этих экспериментов подтверждены при анализе изменений фазового состава шихты с увеличением температуры. Исследования проводились на дифрактометре XRD-7000S (рис. 4) при температуре: 50, 200, 400, 500, 600, 700, 800, 850, 900, 950, 1000, 1050°C, а также остывшего образца при температуре 50°C.

Полученные дифрактограммы подвергались компьютерной обработке (программное обеспечение DIFFRACplus Evaluation Package – EVA Search/Match под управлением ОС «Windows XP», Международная картотека по-

Изменение фазового состава шихты для производства лицевого кирпича завода «Керма»

Т _{обж.}	Кварц	Полевой шпат	Смешанослойные глинистые минералы	Хлорит	Мусковит	Кальцит	Доломит	СаО	Ларнит	Диопсид	Акерманит	Гематит	Аморфная фаза
50	25	20	5	8	13	9	20						
200	25	20		8	13	9	20						5
400	25	20		8	13	9	20						5
500	25	20		7	13	9	20					1	5
600	25	20		6	13	9	5			5		3	14
700	25	20		4	13	6		5	10	9		3	5
800	25	20			13			3	13	17		3	6
850	25	20			13			1	10	22		3	6
900	25	20			13					22	10	3	7
950	25	20			11					22	11	4	7
1000	20	20			9					25	14	2	10
1050	15	15								35	12		23
50*	18	19								50			13

Примечание. 50* – фазовый состав остывшего после обжига образца.

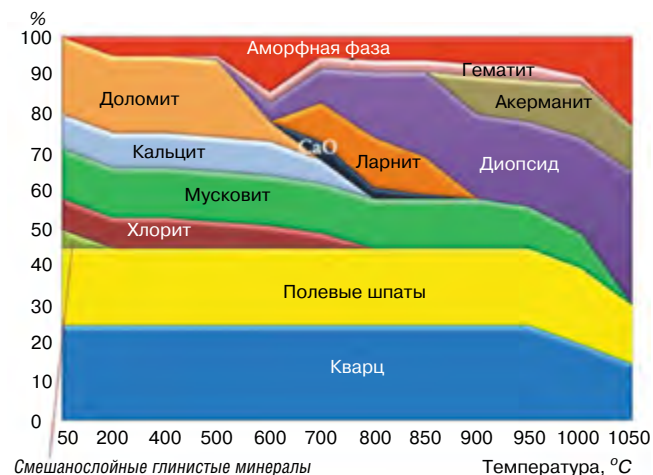


Рис. 5. Диаграмма изменения фазового состава шихты завода «Керма»

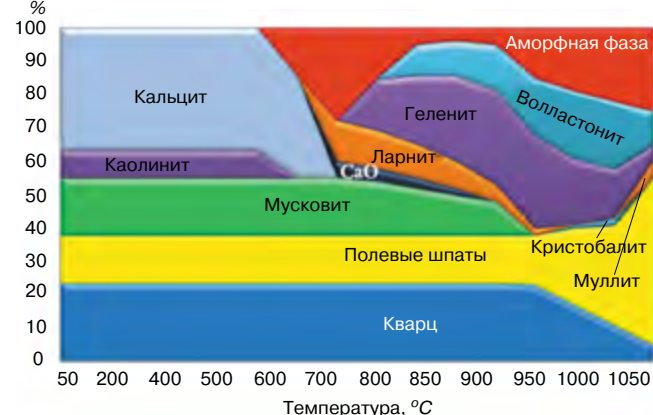


Рис. 7. Диаграмма изменения фазового состава «шихты с флуктуациями»

рошковых рентгенографических стандартов PDF-2 ICDD) с целью определения качественного и количественного фазового состава образца при указанной температуре (табл. 1, рис. 5).

Отметим, что минеральный состав исследуемого образца при температуре 1050°C и состав остывшего образца существенно отличаются: значительная доля аморфной фазы при остывании кристаллизуется, а доля диопсидов возрастает.

При анализе полученных данных установлено, что наличие в системе значительного количества доломита и кальцита существенным образом влияет на образова-

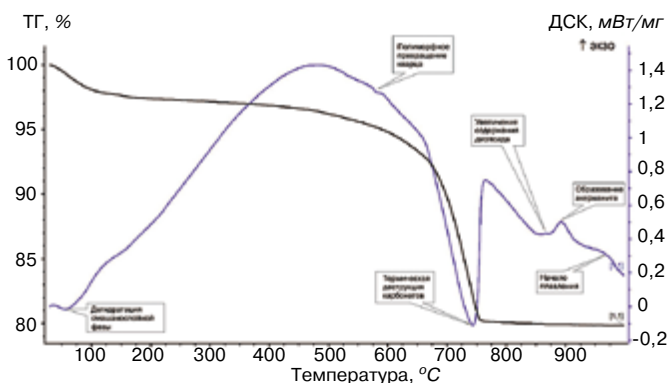


Рис. 6. Результаты термического анализа шихты завода «Керма»

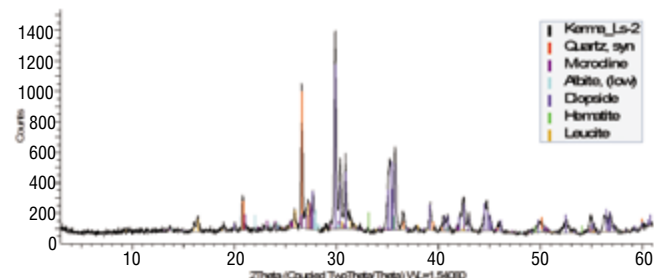


Рис. 8. Дифрактограмма образца Kerma LS-2. Дифрактометр D 2 ADVANCE

ние новых минеральных фаз. Мы выявили следующие закономерности.

1. Диссоциация доломита происходит при сравнительно низкой температуре; в интервале 500–600°C его доля снижается с 20 до 5%, и далее он уже не фиксируется. Мы связываем это с тем, что в результате разрушения глинистых минералов в системе освобождаются оксиды различных, в том числе и щелочных, металлов, влияние которых и приводит к снижению температуры диссоциации доломита.

2. Уже при температуре 600°C в системе фиксируется минерал диопсид. Логично было бы ожидать, что синтез диопсидов начнется после того, как в системе появится свободный оксид кальция, как мы это и зафиксировали при анализе богатой карбонатами глины Салмановского месторождения [8]. При обжиге глины Салмановского месторождения синтез силикатов кальция происходит при температуре выше 800°C. Мы полагаем, что синтез диопсидов при более низкой температуре может быть вызван высокой дисперсностью и значительной концен-

Фазовый состав образцов обожженных в заводской печи кирпичей

Таблица 2

Образец	Аморфная фаза	Кварц	Альбит	Микроклин	Диопсид	Гематит	Лейцит
Kerma LS-2	20	8,5	0,7	3	60	0,3	7,4
Kerma LS-9	20	10,5	2,2	4,8	57	0,4	5,1

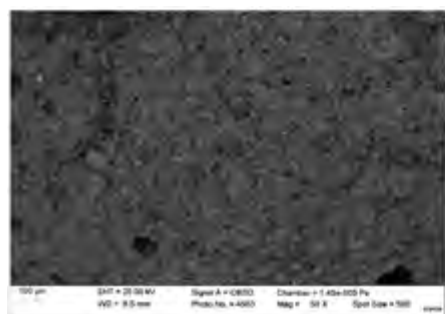


Рис. 9. РЭМ изображение фрагмента кирпича завода «Керма»

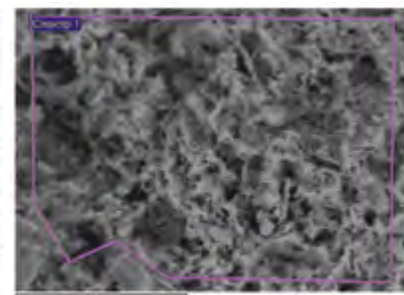
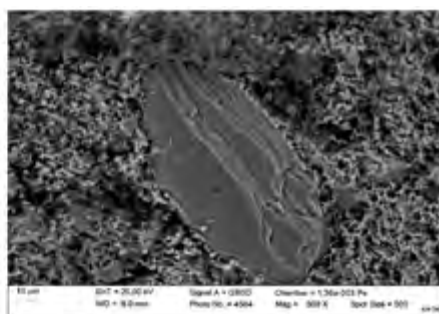


Рис. 10. РЭМ изображение фрагмента кирпича. Элементный состав из рентгеновского спектра участка Спектр 1, %: O – 65, Mg – 7, Al – 4, Si – 14, Ca – 8, Fe – 2

трацией доломита в глине Старкинского месторождения.

3. Одновременно с образованием оксида кальция начиная с 700°C отмечается синтез ортосиликата кальция (ларнита), содержание которого достигает максимального значения при 800°C, а при 900°C он исчезает, уступая место акерманиту ($2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$), что можно объяснить значительным содержанием в системе оксида магния.

4. При остывании образца акерманит перекристаллизуется в диопсид, доля которого в остывшем образце достигает 50%.

5. Гематит, образование которого можно связать с разложением смешанослойных глинистых минералов, проявляется при температуре 500°C, он сохраняется в системе вплоть до 1000°C. Его исчезновение можно объяснить высоким содержанием кальция и магния, следствием чего является светлая окраска образца.

6. Аморфная фаза в процессе подъема температуры претерпевает существенные изменения, ее содержание при температуре выше 1000°C существенно повышается, что можно связать с частичным плавлением зерен кварца.

Результаты фазового анализа хорошо коррелируют с данными термического анализа (рис. 6).

При анализе результатов изменений фазового состава керамических масс в связи с подъемом температуры мы отмечаем, что даже незначительные вариации минерального состава исходных композиций в результате обжига могут приводить к кардинальным изменениям состава, а значит, и характеристик производимых материалов.

В качестве примера рассмотрим диаграмму изменения фазового состава керамической композиции, незначительно отличающуюся от шихты завода «Керма». В ней содержание кварца, полевых шпатов и мусковита практически идентично шихте завода «Керма», вместо смешанослойных глинистых минералов присутствует каолинит, доломит отсутствует, однако общий объем карбонатов сохраняется. Поскольку отклонения исходного состава незначительны, назовем эту композицию «шихта с флуктуациями» (рис. 7).

Очевидно, что после обжига фазовый состав изменился кардинально, и, как следствие, кардинально изменились характеристики, например прочность образцов при сжатии снизилась в три раза.

В современной литературе неоднократно подчеркивается роль флуктуаций и неразрывно связанной с ними твердотельной диффузии. Известный специалист в области материаловедения Мерер пишет [9]: «Идеальные кристаллы — это мертвые кристаллы. Твердотельная диффузия и многие другие свойства требуют отклонений от идеальности. Русский ученый Яков Ильич Френкель был первым, кто ввел в понятие «беспорядок» в физику твердого тела».

Высокая чувствительность к флуктуациям характерна для существенно неравновесных процессов, к которым, безусловно, принадлежит процесс обжига керамики. Для них характерны нелинейные процессы.

Благодаря нелинейности имеет силу принцип «разрастания малого», или «усиления флуктуаций». При определенных условиях нелинейность может усиливать

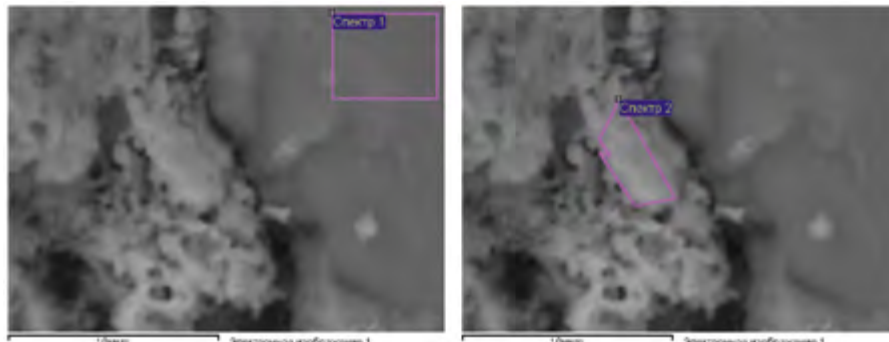


Рис. 11. РЭМ изображение фрагмента кирпича. Элементный состав из рентгеновских спектров участков, %: Спектр 1 — O — 73, Mg — 6, Al — 4, Si — 10, K — 4, Ca — 3, Fe — 1 (аморфная); Спектр 2 — O — 70, Mg — 5, Al — 5, Si — 11, Ca — 5, Fe — 3 (кристаллическая)

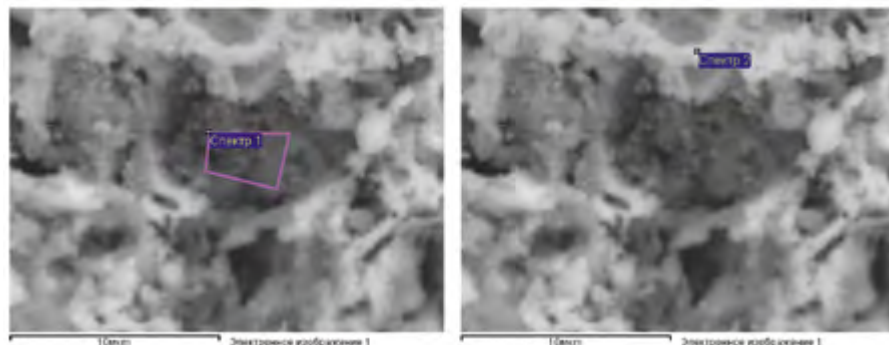


Рис. 12. РЭМ изображение фрагмента кирпича. Элементный состав из рентгеновских спектров участков, %: Спектр 1 — O — 55, Mg — 10, Al — 6, Si — 10, K — 1, Ca — 12, Fe — 6; Спектр 2 — O — 66, Mg — 6, Al — 5, Si — 14, Ca — 7, Fe — 2

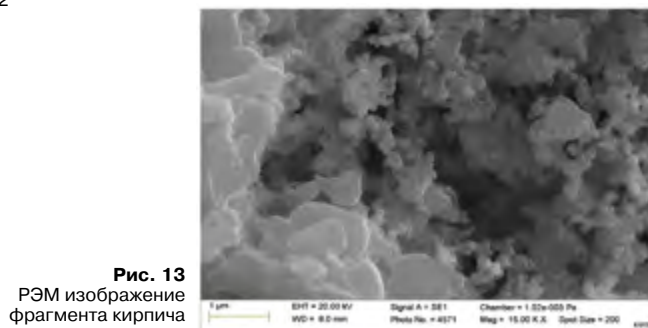


Рис. 13
РЭМ изображение
фрагмента кирпича

флуктуации — делать малое отличие большим, макроскопическим по последствиям.

Данным примером мы проиллюстрировали, что путь к разработке оптимального состава шихты лицевого кирпича далеко не прост. Одновременно мы сделали вывод, что поиск более перспективных композиций керамического сырья отнюдь не закончен.

Учитывая, что атмосфера обжига также оказывает существенное влияние на характеристики керамики, нами были сняты дифрактограммы (рис. 8) обожженных в заводской печи изделий. Исследовался кирпич со второго и девятого рядов обжиговой вагонетки (Kerma LS-2, Kerma LS-9). Установлено, что в условиях заводской печи, где преобладает восстановительная среда обжига, отмечается незначительное изменение фазового состава (табл. 2).

Нами было рекомендовано принять меры к тому, чтобы минимизировать синтез минерала лейцит, что может быть достигнуто корректировкой атмосферы печи. Основанием тому служит обстоятельство, что в диаграмме изменения фазового состава в связи с подъемом температуры (рис. 5) синтез минерала лейцит не зафиксирован. Учет этих особенностей позволил лучше понять закономерности формирования цвета лицевого кирпича, а также внести коррективы в режим обжига, что привело к более высоким эстетическим характеристикам производимого на заводе кирпича.

Анализ лицевого кирпича выявил следующее. Структура кирпича характеризуется равномерным распределением пор с единичными включениями крупных зерен полевого шпата (рис. 9, 10).

В зависимости от содержания щелочных оксидов отмечаются существенные отличия в структуре отдельных фрагментов исследуемого образца (рис. 11).

Кристаллическая структура, в свою очередь, претерпевает существенные колебания в зависимости от содержания атомов магния и кальция (рис. 12).

Список литературы

1. Giovanni Biffi. Book for the production of ceramic tiles. Faenza Editoriale. 2003. 376 p.
2. Willi Bender. Vom Ziegelgott zum Industrieelektroniker / Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie. Bonn. 2004.
3. Масленникова Г.Н., Пищ И.В. Керамические пигменты. ООО РИФ «Стройматериалы», 2009. 223 с.
4. Salakhov A.M., Ashmarin G.D., Morozov V.P. Salakhova R.A. Baukeramische Erzeugnisse aus Rohstoffen mit hohem Karbonatgehalt. *Keramische Zeitschrift*. 2014. № 1. С. 35–38.
5. Езерский В.А. Количественная оценка цвета керамических лицевых изделий // *Строительные материалы*. 2015. № 8. С. 76–80.
6. Зубехин А.П., Яценко Н.Д., Голованова С.П. Теоретические основы белезны и окрашивания керамики и портландцемента. М.: ООО РИФ «Стройматериалы». 2014. 152 с.
7. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение. М.: Высшая школа. 2004. 701 с.
8. Салахов А.М. Тагиров Л.Р. Структурообразование керамики из глин, формирующих при обжиге различные минеральные фазы // *Строительные материалы*. 2015. № 8. С. 68–74.
9. Мерер Х. Диффузия в твердых телах / Пер. с англ. // Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2011. 536 с.

Кристаллические новообразования (диопсид и гематит) образуют плотно сплетенную пространственную сетку, которая и обеспечивает высокие прочностные характеристики лицевого кирпича светлых тонов (рис. 13).

Совместная работа завода ОАО «Керма» с ведущими научными центрами страны позволяет непрерывно совершенствовать производимую продукцию и уверенно себя чувствовать на рынке современных стеновых керамических материалов.

References

1. Giovanni Biffi. Book for the production of ceramic tiles. Faenza Editoriale. 2003. 376 p.
2. Willi Bender Vom Ziegelgott zum Industrieelektroniker. Bundesverband der Deuchen Ziegelindustrie. Bonn. 2004.
3. Maslennikova G.N., Pisch I.V. Keramicheskkiye pigmenty [Ceramic pigments]. Moscow. RIF Stroymaterialy. 2009. 223 p.
4. Salakhov A.M., Ashmarin G.D., Morozov V.P. Salakhova R.A. Baukeramische erzeugnisse aus rohstoffen mit hohem karbonatgehalt. *Keramische Zeitschrift*. 2014. No. 1, pp. 35–38.
5. Ezerskiy V.A. Quantitative assessment of color of ceramic facing products. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 8, pp 76–80. (In Russian).
6. Zubechin A.P., Iyzenko N.D., Golovanova S.P. Teoreticheskie osnovi belezni i okraschivaniay keramiki i portlandzementa [Theoretical foundations and white coloring ceramics and Portland cement]. Moscow. RIF Stroymaterialy. 2014. 152 p.
7. Rib'ev I.A. Stroitel'noe materialovedenie [Construction materials science]. Moscow: Vysshaya shkola. 2004. 701 p.
8. Salakhov A.M. Tagirov L.R. Structure formation of ceramic with clays which form various phases at burning. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 8, pp. 68–74. (In Russian).
9. Merer Kh. Diffusiya v tverdykh telakh [Diffusion in Solids]. Translation from English. Dolgoprudniy: Intellekt. 2011. 536 p.



KELLER

Creating Solutions

KELLER HCW GmbH

Карл-Келлер-Штрассе 2-10 • 49479 г. Иббенбюрен-Лэггенбек • Германия

ООО КЕЛЛЕР ВОСТОК

Тимирязевская д.1, кор. 2, офис 2201 • 127422 г. Москва • Россия • Телефон: +7 495 6462821 • Телефакс: +7 495 6462834

Email: info@keller-hcw.ru • www.keller-hcw.ru • www.facebook.com/keller.hcw

KELLER A DIVISION OF GROUPE EGIS INDUSTRIES



Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I

Министерство транспорта РФ

Федеральное агентство железнодорожного транспорта



22–25 ноября 2016 г.

г. Санкт-Петербург

Международная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию д.т.н. проф. О.В. Кунцевича

«Строительные материалы, конструкции и сооружения XXI века»

Основные направления работы конференции

Секция 1. Актуальные проблемы материаловедения

Секция 2. Современные строительные конструкции и сооружения: проблемы и перспективы

Секция 3. Стандартизация и метрологическое обеспечение на транспорте и в строительстве

Секция 4. Контроль качества строительных материалов, изделий, конструкций и сооружений

Ключевые даты:

01.07.16 прием заявок на участие и аннотаций докладов

22.09.16 прием полных версий статей

30.07.16 ранняя оплата организационного взноса со скидкой 30%

30.10.16 оплата полной стоимости организационного взноса

Рабочие языки конференции – русский и английский
Более подробная информация на сайте

<http://www.pgups.ru/events>

Информационный партнер конференции – журнал



Тел.: +7 (812) 310-99-44; Тел/факс +7 (812) 457-86-86; Тел. 8 (921) 774-00-60 E-mail: buildconf2016.pgups@gmail.com

Председатель орг. комитета **Сорвачева Юлия Андреевна**



Институт строительных материалов им. Ф.А. Фингера (FIB)
Университета Bauhaus-Universität г. Веймар (Германия)

организует III Веймарскую гипсовую конференцию



Гипс в строительстве, и не только

Гипсовая конференция проводится в Веймаре в третий раз и за это время стала площадкой для широкого научного обмена идеями в области вяжущих на основе сульфата кальция и их применения учеными и инженерами стран востока и запада

г. Веймар (Германия)

14–15 марта 2017 г.

Основные темы конференции:

- Вяжущие вещества на основе сульфата кальция
- Вяжущие вещества, содержащие сульфат кальция
- Гидратация и переработка
- Добавки и их эффект
- Стройматериалы и изделия на основе сульфата кальция
- Другие виды применения сульфата кальция
- Сульфаты кальция и сохранение исторического наследия
- Изделия на основе сульфата кальция и их безотказное длительное использование

В рамках конференции будет проходить специализированная выставка.

Заявки компаний на участие в выставке принимаются до 14 октября 2016 г.

Заявки на участие в конференции с докладами принимаются до 25 октября 2016 г.

Планируется синхронный перевод: немецкий, английский, русский.

ibausil@uni-weimar.de ibausil@uni-weimar.de ibausil@uni-weimar.de

«КНАУФ ГИПС Кунгур» отметил 15-летие

В июле 2016 г. исполнилось 15 лет производственному предприятию «КНАУФ ГИПС Кунгур», занимающему особое место в истории группы КНАУФ СНГ. Оно стало первым производственным предприятием КНАУФ в России, проектирование которого начиналось практически с чистого листа. Здесь никогда не было производства, а лишь недостроенные корпуса будущего завода деталей крупнопанельных домов. Сегодня «КНАУФ ГИПС Кунгур» – это современное оборудование, высококачественная продукция и передовые технологии управления. Предприятие является крупнейшим налогоплательщиком Пермского края, в производстве продукции занято свыше 200 человек.



Константин Шевела, технический директор ООО «КНАУФ ГИПС Кунгур», Леонид Лось, руководитель службы корпоративных коммуникаций ООО «КНАУФ ГИПС», Игорь Смирнов, директор по логистике ООО «КНАУФ ГИПС Кунгур», Валерий Филатов, генеральный директор ООО «КНАУФ ГИПС Кунгур», Алексей Васильев, главный специалист службы корпоративных коммуникаций ООО «КНАУФ ГИПС», Владимир Сталинов, начальник производства КНАУФ-листов



Завод в Кунгуре стал первым в России производственным предприятием КНАУФ, построенным практически с нуля.

Летом 2000 г. международной группе КНАУФ, располагавшей к тому моменту семилетним опытом инвестиционной деятельности в России, было предложено приобрести незавершенный строительный объект – площадку завода деталей крупнопанельных домов (КПД), где к тому времени были возведены производственные и административно-бытовые корпуса, построена котельная, но оборудование так и не было завезено.

Разработка проекта нового предприятия производилась с января по май 2002 г. А уже в июне начались строительно-монтажные работы. Ровно через год состоялся запуск первой производственной линии – стартовал выпуск металлического профиля КНАУФ. Одновременно началась разработка находящегося на территории Пермского края Ергачинского месторождения гипсового камня. 4 ноября 2003 г. государственная комиссия без замечаний приняла гипсовый карьер в эксплуатацию. 10 декабря 2003 г. на предприятии был выпущен первый КНАУФ-лист. В процессе модернизации были расширены производственные корпуса, построены дороги и железнодорожные пути, коммуникации; оборудование было полностью завезено из Германии.

Быстрорастущий спрос на продукцию нового предприятия вскоре потребовал значительного увеличения его мощности. Для этого в 2005 г. был построен второй гипсовый завод и удлинена конвейерная линия по производству КНАУФ-листов, ее скорость выросла почти вдвое. При этом высокое качество продукции осталось неизменным. В настоящее время помимо КНАУФ-листов и металлического профиля предприятие производит КНАУФ-гипсоплиты.

Завод ведет разработку четырех месторождений строительного гипса открытым способом по взрывной технологии. Сложные горно-технические и горно-геологические условия, высокая закарстованность – особенности карьеров. Добыча ведется валовым и селективным способом, в среднем 30 тыс. т гипсового камня в месяц для собственных нужд.

«КНАУФ ГИПС Кунгур» поставляет продукцию потребителям в 30 субъектах Российской Федерации, а также на экспорт: в Казахстан, Киргизию, Монголию, Узбекистан. Важнейшим партнером в сбыте для





предприятия является Обособленное подразделение ООО «КНАУФ ГИПС» в Перми. В зону его ответственности входят Пермский край, Кировская область, республики Коми, Башкортостан, Удмуртия. Это почти 900 тыс. км² территории, на которой проживают более 10 млн человек.

Завод относится к числу наиболее безопасных и экологически ответственных предприятий. Здесь был разработан и внедрен специальный комплекс мероприятий по минимизации выбросов в атмосферу. Проводится постоянный мониторинг атмосферного воздуха на содержание загрязняющих веществ на границе санитарно-защитной зоны промышленных площадок. Все производственные участки оборудованы пылеочистными установками, эффективность очистки которых составляет около 99%.

В 2014 г. система менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда прошла сертификацию по международному стандарту OHSAS 18001. В период с 2012 по май 2016 г. общий объем средств, направленных на улучшение условий и повышение производительности труда, составил 375 млн руб.

Собственники и руководство завода тщательно заботятся о своих сотрудниках, получаемая от производства продукции прибыль дает возможность дотировать лечение и отдых сотрудников, направлять детей в летние лагеря, предоставлять ссуды на строительство жилья или другие нужды, устраивать профессиональные праздники для всего коллектива, материально поддерживать ветеранов и оказывать другие виды.

Завод тесно сотрудничает с образовательными учреждениями начального и высшего профессионального образования строительного профиля. На территории предприятия ежегодно проводятся экскурсии, лекции, конференции для учащихся по профессии «мастер сухого строительства» ГБПОУ «Кунгурский центр образования № 1». Регулярно организуется производственная практика студентов региональных вузов строительного, геологического, горного факультетов.

Помимо внимания к сотрудникам, руководство завода ведет активную благотворительную деятельность, оказывая поддержку различным социально значимым организациям города Кунгура и Кунгурского района. Помощь направляется в первую очередь в детские дома, медицинские учреждения, православные храмы, сельские поселения. Центральным объектом благотворительной поддержки группы КНАУФ стал храм Тихвинской иконы Божией Матери, расположенный в центре Кунгура. В 2004 г. храму была подарена уникальная звонница, одна из крупнейших в Пермской епархии; в 2005–2006 гг. воссозданы пять куполов; в 2007–2008 гг. создан пятиярусный иконостас с 42 иконами; в 2011 г. – жертвенник в алтаре православного храма; в 2015–2016 гг. – иконостас правого придела.

В непростой экономической ситуации «КНАУФ ГИПС Кунгур» уверенно занимает лидирующее в регионе место среди производств, увеличивает объемы производимой продукции и радует потребителей материалами высочайшего европейского качества.

Поздравляем коллектив предприятия «КНАУФ ГИПС Кунгур» с 15-летием и желаем процветания!

Т.А. Абакумова



Е.Н. ПЕРМЯКОВ, канд. техн. наук, А.В. КОРНИЛОВ, д-р техн. наук,
Р.К. САДЫКОВ, канд. геогр. наук, С.В. МОРОЗОВА, инженер
ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» (420097, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зинина, 4)

Кислотоупорные керамические изделия на основе кирпично-черепичных глин Республики Татарстан

Выполнены исследования по получению кислотоупорного кирпича из общераспространенных полезных ископаемых, в частности из кирпично-черепичного сырья месторождений Республики Татарстан. Исследовано девять месторождений глинистого сырья, которое относится к различным минералогическим разновидностям. Для управления микроструктурой керамики, в том числе регулирования ее плотности, использованы два способа: механоактивационная обработка сырьевых компонентов и применение эффективных модифицирующих добавок. Показана пригодность местных кирпично-черепичных глин Республики Татарстан для получения кислотоупорной керамики для предприятий химической промышленности. В результате опытно-промышленных испытаний получены изделия, которые по регламентируемым параметрам (кислотостойкость, прочность при сжатии, водопоглощение, водопроницаемость, термическая стойкость) соответствуют кислотоупорному кирпичу прямому, клиновому, радиальному классов А, Б и В, фасонному классов А и Б.

Ключевые слова: кирпично-черепичное сырье, кислотоупорная керамика, месторождения, технологические добавки, тугоплавкие глины, опытно-промышленные испытания.

E.N. PERMYAKOV, Candidate of Sciences (Engineering), A.V. KORNILOV, Doctor of Sciences (Engineering),
R.K. SADYKOV, Candidate of Sciences (Geography) S.V. MOROZOVA, Engineer
Central Research Institute for Geology of Industrial Minerals (4, Zinina Street, Kazan', Tatarstan, 420097, Russian Federation)

Acid-resistant ceramic products based on the brick-tile clays of the Republic of Tatarstan

The studies for obtaining acid-resistant brick of common mineral resources, in particular from the brick-tile raw material deposits of the Republic of Tatarstan have been carried out. The information about the stocks in the Russian Federation of the traditional raw material for acid-resistant ceramics - refractory clay have been given. To control the microstructure of the ceramic, and thus the regulation of its density two methods are used: mechanical activation processing of raw materials and efficient use of modifiers. The suitability of the local brick and The Republic of Tatarstan tile clay to produce new products have been demonstrated, such as acid-resistant ceramics for the chemical industry. As a result of pilot tests the products which correspond to the direct acid-resistant brick, arch, radial classes A, B and C, mold classes A and B by parameters such as acid resistance, compressive strength, water absorption, water permeability, thermal stability have been obtained.

Keywords: brick-tile raw materials, acid-resistant ceramics, deposits, processing adds, pilot tests.

Предприятия нефтегазохимического кластера Республики Татарстан (РТ) являются одними из флагманов ее промышленного производства, и их доля в валовом региональном продукте очень значительна. Создание конкурентоспособных кислотостойких высокопрочных керамических материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами для предприятий химической промышленности РТ является актуальной задачей.

С целью дальнейшего вовлечения в эксплуатацию месторождений общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ) для производства строительных материалов, сокращения сроков их ввода в эксплуатацию, а также для увеличения конкурентоспособности продукции существующих производств за счет внедрения новых технологий в РТ разработана «Концепция импортозамещения в строительной отрасли на 2015–2016 гг.» [1]. В 2015 г. в рамках Государственного контракта по заказу Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» были выполнены исследования по получению кислотоупорного кирпича из кирпично-черепичного сырья местных месторождений.

Кислотостойкую керамику применяют для футеровки башен и резервуаров на химических заводах, печей, а также устройства полов в цехах с агрессивной средой. Кислотоупорные изделия отличаются высокой плотностью, прочностью и кислотостойкостью. Например, кислотоупорный кирпич по физико-техническим показателям в зависимости от класса и вида изделия должен соответствовать следующим нормам: кислотостойкость не менее 95–97,5%; прочность при сжатии не менее 30–55 МПа; водопоглощение не более 6–10%;

водопроницаемость 24–48 ч (ГОСТ 474–90 «Кирпич кислотоупорный. Технические условия»).

Для производства изделий кислотоупорной керамики, как правило, применяют тугоплавкие глины. Единых требований к качеству сырья, регулируемых государственными стандартами, нет, и пригодность сырья устанавливается по свойствам готовых изделий. В РФ для кислотоупорной керамики используют преимущественно тугоплавкие глины, запасы которых ограничены. В настоящее время государственным балансом учтено 78 месторождений тугоплавких глин, большинство которых расположено в Центральном, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. В распределенном фонде недр находится 26 месторождений, разрабатывается 21 объект. На территории Приволжского федерального округа учтено 13 месторождений, из них разрабатываются два – в Самарской области и Республике Башкортостан (РБ). В РТ данное сырье отсутствует и разработка ресурсосберегающих технологий получения кислотоупорной керамики на основе местных ОПИ, в частности легкоплавких полиминеральных глин, является важным направлением.

Химически стойкая и высокопрочная керамика, как правило, имеет плотную структуру. Для управления микроструктурой керамики, а соответственно, и регулирования ее плотности можно использовать механоактивационную обработку исходных компонентов, применяя эффективные модифицирующие добавки [2].

Улучшение спекаемости глинистого сырья может быть достигнуто путем введения в него добавок-плавней и добавок двойного назначения (порообразующих и повышающих прочностные характеристики), например

Таблица 1

Минералого-технологическая диагностика глинистого сырья методами АЛА, СВ и ВА

Месторождение глинистого сырья РТ	Муниципальный район РТ	АЛА		СВ		Минералого- технологическая разновидность	ВА CaCO ₃ , %
		ОЕ, мг экв	Чгл., усл. ед.	К	Содержание разбухающих минералов, %		
Ключищенское	Верхнеуслонский	27	38	1,53	29	4а	0,04
Южно-Чистопольское	Чистопольский	34	60	1,41	31	3б	0,26
Тетюшское	Тетюшский	37	48	1,46	32	3б	4,64
Сарай-Чекурчинское	Арский	34	56	1,51	30	3б	–
Красногорское	Мамадышский	34	41	1,39	30	3б	3,13
Сахаровское	Алексеевский	23	12	1,71	21	4б	11,6
Алексеевское		32	51	1,63	26	4а	–
Шигалеевское	Пестречинский	37	74	1,59	31	3б	–
Пестречинское		37	68	1,66	37	3а	–

тугоплавких глин, цеолитсодержащих кремнистых пород и др. [3, 4].

С целью оценки возможности получения кислотоупорной керамики из кирпично-черепичных глин исследовано девять месторождений РТ: Ключищенское, Южно-Чистопольское, Сарай-Чекурчинское, Красногорское, Тетюшское, Шигалеевское, Алексеевское, Сахаровское и Пестречинское. Глины отличаются по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным и морфологическим свойствам и относятся к различным минералого-технологическим разновидностям [5].

Минералого-технологическая диагностика исследуемого сырья методами адсорбционного люминесцентного анализа (АЛА), статической влагоемкости (СВ) и волюметрического анализа (ВА) показала, что пять проб глинистого сырья относятся к минералого-технологической разновидности 3б, две пробы – к разновидности 4а и по одной пробе – к разновидностям 3а и 4б (табл. 1). Классификация (типизация) по минералого-технологическим разновидностям разработана для глинистого сырья, используемого для производства керамических кирпича и камней. Критериями диагностики сырья являются следующие параметры: обменная емкость (ОЕ), число глинистости (Чгл.), коэффициент К, содержание монтмориллонитового компонента (МК) и карбонатов. В зависимости от качества глинистое сырье подразделяется на семь разновидностей: монтмориллонит-гидрослюдистая глина – на разновидности 3а, 3б, 4а, 4б и 5а, гидрослюдистая – на 5б и 6а [6]. Установление разновидности позволяет прогнозировать качество сырья и керамических изделий, полученных по технологии пластического формования.

В качестве технологических добавок использовались монтмориллонитовая цеолитсодержащая глина Городищенского проявления РТ, цеолитсодержащая мергельно-кремнистая порода Татарско-Шатрашанского месторождения РТ, тугоплавкая глина Талалаевского месторождения РБ.

На первом этапе исследования на лабораторных образцах определялись регламентируемые параметры (прочность, кислотостойкость и водопоглощение), по которым можно оценить пригодность исследуемого сырья для получения кислотоустойчивой и высокопрочной клинкерной керамики. Было выявлено оптимальное соотношение в шихте между исходным легкоплавким глинистым сырьем и технологическими добавками.

Двухкомпонентные керамические массы готовили путем смешивания в определенных соотношениях глинистого сырья и технологической добавки, измельчен-

ных до полного прохождения через сито № 063, увлажняли водой из расчета получения нормальной формовочной влажности, дважды пропускали через шнек-смеситель. После вылеживания глиномассы в течение суток формовали пластическим способом образцы-балочки размером 160×40×40 мм методом набивки в формы. Образцы сушили сначала в естественных условиях на воздухе, потом в сушильном шкафу при температуре 105°C и обжигали в электрической печи. Обжиг лабораторных образцов проводили при температуре 1020, 1050, 1100 и 1150°C в электропечи типа СНОЛ 12/16. Режим обжига: подъем температуры до 500°C – 6 ч; выдержка при 500°C – 2 ч; подъем температуры от 500 до 1020 (1050, 1100, 1150)°C – 16 ч; выдержка при конечной температуре – 3 ч; охлаждение до 50–60°C – 24 ч.

Кислотостойкость определяли только на образцах, которые по водопоглощению и прочности при сжатии (с учетом опытного коэффициента пересчета на образцы стандартных размеров и минимальной температуры обжига) соответствовали нормативным требованиям.

Керамические образцы, изготовленные только из природного глинистого сырья и обожженные при температуре 1050 и 1100°C, по значению кислотостойкости (95,2–97,4%) соответствуют требованиям ГОСТ 474–90, предъявляемым к прямому, клиновому и радиальному кирпичу класса В и фасонному кирпичу классов А и Б. Для различных типов изделий, в том числе и высшего класса, оно должно находиться в пределах 95–97,5%. Показатели прочности при сжатии (46,8–154,2 МПа) и водопоглощения (1,3–9,5%) также удовлетворяют регламентируемым стандартным значениям (прочность не менее 30–55 МПа, водопоглощение – не более 6–10%).

Добавка монтмориллонитовой цеолитсодержащей глины в количестве 10 и 20% в глинистое сырье Ключищенского, Южно-Чистопольского, Красногорского, Тетюшского и Сарай-Чекурчинского месторождений позволяет получать кислотоустойчивую керамику с улучшенными свойствами. В зависимости от разновидности легкоплавкого природного глинистого сырья и содержания в нем технологической добавки показатель кислотостойкости увеличивается на 0,3–1,6%, вследствие чего улучшится качество кислотоупорного кирпича. В этом случае значение кислотостойкости отдельных образцов керамики удовлетворяет требованиям стандарта, указанным для прямого, клиновому и радиального кирпича классов А и Б. Прочность при сжатии возрастает при введении добавки в сарай-чекурчинскую (10 и 20%), красногорскую (10 и 20%) и ключищенскую (10%) глины. Некоторое снижение прочности наблюдается у образцов, приготовленных из южно-чи-

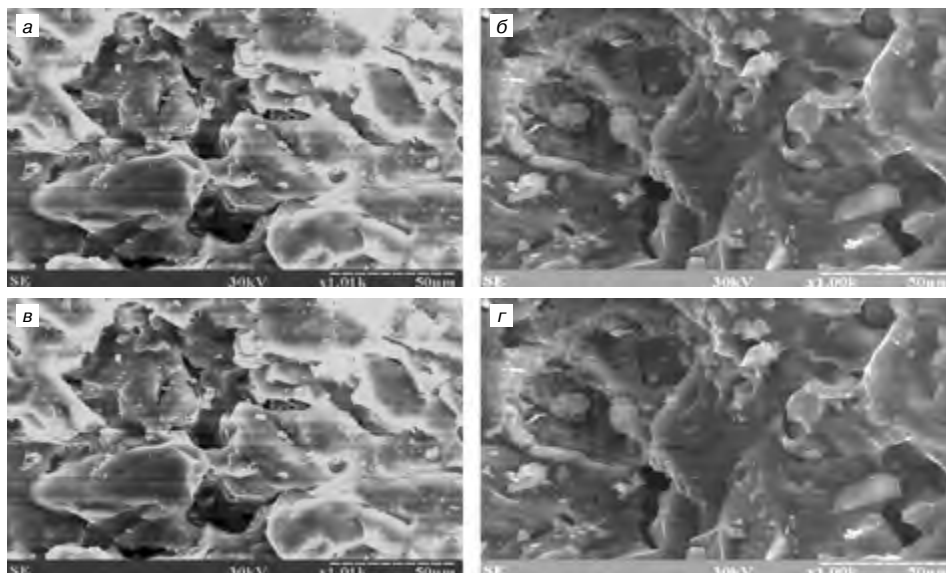


Рис. 1. Снимки керамических образцов, $\times 1000$: а – 100% ключищенской глины; б – 90% ключищенской глины + 10% цеолитсодержащей глины; в – 100% южно-чистопольской глины; г – 70% южно-чистопольской глины + 30% цеолитсодержащей глины

стопольской и тетюшской глин, но ее значения остаются высокими.

Высокие прочностные характеристики керамики подтверждаются исследованием методом растровой электронной микроскопии. На рис. 1 представлены снимки (увеличение $\times 1000$) образцов, обожженных при 1100°C . Полученные керамические образцы имеют плотноспеченную структуру и незначительное количество пор. Подобная структура положительно сказывается и на показателе кислотостойкости.

Введение в глинистое сырье Шигалеевского месторождения цеолитсодержащей мергельно-кремнистой породы позволило получить кислотостойкую керамику с удовлетворительными свойствами, в то время как на образцах из исходной глины зафиксированы нитевидные трещины (при температуре обжига 1100°C) и трещины толщиной до 1 мм (1020°C). Добавка тугоплавкой глины Талалаевского месторождения приводит к увеличению прочностных характеристик лабораторных образцов. Показатель кислотостойкости керамики, полученной из двухкомпонентной сырьевой смеси, незначительно повышается или практически остается без изменения.

Добавка тугоплавкой глины в алексеевскую глину существенно не влияет на кислотостойкость образцов, при этом прочностные характеристики в основном снижаются.

Полученные образцы по показателю кислотостойкости также удовлетворяют требованиям ГОСТ 961–89 «Плитки кислотоупорные и термокислотоупорные керамические». Введение в глинистое сырье технологической добавки, например монтмориллонитовой цеолитсодержащей глины, позволяет получать большее количество марок кислотоупорных изделий и повысить их сортность. Например, плитки, приготовленные из 80% южно-чистопольской глины и 20% добавки, обожженные при 1100°C , имеют показатели кислотостойкости, водопоглощения и механической прочности, соответствующие маркам ТКГ (первого и высшего сортов), КС (первого и высшего сортов), КШ (первого и высшего сортов) и ТКШ (первого и высшего сортов). Из данного исходного глинистого сырья возможно получение изделий только марок КС, КШ и ТКШ первого класса.

Таким образом, из легкоплавкого глинистого сырья возможно получение кислотоупорной керамики, удовлетворяющей по показателям кислотостойкости, меха-

нической прочности и водопоглощению требованиям, предъявляемым к кислотоупорному кирпичу и плитке.

С целью получения высокоплотного и прочного керамического камня при более низкой температуре обжига было исследовано влияние механической активации глинистого сырья в различных аппаратах (виброизмельчителе, шаровой мельнице и электромассклассификаторе) на физико-механические свойства керамических образцов. Исследования проводились на глинистом сырье минералого-технологических разновидностей 3а (Пестречинское месторождение), 3б (Сарай-Чекурчинское) и 4б (Сахаровское).

Установлено, что механоактивация глинистого сырья с использованием различного

помольного оборудования влияет на его реакционную способность. Вследствие этого сырье приобретает новые свойства и может быть использовано для получения высокоэффективной продукции, в частности кислотоупорных керамических материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Показано, что механическая активация глинистого сырья заметно улучшает его спекаемость, прочность при сжатии лабораторных керамических образцов увеличивается. Наиболее эффективна обработка глинистого сырья разновидности 3б в виброизмельчителе (прочность керамики при сжатии увеличивается в 2,2 раза), водопоглощение при этом снижается.

Эффективность активации зависит от свойств глинистого сырья, в частности от его спекаемости. Например, обработка глины разновидности 3а в электромассклассификаторе, обладающей лучшей спекаемостью из всего исследуемого сырья, практически не повлияла на характеристики образцов. Механоактивация глинистого сырья разновидности 3б приводит к увеличению прочности при сжатии на 75%. При этом значения прочности при сжатии и водопоглощения керамических образцов удовлетворяют требованиям, предъявляемым к материалам керамическим кислотостойким.

При использовании механоактивационного глинистого сырья может быть снижена температура обжига керамики при сохранении ее прочностных характеристик. Эффективность применения такого технического решения зависит от энергетических затрат на процессы механоактивации глинистого сырья и обжига керамических изделий.

При выборе глинистого сырья для проведения опытно-промышленных испытаний были учтены результаты минералого-технологической диагностики, которые показали, что самым распространенным сырьем является разновидность 3б (табл. 1). По результатам исследования, полученным для данной разновидности одного месторождения, можно прогнозировать и качество глинистого сырья на аналогичных (четырёх) месторождениях. С учетом этого перспективной является и минералого-технологическая разновидность 4а, к которой относится глинистое сырье двух месторождений (Ключишенское и Алексеевское).

Критериями выбора улучшенных сырьевых смесей для проведения опытно-промышленных испытаний являлись физико-механические характеристики лабора-

Таблица 2

Химический состав исследуемого сырья

Наименование глины	Содержание в % к массе абсолютно сухого вещества												
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃ общ	ППП
Алексеевская	75,91	0,72	10,33	4	0,19	0,06	1,11	0,95	1,27	1,7	0,1	0,1	3,66
Шигалеевская	66,3	0,84	13,36	6,3	0,2	0,11	1,82	1,87	1,06	2,07	0,1	0,06	5,97
Талалаевская	59,07	1,62	23,37	3,36	0,24	0,02	0,96	0,76	0,19	0,76	0,04	0,08	9,51

Таблица 3

Физико-механические характеристики лабораторных образцов

Состав шихты	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопогло- щение, %	Средняя плотность, г/см ³	Предел прочности		Кислотно- стойкость, %
					при изгибе, МПа	при сжатии, МПа	
100% алексеевской глины	1120	6,8	5,6	2,08	11,7	106,4	98,7
	1150	11,9	2,7	2,16	12,7	133,9	98,1
90% алексеевской глины + 10% талалаевской глины	1120	7	6,8	2,02	11,7	68,5	98,1
	1150	11,5	5,4	2,05	12	68,3	98,5
80% шигалеевской глины + 20% талалаевской глины	1050	15,5	4,8	2,13	19,7	128,7	97,6
	1120	11,8	1,7	2,24	20,3	122,9	97,8
70% шигалеевской глины + 20% талалаевской глины + 10% кварцевого песка	1050	12,9	6,2	2,09	17,8	80,7	95,5
	1120	11,6	3,7	2,16	13,4	105,4	96,4

торных образцов и параметры технологических режимов (температура обжига, использование технологических добавок, применение исходного или механоактивированного глинистого сырья) их получения.

Идеальным вариантом является сырьевая смесь, состоящая только из исходного глинистого сырья, а температура обжига образцов была бы минимальной. Введение в смесь технологической добавки требует проведения операции по пробоподготовке. Применение механоактивированного сырья влечет также дополнительные затраты, и в этом случае нужно проводить расчеты по экономической эффективности двух методов улучшения свойств керамических изделий: проведение обжига при повышенной температуре и механоактивация глинистого сырья, керамика из которого обжигается при меньшей температуре с сохранением ее характеристик.

С учетом вышеизложенного из пяти месторождений минерального-технологического разнообразия 3б (табл. 1) для опытно-промышленных испытаний было выбрано глинистое сырье Шигалеевского, из двух месторождений разновидности 4а — глинистое сырье Алексеевского месторождения. Для проведения испытаний были отобраны две укрупненные (полузаводские) пробы глинистого сырья с действующих карьеров. В качестве технологической добавки использовали тугоплавкую глину Талалаевского месторождения (РБ) и речной кварцевый песок месторождения «Остров Золотой» (РТ) с модулем крупности 0,73.

Химический состав глинистого сырья приведен в табл. 2. По содержанию Al₂O₃ в прокаленном состоянии (14,2%) шигалеевская глина относится к группе полукислого сырья, алексеевская (менее 14%) — к группе кислого сырья.

С целью улучшения физико-механических свойств керамики, в частности кислотостойкости, на стадии лабораторно-технологических испытаний были исследованы четыре сырьевые смеси: 1) 100 % алексеевской глины; 2) 90% алексеевской глины + 10% тугоплавкой глины; 3) 80% шигалеевской глины + 20% тугоплавкой глины; 4) 70% шигалеевской глины + 20% тугоплавкой глины + 10% кварцевого песка. При этом температура

обжига составляла 1050, 1120 и 1150°C, физико-механические характеристики образцов представлены в табл. 3.

Полученные образцы имеют удовлетворительный внешний вид, общая усадка равна 6,8–15,5%; водопоглощение — 1,7–6,8%; прочность при сжатии — 68,3–133,9 МПа; прочность при изгибе — 11,7–20,3 МПа, кислотостойкость — 95,5–98,7%.

Значения кислотостойкости у керамики, полученной из шихт, содержащих алексеевскую глину, практически одинаковы; более высокую прочность при сжатии имеют образцы, отформованные из 100% глины. Повышение температуры обжига с 1120 до 1150°C незначительно влияет на данные характеристики. Следовательно, оптимальные параметры имеют образцы, отформованные из исходного глинистого сырья и обожженные при температуре 1120°C, кроме того, применение однокомпонентной сырьевой шихты для получения готовой продукции является экономически более выгодным.

Сравнительная оценка сырьевых шихт на основе шигалеевской глины показала, что лучшие свойства имеет керамика, полученная из двухкомпонентной смеси: 80% шигалеевской глины и 20% тугоплавкой глины. Ее кислотостойкость выше на 1,4–2,1%, прочность при сжатии — на 17–60%. При этом увеличение температуры обжига с 1050 до 1120°C не приводит к заметному улучшению свойств.

С учетом полученных результатов опытно-промышленные испытания проводились на следующих сырьевых шихтах: первая — 80% глинистого сырья Шигалеевского и 20% тугоплавкой глины Талалаевского месторождений, температура обжига 1070°C; вторая — 100% глины Алексеевского месторождения, температура обжига 1130°C.

Опытные образцы керамических изделий размера 1НФ были получены способом пластического формования на технологической линии ФГУП «ЦНИИгеолнеруд», предназначенной для проведения укрупненных (опытно-промышленных) испытаний глинистого сырья. Оборудование линии соответствует современным требованиям технологии изготовления керамического

кирпича и позволяет проводить укрупненные испытания на малообъемных пробах массой 0,5–1 т.

В результате опытно-промышленных испытаний исходного глинистого сырья Алексеевского месторождения при температуре обжига 1130°C получен полнотелый кислотоупорный кирпич со следующими характеристиками: кислотостойкость – 98,2%; прочность при сжатии – 69 МПа; прочность при изгибе – 7,2 МПа; водопоглощение – 4,1%; средняя плотность – 2,1 г/см³; общая усадка 9%.

Из сырьевой шихты, состоящей из 80% глинистого сырья Шигалеевского месторождения и 20% тугоплавкой глины Талалаевского месторождения, при температуре обжига 1070°C получен кирпич с кислотостойкостью 97,7%, прочностью при сжатии 76,2 МПа, прочностью при изгибе 8,4 МПа, водопоглощением 5,1%, средней плотностью 2,1 г/см³. Общая усадка 14,1%.

Для полученных изделий также были определены водопроницаемость, термическая стойкость и морозостойкость, у всех образцов водопроницаемость составляет 48 ч, термическая стойкость – 3 теплосмены, морозостойкость – 100 циклов.

По регламентируемым параметрам (кислотостойкость, прочность при сжатии, водопоглощение, водопроницаемость, термическая стойкость) изделия соответствуют кислотоупорному кирпичу прямому, клиновому, радиальному классов А, Б и В, фасонному классов А и Б.

На рис. 2 приведена технологическая схема получения кислотоупорного кирпича из глинистого сырья минералого-технологической разновидности 3б (Шигалеевское месторождение). В схеме получения изделий из сырья разновидности 4а отсутствуют операции подготовки технологической добавки и смешения. Оборудование применяется стандартное, используемое на керамических заводах по производству стеновых керамических материалов.

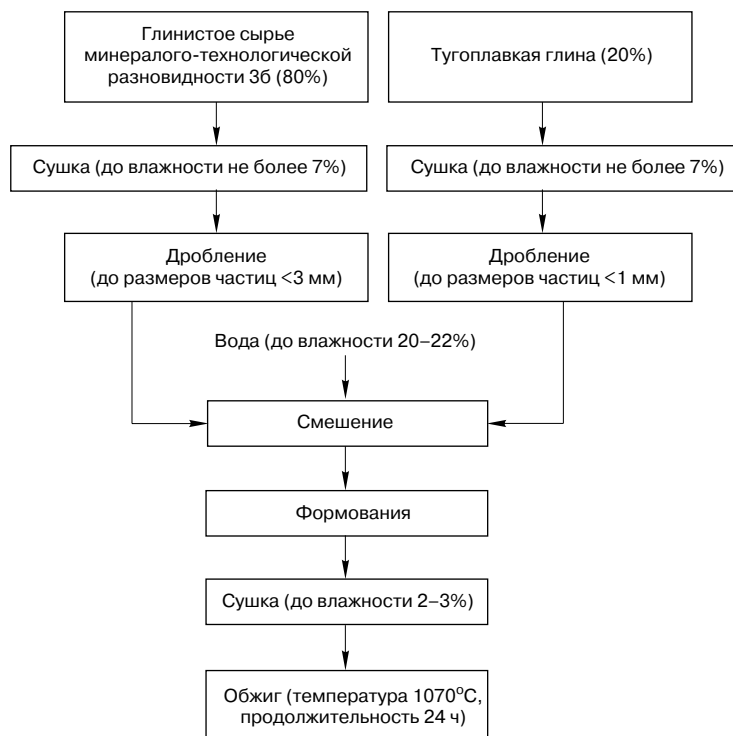


Рис. 2. Технологическая схема получения кислотоупорного кирпича из глинистого сырья минералого-технологической разновидности 3б

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о принципиальной возможности использования местных кирпично-черепичных глин Республики Татарстан для получения кислотоупорной керамики для предприятий химической промышленности. Из глинистого сырья Шигалеевского и Алексеевского месторождений получен высокопрочный кислотоупорный кирпич, удовлетворяющий техническим требованиям нормативных документов.

Список литературы

1. Концепция импортозамещения в строительной отрасли на 2015–2016 гг. в Республике Татарстан. Распоряжение Кабинета министров Республики Татарстан от 19.09.2015 г. № 2091-Р.
2. Корнилов А.В., Лузин В.П. Эффективные способы переработки глинистого сырья для получения изделий строительной керамики // *Стекло и керамика*. 2004. № 1. С. 24–26.
3. Цыплаков Д.С., Корнилов А.В., Гревцев В.А., Пермяков Е.Н. Активированная цеолитсодержащая добавка для получения керамических материалов // *Вестник Казанского технологического университета*. 2015. № 19. С. 163–165.
4. Цыплаков Д.С., Корнилов А.В., Лыгина Т.З., Пермяков Е.Н. Влияние активационного измельчения тугоплавкого глинистого сырья на свойства керамических материалов // *Вестник Казанского технологического университета*. 2016. № 8. С. 68–72.
5. Васянов Г.П., Горбачев Б.Ф., Красникова Е.В., Садыков Р.К. Использование ресурсов глинистого кирпичного сырья Республики Татарстан для строительного комплекса // *Строительные материалы*. 2015. № 8. С. 17–22.
6. Корнилов А.В., Пермяков Е.Н., Лыгина Т.З. Минералого-технологические разновидности глинистого сырья для производства керамического кирпича и керамзитового гравия // *Стекло и керамика*. 2005. № 8. С. 29–31.

References

1. The concept of import substitution in structural branch for 2015–2016 in the Republic of Tatarstan. Order of the Office of the Minister of the Republic Tatarstan of 19.09.2015 No. 2091-P.
2. Kornilov A.V., Luzin V.P. Effective methods conversions of clay raw materials for obtaining products of construction ceramics. *Steklo i keramika*. 2004. No. 1, pp. 24–26. (In Russian).
3. Tsyplakov D.S., Kornilov A.V., Grevtsev V.A., Permjakov E.N. The activated additive containing zeolite for receipt of ceramic materials. *Vestnik kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2015. No. 19, pp. 163–165. (In Russian).
4. Tsyplakov D.S., Kornilov A.V., Lygina T.Z., Permjakov E.N. Influence of an activation refinement of refractory clay raw materials on properties of ceramic materials. *Vestnik kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2016. No. 8, pp. 68–72. (In Russian).
5. Vasyanov G.P., Gorbachev B.F., Krasnikova E.V., Sadykov R.K. Use of resources of clay brick raw materials of the Republic of Tatarstan for a structural complex. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 8, pp. 17–22. (In Russian).
6. Kornilov A.V., Permyakov E.N., Lygina T.Z. Mineral-technological kinds of clay raw materials for production of a ceramic brick and ceramsite gravel. *Steklo i keramika*. 2005. No. 8, pp. 29–31. (In Russian).

Н.П. УМНЯКОВА, канд. техн. наук (n.umniakova@mail.ru)

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, Россия, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

Расчет колебаний температуры в кирпичной облицовке трехслойных стен на основе почасовых параметров типового климатического года

На основе новой формы представления климатической информации в виде типового года с почасовым изменением параметров разработаны основы расчета температуры и амплитуды ее колебаний на поверхности и в толще облицовочного слоя из кирпича в трехслойной стеновой конструкции с учетом и без учета воздействия солнечной радиации. Данный методологический подход позволяет определить количество переходов температуры через ноль на поверхности и в толще кирпичной облицовки при воздействии изменяющейся температуры наружного воздуха и количества падающей на стену солнечной радиации и может быть использован для назначения требуемой морозостойкости и долговечности облицовочных и отделочных материалов.

Ключевые слова: типовой год, температура, амплитуда колебаний, почасовые значения, прямая солнечная радиация, рассеянная солнечная радиация.

N.P. UMNYAKOVA, Candidate of Sciences (Engineering) (n.umniakova@mail.ru)

Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences (21, Lokomotivny Passage, Moscow 127238 Russian Federation)

Calculation of Temperature Fluctuations in Brick Facing of Three-Layer Walls on the Basis of Hourly Parameters of a Standard Climatic Year

The basis for calculation of the temperature and the amplitude of its fluctuations on the surface and inside the facing brick layer in the three-layer wall structure with due regard for solar radiation effect and without it have been developed on the basis of a new form of climatic information presentation as a standard year with hourly change in parameters. This methodological approach makes it possible to determine the number of temperature transitions through zero on the surface and inside the brick facing under the effect of the changing temperature of the outside air and the amount of solar radiation falling on the wall and can be used for destination of the required frost resistance and durability of facing and finishing materials.

Keywords: standard year, temperature, amplitude of fluctuations, hourly values, direct solar radiation, diffused solar radiation.

Одним из разделов строительной физики являются теплотехнические расчеты, связанные с периодическим тепловым воздействием наружной температуры воздуха и солнечной радиации на ограждающие конструкции зданий. Для уточнения ряда исходных климатических данных в НИИСФ РААСН под руководством В.К. Савина и Н.П. Умняковой выполнена тема: «Разработать проект стандарта «Строительная климатология. Региональные приложения для города Москвы», определяющего расчетные климатологические параметры типового климатического года Москвы, включающие почасовые значения на основе математико-статистической обработки климатических данных по московскому региону за период с 1980 по 2011 годы» (Научно-технический отчет по теме «Разработать проект стандарта «Строительная климатология. Региональные приложения для города Москвы», определяющего расчетные климатологические параметры типового климатического года для Москвы. Часть I–IV. Руководители темы Савин В.К., Умнякова Н.П. Москва, НИИСФ РААСН, 2013 г.) [1]. Полученные климатические параметры типового года с расчетом их почасовых значений по суткам позволили получить почасовые изменения температуры наружного воздуха, почасовые изменения величины прямой и рассеянной солнечной радиации на горизонтальную и вертикальную поверхность. На основе этих данных вычислены среднесуточные значения температуры наружного воздуха и среднесуточные значения солнечной радиации.

Рассмотрим условия, когда температура наружного воздуха t_n изменяется около своего среднего значения с периодом в одни сутки в течение 24 ч (рис. 1).

Из графиков видно, что амплитуда колебаний температуры наружного воздуха t_n может быть выше сред-

несуточного значения и достигать своего максимального значения при максимальной амплитуде колебаний $A_{t_n}^{\text{вер}}$, т. е. быть максимальной, а также ниже среднесуточного значения и достигать своего минимального значения при амплитуде колебаний $A_{t_n}^{\text{ниж}}$.

Для дня типового года, представленного на рис. 2, средняя температура суток составляет $t_n^{\text{ср}} = -3,82^\circ\text{C}$.

Проведем теплотехнический расчет на примере наружной многослойной стеновой конструкции, состоящей из следующих слоев:

- внутренний штукатурный слой из цементно-песчаного раствора плотностью $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 20 мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,93 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ и коэффициентом теплоусвоения $s = 11,09 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$; показатель тепловой инерции $D = Rs = (\delta/\lambda)s = (0,02/0,93) 11,09 = 0,238$;

- кирпичная кладка из обыкновенного глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе плотностью $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 380 мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,81 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ и коэффициентом теплоусвоения $s = 10,12 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$; показатель тепловой инерции $D = Rs = (\delta/\lambda)s = (0,38/0,81) 10,12 = 4,747$;

- теплоизоляционный слой из минеральной ваты на основе базальтового волокна плотностью 40 кг/м^3 и толщиной 100 мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,045 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ и коэффициентом теплоусвоения $s = 0,59 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$; показатель тепловой инерции $D = Rs = (\delta/\lambda)s = (0,1/0,045) 0,59 = 1,31$;

- наружная кирпичная кладка из обыкновенного глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе плотностью $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 120 мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,81 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ и коэффициентом теплоусвоения $s = 10,12 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$; показатель тепловой инерции $D = Rs = (\delta/\lambda)s = (0,12/0,81) 10,12 = 1,49$.

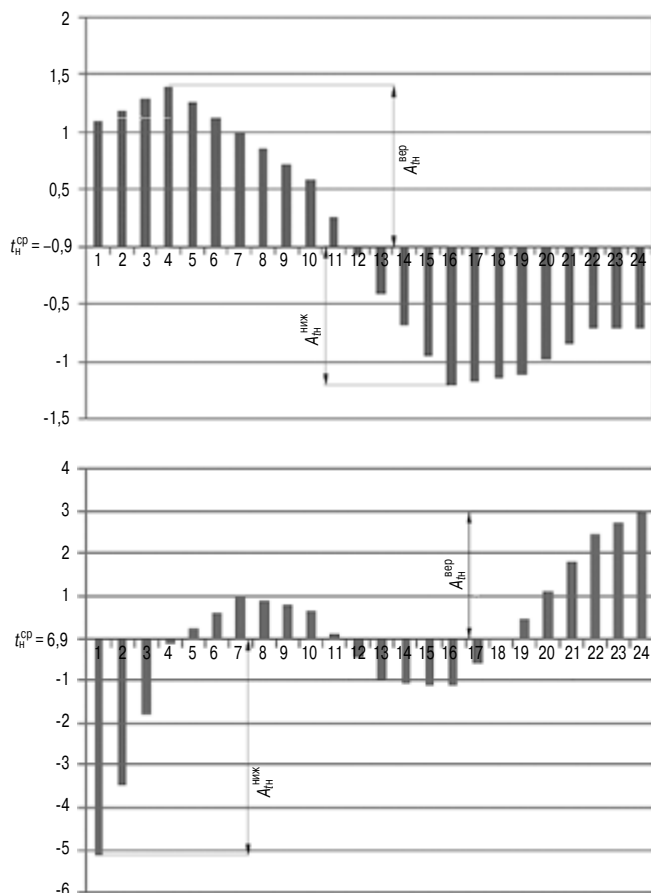


Рис. 1. Почасовые отклонения температуры наружного воздуха от среднего значения (амплитуды колебаний) в различные дни типового года

Сопротивление теплопередаче по глади многослойной стены с утеплителем из минеральной ваты различной толщины составит:

- при толщине утеплителя 50 мм – $R_0=1,91 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$;
- при толщине утеплителя 100 мм – $R_0=3,02 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$;
- при толщине утеплителя 150 мм – $R_0=4,12 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$.

Для определения температуры на наружной поверхности многослойной стены с кирпичной облицовкой и в ее толще слоев примем при $t_b=20^\circ\text{C}$ и $t_n^{\text{cp}}=-3,82^\circ\text{C}$ и воспользуемся формулой для стационарного теплового потока $\tau_n=t_n^{\text{cp}}+(t_b-t_n^{\text{cp}})R_n/R_0$.

Результаты расчета распределения температуры в многослойной стене с облицовкой из кирпича толщиной 120 мм и слоем утеплителя из минеральной ваты на основе каменного волокна толщиной 50, 100 и 150 мм приводятся на рис. 3.

Базируясь на теории теплоустойчивости О.Е. Власова [2], работах К.Ф. Фокина [3], А.М. Шкловера, Б.Ф. Васильева, Ф.В. Ушкова [4], Е.Г. Малявиной [5], рассмотрим почасовые колебания температуры наружного воздуха t_n , вызывающие изменение температуры на поверхности и в толще многослойной ограждающей конструкции. Амплитуда колебаний температуры на поверхности A_n и в толще стены A_{n1} будет определяться по величине затухания амплитуды колебаний температуры наружного воздуха A_n в зависимости от величины затухания температурных колебаний v_n на поверхности и в толще облицовочного слоя кирпича толщиной 120 мм по следующей формуле:

$$A_{n1} = A_n / v_n. \quad (1)$$

Амплитуды колебаний наружного воздуха принимаем как отклонения температуры наружного воздуха от своего среднего значения t_n^{cp} по графику на рис. 2.

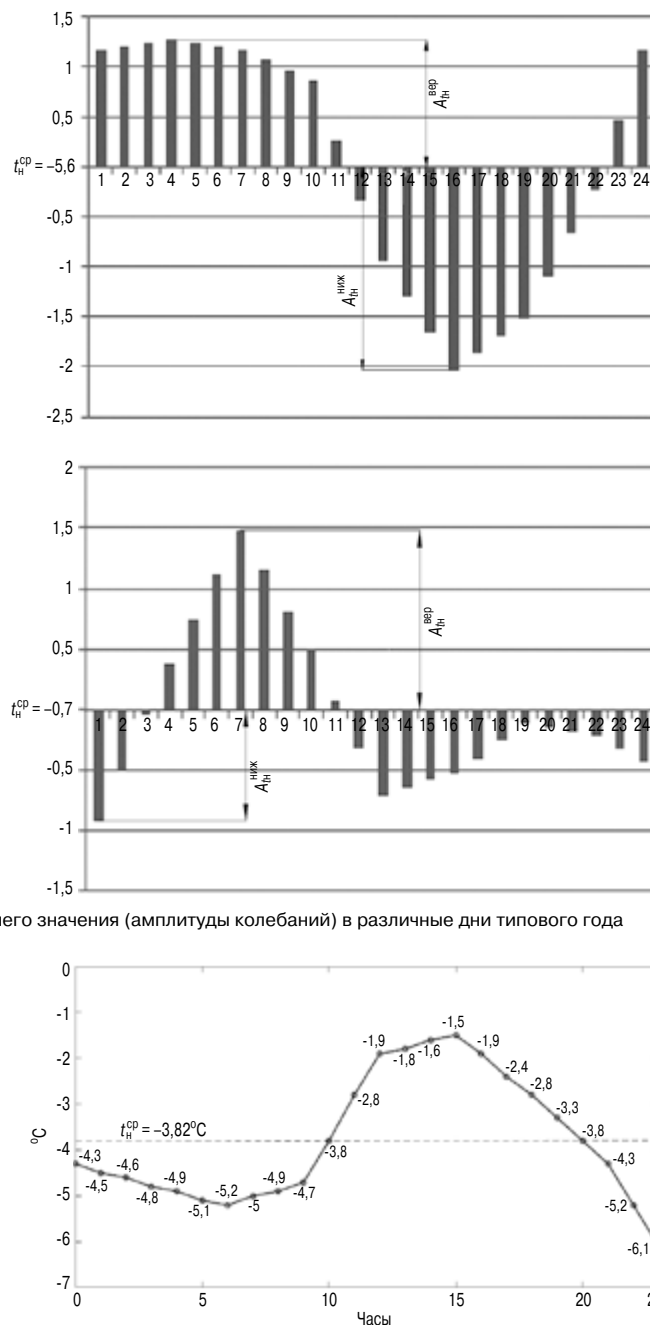


Рис. 2. Почасовые изменения температуры наружного воздуха в течение одних суток

Амплитуду колебаний температуры наружного воздуха выше ее среднего значения обозначим $A_n^{\text{в}}=2,31^\circ\text{C}$ и при понижении температуры ниже ее среднего значения обозначим амплитуду колебаний как $A_n^{\text{н}}=1,38^\circ\text{C}$.

Определим амплитуду колебаний температуры на наружной поверхности отделочного кирпичного слоя при тепловой инерции $D>1$ с учетом ее затухания $v_n=1+Y_nR_n=1+S_nR_n=1,435$ по формуле (1) $A_n^{\text{в}}=A_n^{\text{в}}/v_n=2,31/1,43=1,6$ и $A_n^{\text{н}}=A_n^{\text{н}}/v_n=1,38/1,43=0,96$. Амплитуду колебаний температуры на границе отделочного слоя из кирпича и утеплителя из минеральной ваты с учетом затухания $v_{n1}=0,95e^{D/2(1+\alpha_n)}/2s_1=0,95e^{1,499/\sqrt{2}(10,2+23)/2\times 10,12}=4,49$ вычислим по формуле (1): $A_{n1}^{\text{в}}=2,31/4,49=0,51^\circ\text{C}$ и $A_{n1}^{\text{н}}=1,38/4,49=0,3^\circ\text{C}$. Результаты выполненных расчетов приведены для конструкции многослойной стены с облицовочным слоем из кирпича и утеплителем из каменной ваты толщиной 50, 100 и 150 мм на рис. 3. Как видно из графиков, ампли-

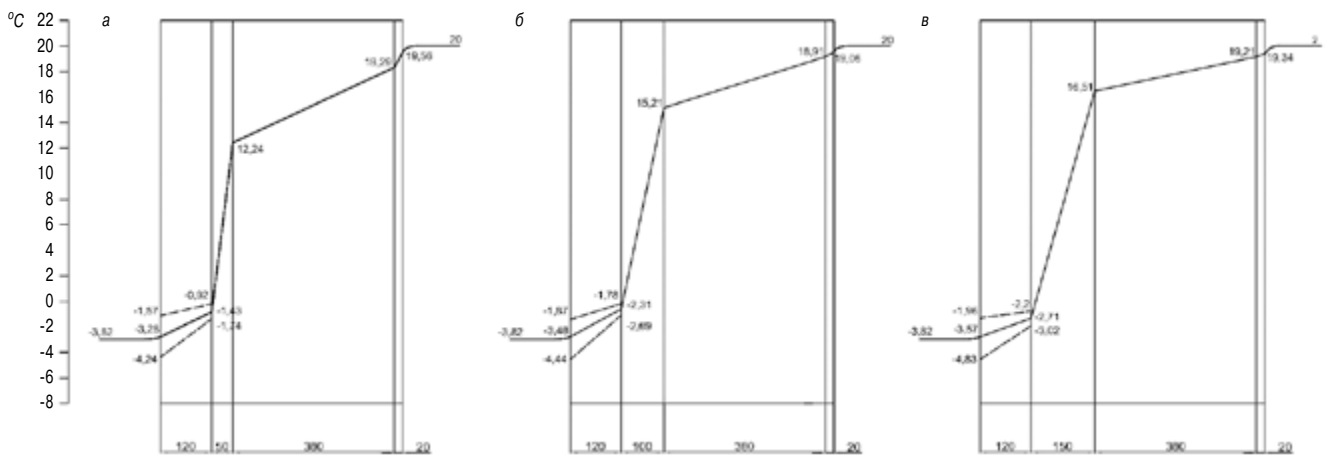


Рис. 3. Распределение температуры в толще трехслойной стены с облицовочным слоем из кирпича с утеплителем из минеральной ваты на основе каменного волокна толщиной 50 мм (а); 100 мм (б) и 150 мм (в)

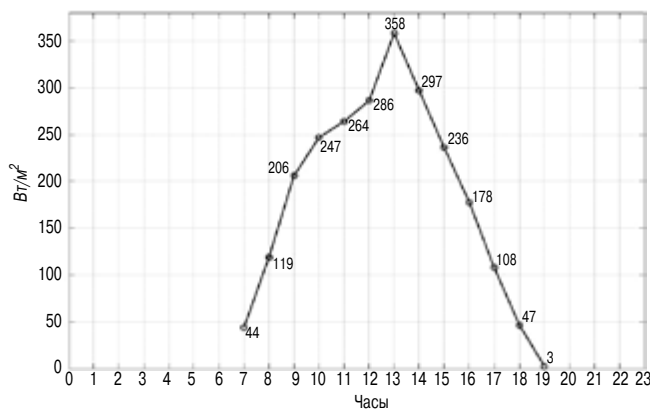


Рис. 4. Рассеянная солнечная радиация на горизонтальную поверхность в течение суток

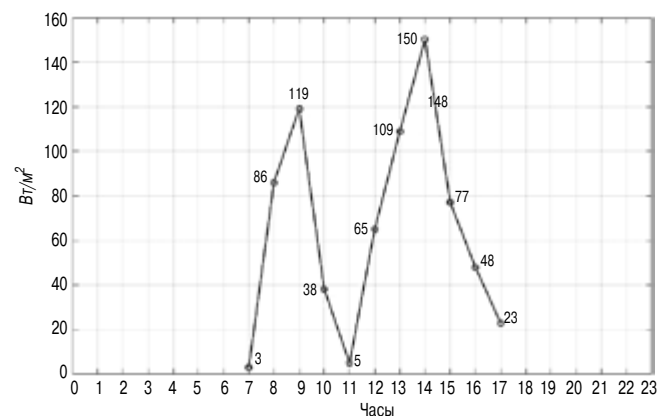


Рис. 6. Прямая солнечная радиация на вертикальную поверхность, ориентированную на юг, в течение суток

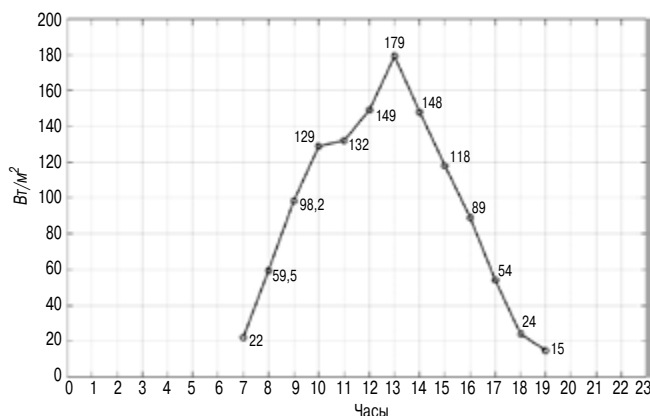


Рис. 5. Рассеянная солнечная радиация на вертикальную поверхность, полученная путем пересчета с горизонтальной поверхности

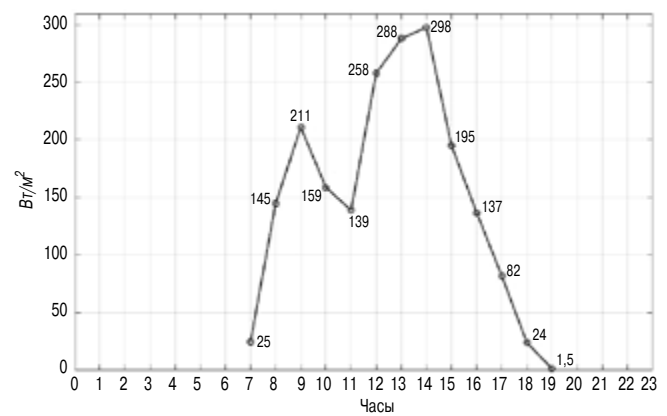


Рис. 7. Суммарная солнечная радиация (прямая и рассеянная) на вертикальную поверхность, ориентированную на юг

туда колебаний температуры наружного воздуха оказывается выше $A_{\text{лн}}^{\text{вер}}$ или ниже $A_{\text{лн}}^{\text{ниж}}$ своего среднего значения $t_{\text{лн}}^{\text{ср}}$. Эти амплитуды практически не будут равны между собой. Затухание амплитуд колебаний на поверхности и толще многослойной конструкции, происходящие около средней температуры, полученной из стационарных условий, будут иметь разные значения. Амплитуды колебаний в зависимости от характера распределения суточной температуры могут быть $A_{\text{лн}}^{\text{вер}}$ и $A_{\text{лн}}^{\text{ниж}}$ или $A_{\text{лн}}^{\text{ниж}}$ и $A_{\text{лн}}^{\text{вер}}$. В редких случаях эти амплитуды могут быть равны. Для определения среднесуточной температуры наружного воздуха

следует учитывать среднесуточную суммарную солнечную радиацию, которая включает прямую и рассеянную солнечную радиацию. В IV типовом году приводятся почасовые значения прямой и рассеянной солнечной радиации на горизонтальную поверхность (рис. 4). После пересчета рассеянной радиации на вертикальную поверхность получены почасовые значения (рис. 5). На рис. 6 приведены почасовые значения прямой солнечной радиации на вертикальную поверхность, ориентированную на юг. Суммарная солнечная радиация получена путем сложения прямой и рассеянной радиации (рис. 7).

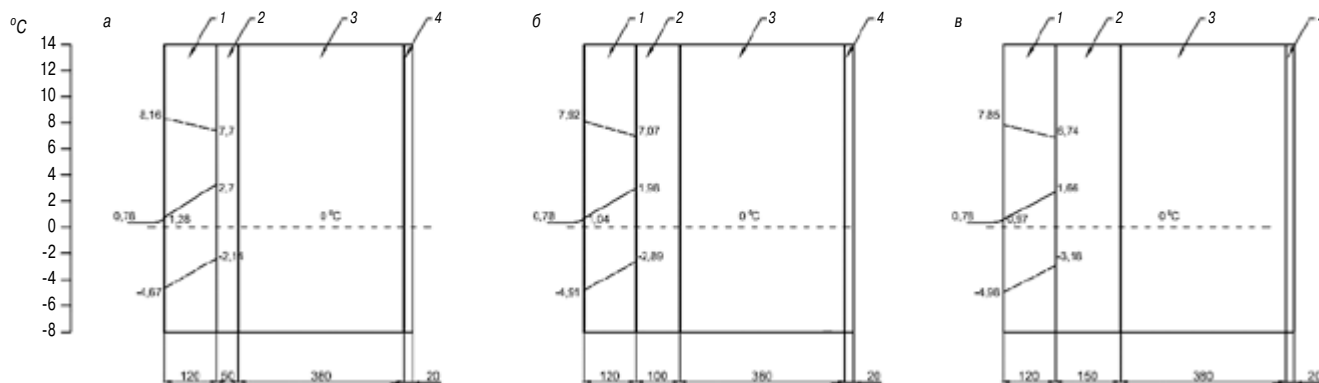


Рис. 8. Распределение температуры в облицовочном кирпичном слое трехслойной стены с утеплителем из минеральной ваты на основе каменного волокна толщиной 50 мм (а); 100 мм (б) и 150 мм (в) при учете почасовых колебаний солнечной радиации: 1 – наружная кирпичная кладка; 2 – теплоизоляционный слой из минеральной ваты; 3 – кирпичная кладка; 4 – внутренний штукатурный слой

Таблица 1
Значения коэффициентов поглощения солнечной радиации p строительными материалами

Наименование материала	p
Алюминий окисленный	0,52
Алюминий строительный	0,22
Гранит серый светлый шероховатый	0,59
Мрамор белый	0,35
Керамика светлая облицовочная	0,45
Кирпич обыкновенный светлокоричневый	0,55
Кирпич красный	0,7
Стекло оконное толщиной 4,5 мм	0,4

Проанализируем, какое значение величины солнечной радиации целесообразно использовать в теплотехнических расчетах: разность максимальной и средней за сутки солнечной радиации $Q_{\text{рад}}^{\text{max}} - Q_{\text{рад}}^{\text{cp}}$ или среднюю за сутки величину солнечной радиации $Q_{\text{рад}}^{\text{cp}}$.

В первом варианте для расчета примем $Q_{\text{рад}}^{\text{max}} - Q_{\text{рад}}^{\text{cp}} = 298 - 147 = 151 \text{ Вт/м}^2$ в час. Эквивалентная температура солнечного облучения составит $t_{\text{эк}} = p(Q_{\text{рад}}^{\text{max}} - Q_{\text{рад}}^{\text{cp}}) / \alpha_n = (0,7 \times 151) / 23 = 4,59^\circ\text{C}$.

Во втором варианте при расчетах остаются те же параметры и $Q_{\text{рад}}^{\text{cp}} = 147 \text{ Вт/м}^2$ в час. Эквивалентная температура солнечного облучения составит $t_{\text{эк}} = p(Q_{\text{рад}}^{\text{max}} - Q_{\text{рад}}^{\text{cp}}) / \alpha_n = (0,7 \times 147) / 23 = 4,47^\circ\text{C}$.

Разность между эквивалентными температурами солнечного облучения весьма незначительна и составляет $4,59 - 4,47 = 0,12^\circ\text{C}$. Поэтому при определении эквивалентной температуры солнечного облучения целесообразно принять $(Q_{\text{рад}}^{\text{max}} - Q_{\text{рад}}^{\text{cp}})$. В СП 50.13330.2012 эту величину рекомендуется использовать при теплотехнических расчетах не только для вертикальных поверхностей наружных стен западной ориентации, но и, как показали приведенные выше расчеты, для поверхностей южной ориентации. В дальнейшем при расчетах эквивалентной температуры солнечного облучения будем использовать $Q_{\text{рад}}^{\text{max}} - Q_{\text{рад}}^{\text{cp}}$.

Величина среднесуточной температуры наружного воздуха с учетом солнечной радиации $t_{\text{н,рад}}^{\text{cp}}$ представляет собой сумму, состоящую из среднесуточной температуры наружного воздуха $t_{\text{н}}^{\text{cp}}$ и эквивалентной температуры солнечного облучения $p(Q_{\text{рад}}^{\text{max}} - Q_{\text{рад}}^{\text{cp}}) / \alpha_n$, которая вычисляется по формуле:

$$t_{\text{н,рад}}^{\text{cp}} = t_{\text{н}}^{\text{cp}} + [p(Q_{\text{рад}}^{\text{max}} - Q_{\text{рад}}^{\text{cp}}) / \alpha_n], \quad (2)$$

где p – коэффициент поглощения теплоты от солнечной радиации поверхностью материала стены, приведенный в табл. 1; $Q_{\text{рад}}^{\text{max}}$ – максимальное количество солнечной

радиации, падающей на поверхность стены; $Q_{\text{рад}}^{\text{cp}}$ – среднее количество солнечной радиации, падающей на поверхность стены; α_n – коэффициент теплообмена на наружной поверхности стены, Вт/м^2 .

Принимаем в расчете значения $t_{\text{н}}^{\text{cp}} = -3,82^\circ\text{C}$; $p = 0,7$; $(Q_{\text{рад}}^{\text{max}} - Q_{\text{рад}}^{\text{cp}}) = 151 \text{ Вт/м}^2$ в час; $\alpha_n = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$, подставляем в формулу (2) и получаем температуру наружного воздуха с учетом солнечной радиации:

$$t_{\text{н,рад}}^{\text{cp}} = -3,82 + (0,7 \times 151) / 23 = 0,78^\circ\text{C}.$$

Среднее значение температуры при периодической стационарной теплопередаче с учетом солнечной радиации на наружной поверхности стены и на границе облицовочного слоя с минераловатым утеплителем определим для трехслойной стены с сопротивлением теплопередаче $R_0 = 3,02 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$ по формуле:

$$t_{\text{н,рад}}^{\text{cp}} = t_{\text{н,рад}}^{\text{cp}} + \frac{p(Q_{\text{рад}}^{\text{max}} - Q_{\text{рад}}^{\text{cp}})}{\alpha_n} + \frac{t_{\text{в}} - \left(t_{\text{н,рад}}^{\text{cp}} + \frac{p(Q_{\text{рад}}^{\text{max}} - Q_{\text{рад}}^{\text{cp}})}{\alpha_n} \right)}{R_0} \sum (R_n + R_{\text{об}}). \quad (3)$$

Среднюю температуру на внутренней поверхности вычислим по формуле (3) и получим:

$$t_{\text{н,рад}}^{\text{cp}} = -3,82 + (0,7 \times 151) / 23 + \{20 - [-3,82 + (0,7 \times 151) / 23] / 3,02\} 0,043 = 0,98^\circ\text{C}.$$

Среднюю температуру на границе облицовочного слоя из кирпича и минераловатного утеплителя вычислим по формуле (3) и получим:

$$t_{\text{н,рад}}^{\text{cp}} = -3,82 + (0,7 \times 151) / 23 + \{20 - [-3,82 + (0,7 \times 151) / 23] / 3,02\} (0,043 + 0,148) = 1,74^\circ\text{C}.$$

Для многослойной конструкции стены с сопротивлением теплопередаче $R_0 = 1,91 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$ в результате расчета по формуле (3) получим $t_{\text{н,рад}}^{\text{cp}} = 1,2^\circ\text{C}$; $T_{\text{н,рад}}^{\text{cp}} = 2,7^\circ\text{C}$ и для $R_0 = 4,12 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$ – $t_{\text{н,рад}}^{\text{cp}} = 0,97^\circ\text{C}$ и $T_{\text{н,рад}}^{\text{cp}} = 1,66^\circ\text{C}$.

В табл. 2 представлена разность между температурами, вычисленными с учетом воздействия солнечной радиации и без ее учета, на наружной поверхности трехслойной стены и на границе облицовочного слоя из кирпича и утеплителя.

Как видно, вертикальная поверхность наружной стены поглощает теплоту падающей солнечной суммарной радиации, поэтому температура на ее поверхности, например при сопротивлении теплопередаче стены по глади $R_0 = 3,02 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$, повышается от минусового значения $t_{\text{н}}^{\text{cp}} = -3,48^\circ\text{C}$ до $t_{\text{н,рад}}^{\text{cp}} = 1,04^\circ\text{C}$. Такая зависимость прослеживается также на границе облицовочного

Таблица 2

Разность температуры на поверхности и в толще трехслойной кирпичной стены
при учете солнечной радиации и без ее учета

Сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$	Разность температуры, $^\circ\text{C}$, при учете солнечной радиации и без ее учета		
	$t_{\text{н.рад}}^{\text{ср}} - t_{\text{н}}^{\text{ср}}$	$\tau_{\text{н.рад}}^{\text{ср}} - \tau_{\text{н}}^{\text{ср}}$	$\tau_{\text{н.1.рад}}^{\text{ср}} - \tau_{\text{н1}}^{\text{ср}}$
1,91	$0,78 - (-3,82) = 4,6$	$1,2 - (-3,28) = 4,48$	$2,7 - (-1,43) = 4,13$
3,02	$0,78 - (-3,82) = 4,6$	$1,04 - (-3,48) = 4,52$	$1,98 - (-2,31) = 4,29$
4,12	$0,78 - (-3,82) = 4,6$	$0,97 - (-3,48) = 4,54$	$1,66 - (-2,71) = 4,37$

Таблица 3

Величина коэффициента ψ (по данным А.М. Шкловера)

Отношение амплитуд $A_{\text{эк}}/A_{\text{н}}$	Коэффициент ψ при разности времени максимумов $Q_{\text{рад}}$ и $t_{\text{н}}$									
	1 ч	2 ч	3 ч	4 ч	5 ч	6 ч	7 ч	8 ч	9 ч	10 ч
1	0,99	0,96	0,92	0,87	0,79	0,71	0,61	0,5	0,38	0,26
2	0,99	0,97	0,93	0,88	0,82	0,75	0,66	0,57	0,49	0,41
3	0,99	0,97	0,94	0,9	0,85	0,79	0,73	0,66	0,6	0,55
4	1	0,98	0,96	0,93	0,89	0,85	0,81	0,76	0,73	0,69

слоя из кирпича и теплоизоляционного слоя, где температура повышается с отрицательной $\tau_{\text{н1}}^{\text{ср}} = -2,31^\circ\text{C}$ до положительной $\tau_{\text{н1.рад}}^{\text{ср}} = 1,98^\circ\text{C}$.

При исследовании теплофизических процессов, происходящих в облицовочном кирпичном слое стены, рассмотрим колебания температуры наружного воздуха и колебания интенсивности солнечной радиации. Амплитуду колебаний солнечной радиации можно рассматривать как разность максимального суточного значения солнечной радиации $Q_{\text{рад}}^{\text{max}}$ и среднесуточного значения солнечной радиации $Q_{\text{рад}}^{\text{ср}}$. Эти величины принимаются по графику на рис. 7. Суммарная амплитуда колебаний температуры на наружной поверхности стены $A_{\text{сум}}$ складывается из амплитуды колебаний температуры наружного воздуха $A_{\text{н}}$ и амплитуды колебаний температуры, вызванных поглощением солнечной радиации наружной поверхностью $A_{\text{эк}}$, умноженной на коэффициент несовпадения максимумов солнечной радиации и температуры наружного воздуха ψ , и определяется по формуле:

$$A_{\text{сум}} = (A_{\text{н}} + A_{\text{эк}})\psi, \quad (4)$$

где $A_{\text{эк}} = p(Q_{\text{рад}}^{\text{max}} - Q_{\text{рад}}^{\text{ср}})/\alpha_{\text{н}}$; ψ – коэффициент, характеризующий различное время максимальной радиации, максимальной температуры и отношение амплитуд, приведен в табл. 3.

Солнечную радиацию примем равной $Q_{\text{рад}}^{\text{max}} = 298 \text{ Вт/м}^2$ в час и $Q_{\text{рад}}^{\text{ср}} = 147 \text{ Вт/м}^2$ в час (рис. 7). Величину коэффициента ψ найдем из условий, что максимальная температура наружного воздуха наблюдается в 15 часов (рис. 2), а максимальная солнечная радиация в 14 часов (рис. 7). Отношение амплитуды $A_{\text{эк}}/A_{\text{н}} = 4,59/2,31 = 0,97$. По табл. 3 принимаем коэффициент $\psi = 0,99$. Тогда получим:

$$A_{\text{сум}}^{\text{вер}} = [2,31 + 0,7 (298 - 146)/23] \times 0,99 = 6,88^\circ\text{C};$$

$$A_{\text{сум}}^{\text{ниж}} = [1,38 + 0,7 (298 - 146)/23] \times 0,99 = 5,95^\circ\text{C}.$$

Суммарная амплитуда колебаний температуры между облицовочным кирпичным слоем и теплоизоляцией из каменной ваты составит:

$$A_{\text{сум.н1}}^{\text{вер}} = [0,51 + 0,7 (298 - 147)/23] \times 0,99 = 5,08^\circ\text{C};$$

$$A_{\text{сум.н1}}^{\text{ниж}} = [0,3 + 0,7 (298 - 147)/23] \times 0,9 = 4,84^\circ\text{C}.$$

Полученные результаты с учетом солнечной радиации использованы при построении температуры в от-

делочном кирпичном слое многослойной стены с утеплителем из минеральной ваты толщиной 50, 100 и 150 мм (рис. 8).

Под действием прямой и рассеянной солнечной радиации на вертикальную поверхность ограждающей конструкции происходит как повышение среднесуточной температуры воздуха, так и повышение амплитуды колебаний температуры на поверхности и в толще стены. Это вызвано тем, что наружная поверхность поглощает дополнительное количество теплоты от солнечной радиации. Из приведенных значений видно (рис. 3 и рис. 8), что при учете воздействия солнечной радиации среднесуточная температура становится выше нуля (имеет знак плюс), а при неучете воздействия солнечной радиации среднесуточная температура оказывается ниже нуля (т. е. имеет знак минус). При этом амплитуда колебаний температуры на наружной поверхности облицовочного кирпичного слоя и в плоскости соприкосновения с утеплителем увеличивается приблизительно в несколько раз. Величины амплитуды $A_{\text{тн}}^{\text{вер}}$ и $A_{\text{тн1}}^{\text{вер}}$ оказываются в зоне положительной температуры, а величины амплитуд $A_{\text{тн}}^{\text{ниж}}$ и $A_{\text{тн1}}^{\text{ниж}}$ в зоне отрицательной температуры. Эта закономерность четко просматривается на облицовочном кирпичном слое многослойных стеновых конструкций (рис. 8), имеющих сопротивление теплопередаче 1,91; 3,02 и 4,12 $\text{м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Множественные переходы температуры через нулевое значение приводят к потере прочности материала и ускоренному разрушению кирпича [6–13]. Представленные в типовом годе почасовые изменения температуры наружного воздуха, почасовые значения прямой и рассеянной солнечной радиации, падающей на горизонтальную и вертикальную поверхности, позволяют вычислить количество переходов температуры через 0°C в облицовочном слое из кирпича в течение года.

Таким образом, на основе представления климатической информации в форме типового года с почасовым изменением параметров разработан новый методологический подход к определению величины колебаний температуры и их амплитуды в наружном облицовочном слое многослойных ограждающих конструкций с учетом воздействия солнечной радиации. Он может быть использован для расчетов по определению требуемой морозостойкости и долговечности материалов отделочных и облицовочных слоев наружных стен в зависимости от климатических условий строительства и конструктивного решения ограждения.



Список литературы

1. Умнякова Н.П., Бутовский И.Н., Чеботарев А.Г. Развитие методов нормирования теплозащиты энергоэффективных зданий // *Жилищное строительство*. 2014. № 7. С. 19–23.
2. Власов О.Е. Плоские тепловые волны // *Известия Теплотехнического института*. 1927. № 3 (26). С. 23.
3. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 363 с.
4. Шкловер А.М., Васильев Б.Ф., Ушков Ф.В. Основы строительной теплотехники жилых и общественных зданий. М.: Стройиздат, 1959. 123 с.
5. Малявина Е.Г. Теплопотери здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2011. 225 с.
6. Александровский С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций. Москва: НИИСФ РААСН, 2004. С. 125.
7. Ананьев А.И., Ананьев А.А. Долговечность и энергоэффективность наружных стен из облегченной кирпичной кладки // *ACADEMIA. Архитектура и строительство*. 2010. № 3. С. 352–356.
8. Умнякова Н.П. Долговечность трехслойных стен с облицовкой из кирпича с высоким уровнем тепловой защиты // *Вестник МГСУ*. 2013. № 1. С. 94–100.
9. Хлебникова Е.И., Дацюк Т.А., Салль И.А. Воздействие изменений климата на строительство, наземный транспорт, топливно-энергетический комплекс // *Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова*. 2014. № 574. С. 125–178.
10. Смирнов В.А. Влияние солнечной радиации на деформацию стекол // *ACADEMIA. Архитектура и строительство*. 2009. № 5. С. 538–541.
11. Nikitin V., Backiel-Brzozowska B. Spadek wytrzymałości próbek cegły ceramicznej przy cyklicznym zamrażaniu i odmrażaniu // *Ceramic Materials*. 2011 (2). № 63, pp. 288–293.
12. Умнякова Н.П., Бутовский И.Н., Чеботарев А.Г., Матвеева О.И. Совершенствование теплотехнического проектирования зданий в климатических условиях Республики Саха (Якутия) // *Жилищное строительство*. 2015. № 6. С. 12–18.
13. Умнякова Н.П., Андрейцева К.С., Смирнов В.А. Эффективное решение оболочки здания и биосферная совместимость // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. 2013. № 4. С. 51–64.

References

1. Umnyakova N.P., Butovskii I.N., Chebotarev A.G. Development of methods of rationing of a heat-shielding of power effective buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 7, pp. 19–23. (In Russian).
2. Vlasov O.E. Flat thermal waves. *Izvestiya Teplotehnikeskogo instituta*. 1927. No. 3 (26), pp. 23.
3. Fokin K.F. Stroitel'naja teplotehniko ogradhdajushhih chastej zdanij. [Construction the heating engineer of the protecting parts of buildings]. M.: AVOK-PRESS, 2006. 363 p.
4. Shklover A.M., Vasilyev B.F., Ushkov F.V. Osnovy stroitel'noj teplotehniko zhilyh i obshhestvennyh zdanij [Bases construction heating engineers of residential and public buildings]. Moscow: Stroyizdat, 1959. 123 p.
5. Malyavina E.G. Teplopoteri zdanija [Heatlosses of the building]. Moscow: AVOK-PRESS, 2011. 225 p.
6. Aleksandrovskij S.V. Dolgovechnost' naruzhnyh ogradhdajushhih konstrukcij [Durability of the external protecting designs]. Moscow: NIISF RAASN, 2004, pp. 125.
7. Ananyev A.I., Ananyev A.A. Dolgovechnost and an energy efficiency of external walls from the facilitated bricklaying. *ACADEMIA. Arhitektura i stroitel'stvo*. 2010. No. 3, pp. 352–356.
8. Umnyakova N. P. Durability of three-layer walls with facing from a brick with the high level of thermal protection. *Messenger of MGSU*. 2013. No. 1, pp. 94–100.
9. Khlebnikova E.I., Datsyuk T.A., Sall I.A. Impact of climate changes on construction, the land transport, fuel and energy complex. *Trudy Glavnoj geofizicheskoy observatorii im. A.I. Voejkova*. 2014. No. 574, pp. 125–178.
10. Smirnov V.A. Influence of solar radiation on deformation of glasses. *ACADEMIA. Arhitektura i stroitel'stvo*. 2009. No. 5, pp. 538–541.
11. Nikitin V., Backiel-Brzozowska B. Spadek wytrzymałości próbek cegły ceramicznej przy cyklicznym zamrażaniu i odmrażaniu. *Ceramic Materials*. 2011 (2). No. 63, pp. 288–293.
12. Umnyakova N. P., Butovsky I.N., Chebotaryov A.G., Matveeva O. I. Enhancement of heattechnical building designing in climatic conditions of the Republic of Sakha (Yakutia). *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. [Housing Construction]. 2015. No. 6, pp. 12–18.
13. Umnyakova N.P., Andreitseva K.S., Smirnov V.A. Effective solution of a cover of the building and biospheres' compatibility. *Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii*. 2013. No. 4, pp. 51–64. (In Russian).

Международная научно-техническая конференция

«Высокопрочные цементные бетоны: технологии, конструкции, экономика (ВПБ-2016)»

25–27 октября 2016 г.

г. Казань, КГАСУ

Организаторы

Министерство архитектуры, строительства и ЖКХ Республики Татарстан, Аппарат президента Республики Татарстан
НО «Государственный жилищный фонд при Президенте Республики Татарстан»
Национальная группа Международной Федерации конструкционного бетона (FIB)
Региональная группа RILEM, Ассоциация «Железобетон»
ГУП «Татинвестгражданпроект», АО «Казанский Гипроиниавиапром», КазГАСУ

Научные направления конференции

Высокопрочные бетоны (структура, свойства, технологии) ♦ Эффективные конструкции из высокопрочного бетона ♦ Экономика производства и применения ВПБ в железобетонных конструкциях

Ключевые даты:	Место проведения конференции
17 июня 2016 г. – начало приема заявок на участие; 18 сентября 2016 г. – завершение подачи заявок на участие и тезисов докладов; 19 сентября 2016 г. – крайний срок оплаты оргвзноса; 24–25 октября 2016 г. – заезд участников конференции	420043, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1 e-mail: vpb2016-kgasu@mail.ru Ученые секретари: канд. техн. наук Морозов Николай Михайлович, канд. техн. наук Красникова Наталья Михайловна. Тел. 8 (843) 510-47-34

Регистрация участников конференции осуществляется только с сайта!

<http://vpb2016.kgasu.ru/>

Конференция по газобетону в Минске



Начало работы конференции

Программа пленарного дня конференции включала ряд вопросов, касающихся технологии и оборудования, тенденций развития отрасли в различных странах, исследования теплотехнических свойств материалов и строительных конструкций из АГБ и др. В ходе проведенной дискуссии выяснилось, что мировое производство ячеистого бетона развивается в направлении наращивания объемов, снижения плотности и увеличения доли армированных изделий, в том числе сборных панелей, с увеличением габаритных размеров и расширением номенклатуры готовой продукции.

В результате работы конференции участники сошлись во мнении, что необходимо продолжить работы по снижению плотности конструктивно-теплоизоляционного ячеистого бетона до $D350-400 \text{ кг/м}^3$ (марка прочности В1–В2) и теплоизоляционного $D150-250 \text{ кг/м}^3$ (В0,3–В0,55).

Одним из перспективных направлений дальнейшей работы признано освоение производства армированных ячеисто-бетонных изделий – плит покрытия и перекрытия, панелей наружных и внутренних стен, в том числе сборных.

В области проектирования и применения ячеистого бетона намечены планы разработки вариантов защитно-декоративных покрытий с повышенной паропроницаемостью для ячеистых бетонов пониженной плотности; также планируется внести требования к защитно-декоративным покрытиям в нормативные документы. Предполагается разработать рекомендации по расчету и конструированию армированных изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения, переработать в соответствии с СТБ EN 12602–2011 типовые серии рабочих чертежей армированных изделий из ячеистого бетона.



В перерывах дискуссия из зала перемещалась в фойе



Производственная экскурсия на ОАО «Минский КСИ». В конференц-зале комбината участников приветствовали (слева направо): генеральный директор ОАО «Минский КСИ» В.Э. Сергейчик; коммерческий директор МАЗА ГмбХ (генеральный спонсор конференции) М. Кларе; главный идеолог конференции Н.П. Сажнев, канд. техн. наук; глава представительства МАЗА ГмбХ в России А.К. Иванов



Автоклавный газобетон на территории Минского КСИ использован для украшения сквера. Все скульптуры вырезаны из газобетона

В числе рекомендаций конференции отмечена необходимость продолжить комплекс работ по использованию отходов производства (зола, шлаки) в технологии изготовления ячеистого бетона; продолжить работы по механоактивации компонентов ячеисто-бетонной смеси. Планируется продолжить работы по изучению использования ячеистого бетона в нетрадиционных сферах применения – очистке газов и жидких сред, агропроизводстве и др.

Решение указанных задач в области производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения позволит:

- расширить номенклатуру ячеисто-бетонных изделий;
- сократить затраты на производство ячеистого бетона;
- довести применение ячеистого бетона в надземной части малоэтажных зданий до 90%;
- снизить стоимость строительно-монтажных работ на 15–20%;
- сократить трудоемкость СМР на 20–25%;

за счет использования армированных изделий повысить в 1,2 раза теплотехническую однородность узлов сопряжений наружных ограждающих конструкций с несущими элементами зданий из ячеистого бетона.



А.Ш. КАСУМОВ, инженер (kasumov@yandex.ru), Е.Г. ВЕЛИЧКО, д-р техн. наук (pct44@yandex.ru)
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

Разработка рациональных параметров компонентов состава пенобетона

Продолжается серия статей, посвященных профессору Г.И. Горчакову, развитию его концепции зависимости структуры, пористости и свойств строительных материалов от состава. Теоретически обосновывается разработка пенобетона повышенного качества с маркой по средней плотности D400. Это достигается за счет применения в его составе пенообразователей большой кратности пены и с высоким коэффициентом использования, многокомпонентных модификаторов минеральной и химической природы. Особое внимание уделено получению рациональных параметров компонентов благодаря трехуровневой оптимизации дисперсного состава пенобетона. Авторы анализируют комплексное использование модификаторов из микрокремнезема, суперпластификатора, ускорителя твердения, тонкодисперсного шлака и модификатора группы МБ. Показано, что трехуровневая оптимизация требуется для обеспечения действия модификаторов с эффектом синергизма для увеличения прочности, снижения усадки и теплопроводности пенобетона.

Ключевые слова: пенобетон, оптимизация дисперсного состава, минеральные и химические модификаторы, пористость, кратность пены.

E.G. VELICHKO, Doctor of Sciences (Engineering) (pct44@yandex.ru), A.Sh. KASUMOV, Engineer (kasumov@yandex.ru)
National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Development of Rational Parameters of Components of Foam Concrete Composition

A series of articles, devoted to Professor Gorchakov, development of his concept about the dependence of the structure, porosity and properties of building materials on the composition continues. The development of the foam concrete of higher quality with a grade of average density of D400 is theoretically substantiated. This is achieved through the use of a foaming agent with high-expansion foam and a high coefficient of application, multi-component modifiers of mineral and chemical nature in its composition. Special attention is paid to obtaining the rational parameters of components due to the three-level optimization of the disperse composition of the foam concrete. The authors analyze the complex application of micro-silica modifiers, super-plasticizer, hardener, fine-disperse slag, and modifier of MB group. It is shown that the three-level optimization is needed for ensuring the action of modifiers with synergy effect for improving the strength, reducing the shrinkage and heat conductivity of the foam concrete.

Keywords: foam concrete, optimization of disperse composition, mineral and chemical modifiers, porosity, foam expansion ratio.

27 июня 2016 года отмечалось 100-летие со дня рождения Григория Ивановича Горчакова (27 июня 1916 — 24 июня 2002) — доктора технических наук, профессора, лауреата Государственной премии СССР. Важной научной концепцией проф. Г.И. Горчакова была функциональная взаимозависимость состава, структуры и свойств строительных материалов и фундаментальное исследование их пористости.

Данная публикация продолжает серию статей [1], посвященных выдающемуся ученому проф. Григорию Ивановичу Горчакову, который в течение 21 года (в период с 1968 по 1989 г.) был заведующим одной из ведущих кафедр МИСИ им. В.В. Куйбышева — кафедры строительных материалов.

Пористость ячеистых бетонов определяется содержанием пор, размерами, их равномерным распределением в объеме материала. Общую пористость образуют макропоры, капиллярные поры, контракционные и гелевые поры. Макропорами, или воздушными, Г.И. Горчаков называет поры с размерами более $5 \cdot 10^{-5}$ м. К капиллярным он относит поры с диаметром от $1 \cdot 10^{-7}$ до $5 \cdot 10^{-5}$ м, а к гелевым — с диаметром менее $1 \cdot 10^{-7}$ м.

В своей последней статье, которая вышла уже после его смерти, Г.И. Горчаков [2] отмечал возможность создания строительных материалов на основе портландцемента с функционально заданными свойствами.

Разработка пенобетона повышенного качества, в том числе низких марок по средней плотности, может быть связана с применением в его составе:

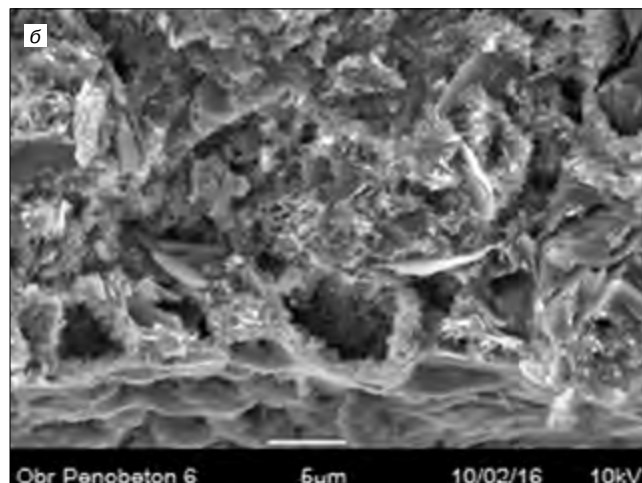
- пенообразователей большой кратности пены и высоким коэффициентом ее использования;
- многокомпонентных модификаторов, стабилизирующих структуру пены и пенобетона в целом.

Выбор состава комплекса модификаторов должен осуществляться с учетом обеспечения пролонгированного их действия с эффектом синергизма в формиро-

вании свойств пенобетона: прочности, деформативности, морозостойкости, коррозионной стойкости и др.

Параметры пенобетона, обеспечивающие его высокое качество, могут быть получены при условии создания тонкодисперсной ячеистой структуры с порами размером 0,1–0,5 мм и при наличии плотной и высокопрочной матрицы, образованной из компонентов с оптимальными дисперсностью и содержанием частиц, в том числе аморфного строения. Создание пенобетона означенного качества обеспечивает не только высокие физико-механические свойства, но и низкую теплопроводность. Пенобетоны такого вида можно получить, например, применением тонкодисперсного доменного гранулированного шлака с оптимальными параметрами [3], микрокремнезема и других модификаторов, повышающих их теплофизические свойства. Так, например, тонкодисперсный доменный гранулированный шлак с оптимальной дисперсностью имеет удельную поверхность на 140–150 м²/кг больше, чем портландцемент. При использовании в составе пенобетона шлака означенной дисперсности в количестве 30–40% наблюдается уменьшение объема пустот между частицами многокомпонентной системы на 3–5%, что повышает прочность на 25–40% за счет более плотной упаковки, а также снижает коэффициент теплопроводности матрицы на 13–15%. При этом частицы тонкодисперсного шлака распределяются в основном в пустотах между частицами портландцемента [3].

Важным фактором получения пенобетона высокого качества является применение эффективных пенообразователей и технологических приемов. Это обеспечивает высокую устойчивость пены и пенобетонной смеси. Для получения устойчивой пены необходимо, чтобы пленка была не только упругой, но и имела высокую поверхностную вязкость. Повышенная вязкость уменьшает скорость стекания пленки на границу Плато [4]. По



Макроструктура (а) и микроструктура (б) пенобетона марки по средней плотности D400 (состав 6, из таблицы) после ТВО в возрасте 28 сут

этой причине представляется целесообразным использование в пенобетонной смеси различных типов стабилизаторов. Наиболее эффективными стабилизаторами могут быть высокодисперсные минеральные компоненты, препятствующие стеканию жидкости с поверхности пленки [3]. Дисперсность минеральных стабилизаторов пен должна быть максимально большой для придания ей псевдотвердого состояния в пенобетонной смеси. Это повысит упругость и устойчивость пленки и будет препятствовать стеканию жидкости на границу Плато. Поэтому высокодисперсный микрокремнезем с пустотностью 60–72% является эффективным стабилизатором пены в пенобетонной смеси. Кроме того, взаимодействие микрокремнезема с гидроксидом кальция понижает рН жидкой фазы. Это значительно уменьшает возможность карбонизации и величину одноименной усадки материала.

Стекание жидкости пленки на границу Плато приводит к интегральному снижению прочности за счет образования в пенобетоне микрообъемов пониженной прочности с повышенным значением В/Ц. Следовательно, такие микрообъемы являются центрами разрушения. Необходимо также отметить, что почти все пенообразователи замедляют твердение цементных систем, ухудшают качество гидратных фаз, снижая их прочность.

Очевидно, что основными свойствами пены, которые влияют на строительно-технические свойства (СТС) пенобетона, являются кратность пены (КП) и коэффициент использования пены (КИП). Для высококачественного пенобетона необходимо применять пенообразователи с максимальной кратностью, которая обеспечивает минимальное содержание пенообразователей в бетоне. Поэтому двухстадийная технология приготовления пенобетона наиболее эффективна. Она позволяет снизить содержание воды и пенообразователя в бетонной смеси и повысить СТС пенобетона. Значение КИП рекомендуется принимать равным 0,8, но на практике он равен от 0,55 до 0,78. Выбор пенообразователей, стабилизаторов пены, структурообразующих компонентов, существенно улучшающих структуру и свойства пенобетона, является проблемой.

Улучшение деформативных свойств пенобетона может быть достигнуто за счет алюмосодержащих компонентов в виде метакеолина с добавкой гипса, а также его модификаций с микрокремнеземом, суперпластификатором и гипсом, с условным наименованием группы модификаторов типа МБ. Эффект действия этой группы основан на образовании этtringита, который компенсирует в различной степени контракционную и влажностную усадку цементного камня и пенобетона в целом.

Метакеолин с дисперсностью $1500 \text{ м}^2/\text{кг}$ превышает дисперсность портландцемента почти в 5 раз. При использовании его в количестве 15–20% от массы многокомпонентного цемента дополнительно уменьшает объем межчастичных пустот на 3–4%. Объем межчастичных пустот портландцемента в уплотненном состоянии составляет 55–60%, многокомпонентного цемента – 52–55%, что больше 48% объема пустот простой кубической упаковки. В ней размер частицы, которая заполняет пустоту между частицами, составляет 0,41 диаметра предыдущей частицы. По данным [3–5], размер первичных (цементных) частиц матрицы должен быть больше в 2,44 раза. Поэтому в каждой межчастичной пустоте распределяются одна или две частицы метакеолина со средним размером 3–5 мкм. Пуццоланическую активность метакеолина в цементных системах отмечают авторы работ [6–13].

В настоящей статье выявлены три уровня достижения рациональных параметров компонентов состава, т. е. их оптимизации. Модификация структуры пенобетона была проведена за счет применения химических и минеральных добавок-модификаторов. В роли химического модификатора пластифицирующего действия был использован суперпластификатор С-3 в количестве 0,6%, а также ускоритель твердения «АС» в количестве 0,07% от массы цемента. В качестве минеральных модификаторов – тонкодисперсный шлак Новоліпецкого металлургического комбината с удельной поверхностью на $140\text{--}150 \text{ м}^2/\text{кг}$ больше, чем у портландцемента. Введение тонкодисперсного шлака составляет первый уровень оптимизации состава пенобетона – его рационального дисперсного состава. Размеры частиц тонкодисперсного шлака позволяют им распределяться в пустотах между частицами цемента [3, 14].

Использовался модификатор бетона Б-II-2 (ГОСТ Р 56178–2014) типа МБ (далее – МБ Б-II-2) с удельной поверхностью $1500 \text{ м}^2/\text{кг}$. Он составляет второй уровень оптимизации состава пенобетона – его рационального дисперсного состава. Между частицами в пустотах многокомпонентного цемента (портландцемент+тонкодисперсный шлак) распределялся по одной или две частицы размером 3–5 мкм модификатора МБ Б-II-2. Пустотность системы в этом случае уменьшилась на 3–4%.

Третий уровень оптимизации дисперсного состава пенобетона обеспечивался за счет применения микрокремнезема. Его дисперсность $20000\text{--}30000 \text{ м}^2/\text{кг}$ [15–17], и благодаря действию поверхностных сил частицы микрокремнезема обволакивают зерна портландцемента, тонкодисперсного шлака и модификатора МБ Б-II-2. Часть их распределяется в пустотах между частицами модификато-

№ п/п	Состав, мас. %	В/Т	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии после ТВО в возрасте, МПа		Коэффициент теплопроводности в сухом виде, Вт/(м·°С)	Усадка, мм/м
				1	28		
1	Контрольный состав	0,39	398	$\frac{0,75}{100}$	$\frac{1,02}{100}$	$\frac{0,098}{100}$	$\frac{2,98}{100}$
2	Тонкодисперсный шлак – 40	0,37	384	$\frac{0,95}{125}$	$\frac{1,34}{130}$	$\frac{0,077}{78,6}$	$\frac{2,67}{89,6}$
3	СП С-3 – 0,6	0,32	406	$\frac{1,01}{137}$	$\frac{1,49}{146}$	$\frac{0,101}{103}$	$\frac{0,98}{32,9}$
	Ускоритель твердения «АС» – 0,07						
4	Тонкодисперсный шлак – 40	0,31	382	$\frac{1,19}{159}$	$\frac{1,71}{168}$	$\frac{0,072}{74}$	$\frac{1,97}{65}$
	Микрокремнезем – 8						
	СП С-3 – 0,6						
5	Тонкодисперсный шлак – 40	0,32	386	$\frac{1,41}{188}$	$\frac{1,98}{194}$	$\frac{0,074}{75,5}$	$\frac{0,75}{25,2}$
	Микрокремнезем – 8						
	Ускоритель твердения «АС» – 0,07						
6	Тонкодисперсный шлак – 40	0,33	384	$\frac{1,18}{157}$	$\frac{1,69}{167}$	$\frac{0,076}{77,5}$	$\frac{0,7}{23,5}$
	МБ Б-II-2 – 20						

Примечание. Под чертой – % от значения контрольного состава.

ра МБ Б-II-2, образуя самоорганизованную наноструктуру цементного камня. Многоуровневая оптимизация состава пенобетона создает его рациональный дисперсный состав, что обеспечивает снижение его межчастичной пустотности на 12%.

Были проведены комплексные исследования пенобетонов различных составов. Марка пенобетона по средней плотности принята постоянной – D400. Структура и результаты сравнения строительно-технических свойств пенобетона приведены на рисунке, а также в таблице.

Для приготовления пенобетонной смеси использовались портландцемент ЦЕМ 1 42,5 Н (ПЦ500 D0) и пенообразователь ПБ–2000. Были приготовлены серии образцов шести составов. Прочность при сжатии оценивалась после ТВО в возрасте 1 и 28 сут. Также определялись коэффициент теплопроводности и усадка. Состав 1 являлся контрольным.

В состав 2 вместо 40% портландцемента введено эквивалентное количество тонкодисперсного шлака. Это снизило В/Т на 5% и увеличило прочность пенобетона на 25–30%. Также наблюдается значительное снижение коэффициента теплопроводности (21,4%) и величины деформаций усадки (10,4%) относительно контрольного состава.

При использовании тонкодисперсного шлака, микрокремнезема в количестве 8% массы цемента и суперпластификатора С-3 (состав 4) наблюдается более значимое (на 59–68%) повышение прочности пенобетона и снижение коэффициента теплопроводности (на 26%). В большей степени (на 35%) уменьшилась усадка пенобетона.

Следовательно, были подтверждены теоретические положения о значимом снижении теплопроводности пенобетона при использовании тонкодисперсного шлака со смешанным состоянием (аморфное и кристаллическое) и высокодисперсного аморфного микрокремнезема. Эти компоненты выполняют роль «рассеивающих экранов» для фононов. Дополнительное введение в состав 4 ускорителя твердения «АС» (состав 5) обеспечивает большой прирост прочности (на 88–94%). Коэффициент теплопроводности относительно состава 4 не изменяется, а усадка пенобетона снижается более чем в 2,5 раза. Она составляет 0,75 мм/м и находится

практически на уровне требований к автоклавному газобетону. Полученные результаты связаны с формированием и однородным распределением в цементной системе наноразмерных игольчатых кристаллогидратов расширяющего типа. При этом происходит самоорганизация наноармирования структуры пенобетона, оказывающая значимое влияние на качество гидросиликатных фаз, вносящих основной вклад в прочность цементного камня.

Похожие результаты по значительному снижению усадки (на 66,5%) наблюдается при применении только химических модификаторов СП С-3 и ускорителя твердения «АС». Их использование увеличивает на 57–67% прочность пенобетона по сравнению с контрольным составом. Коэффициент теплопроводности при этом снижается на 22,5%.

Однако наиболее значимое снижение (на 76,5%) деформаций усадки наблюдается при комплексном использовании тонкодисперсного шлака и модификатора МБ Б-II-2 (состав 6). Значение усадки также находится на уровне автоклавного газобетона.

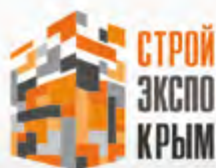
Таким образом, выполненные экспериментальные исследования подтвердили теоретические положения о том, что многоуровневая оптимизация дисперсного состава пенобетона может быть достигнута за счет разработки рациональных параметров его компонентов. Путем применения минеральных модификаторов различной дисперсности обеспечивается высокая реакционная способность твердых частиц матрицы. Это относится и к протеканию пуццолановой реакции. Минеральные модификаторы с оптимальными параметрами придают высокую прочность пенобетона. Кроме того, использование органоминеральных модификаторов обеспечивает также низкую усадку и теплопроводность материала. Существенное улучшение СТС пенобетона достигается за счет применения органоминерального модификатора в комплексе с тонкодисперсным шлаком и ускорителем твердения, чем обеспечивается пролонгированное действие добавки с эффектом синергизма. Следует также отметить, что индекс эффективности модификатора по сравнению с контрольным составом (по ГОСТ Р 56178–2014) для состава 6 составил: по снижению воды затворения – 18%; а по повышению прочности – 57–67%.

Список литературы

1. К 100-летию со дня рождения Г.И. Горчакова. Исследование долговечности, состава, структуры и свойств цементных систем. *Строительные материалы*. 2016. № 6. С. 62–66.
2. Сахаров Г.П., Горчаков Г.И. О материаловедческой концепции создания строительных материалов с функционально заданными свойствами: *Сборник трудов научных чтений, посвященных памяти Г.И. Горчакова и 75-летию с момента основания кафедры строительных материалов МГСУ*. М.: МГСУ, 2009. С. 217–226.
3. Величко Е.Г., Белякова Ж.С. Некоторые аспекты физикохимии и механики композитов многокомпонентных цементных систем // *Строительные материалы*. 1997. № 2. С. 21–25.
4. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М.: Мир, 1979. 568 с.
5. Израелашвили Д. Межмолекулярные и поверхностные силы. М.: Научный мир, 2011. 456 с.
6. Нгуен Т.Т., Орешкин Д.В. Исследование структуры газобетона для жилищного строительства Вьетнама // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2014. № 3. С. 169–172.
7. Нгуен Т.Т., Орешкин Д.В. Подбор и оптимизация состава неавтоклавного газобетона для условий Вьетнама // *Интернет-вестник ВолгГАСУ*. Сер.: Политематическая. 2014. Вып. 2. [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/5NguenTkhanTuanOreshkin-2014_2\(33\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/5NguenTkhanTuanOreshkin-2014_2(33).pdf) (дата доступа 11.07.2016)
8. Нгуен Т.Т., Орешкин Д.В. Технические свойства автоклавного и неавтоклавного газобетона // *Вестник ИрГТУ*. 2014. № 8. С. 100–103.
9. Ilich B.R., Mitrovich A.A., Milich L.R. Thermal treatment of kaolin clay to obtain metakaolin // *Hem. ind.* 2010. No. 64 (4), pp. 351–356.
10. Shvarzman A., Kovler K., Grader G.S., Shter G.E. The effect of dihydroxylation amorphization degree on pozzolanic activity of kaolinite // *Cement and Concrete Research*. 2003. Vol. 33, pp. 405–416.
11. Arian M., Sobolev K., Ertun T., Yeginobali A., Turker P. Properties of blended cements with thermally activated kaolin // *Construction and Building Materials*. 2009. Vol. 23, pp. 62–70.
12. Sabir B.B., Wild S. and Bai J. Metakaolin calcined clay as pozzolan for concrete: a review // *Cement and Concrete Composites*. 2001. Vol. 23, pp. 441–454.
13. Badogiannis E., Kakali G., Tsivilis S. Metakaolin as supplementary cementitious material Optimization of kaolin to metakaolin conversion // *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2005. No. 81, pp. 457–462.
14. Дерябин П.П. Влияние рецептурных и технологических факторов на свойства пеногазобетона // *Известия вузов. Строительство*. 2001. № 5. С. 39–42.
15. Гусенков С.А., Удачкин В.И., Галкин С.Д., Ерофеев В.С. Теплоизоляционные и стеновые изделия из безавтоклавного пенобетона // *Строительные материалы*. 1999. № 4. С. 10–11.
16. Кардумян Г.С., Каприелов С.С. Новый органоминеральный модификатор серии «МБ» — Эмбэлит для производства высококачественных бетонов // *Строительные материалы*. № 8. 2005. С. 12–15.
17. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С., Дондуков В.Г. Модифицированные высокопрочные мелкозернистые бетоны с улучшенными деформационными характеристиками // *Бетон и железобетон*. 2006. № 2. С. 2–6.

References

1. On the 100th anniversary of Grigoriy I. Gorchakov study of durability, composition, structure and properties of cement systems. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 6, pp. 62–66. (In Russian).
2. Sakharov G.P., Gorchakov G.I. About the concept of creation of materials science of building materials with predetermined properties functionally. *Proceedings of the Scientific Conference dedicated to the memory of G.I. Gorchakov and the 75th anniversary since the founding of the Department of Building Materials MSUCE*. Moscow: MSUCE. 2009. pp. 217–226. (In Russian).
3. Velichko E.G., Belyakova Zh.S. Some aspects of the chemistry and mechanics of composites of multi-component cement systems. *Stroitel'nye Materialy*. [Construction Materials]. 1997. No. 2, pp. 21–25. (In Russian).
4. Adamson A. Fizicheskaya himiya poverhnostej [Physical chemistry of surfaces]. Moscow: Mir. 1979. 568 p.
5. Izraelashvili D. Mezhmolekulyarnye i poverhnostnye sily [Intermolecular and surface forces]. Moscow: Nauchnyj mir. 2011. 456 p.
6. Nguen T.T., Oreshkin D.V. Study of the structure of aerated concrete for housing in Viet Nam. *Nauchno-tehnicheskij Vestnik Povolzh'ya*. 2014. No 3, pp. 169–172. (In Russian).
7. Nguen T.T., Oreshkin D.V. Selection and optimization of composition aerated concrete for Vietnamese conditions. *Internet-vestnik VolgGASU*. Ser. Politematicheskaya. 2014. Vol. 2. [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/5NguenTkhanTuanOreshkin-2014_2\(33\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/5NguenTkhanTuanOreshkin-2014_2(33).pdf) (date of access 11/07/2016). (In Russian).
8. Nguen T.T., Oreshkin D.V. Technical properties autoclaved and nonautoclaved aerated concrete. *Vestnik IrGTU*. 2014. No. 8, pp. 100–103. (In Russian).
9. Ilich B.R., Mitrovich A.A., Milich L.R. Thermal treatment of kaolin clay to obtain metakaolin. *Hem. ind.* 2010. No. 64 (4), pp. 351–356.
10. Shvarzman A., Kovler K., Grader G.S., Shter G.E. The effect of dihydroxylation amorphization degree on pozzolanic activity of kaolinite. *Cement and Concrete Research*. 2003. Vol. 33, pp. 405–416.
11. Arian M., Sobolev K., Ertun T., Yeginobali A., Turker P. Properties of blended cements with thermally activated kaolin. *Construction and Building Materials*. 2009. Vol. 23, pp. 62–70.
12. Sabir B.B., Wild S. and Bai J. Metakaolin calcined clay as pozzolan for concrete: a review. *Cement and Concrete Composites*. 2001. Vol. 23, pp. 441–454.
13. Badogiannis E., Kakali G., Tsivilis S. Metakaolin as supplementary cementitious material Optimization of kaolin to metakaolin conversion. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2005. No. 81, pp. 457–462.
14. Deryabin P.P. Impact of prescription and technological factors on the properties of foam aerated concrete. *Izvestiya Vuzov. Stroitel'stvo*. 2001. No. 5, pp. 39–42. (In Russian).
15. Gusenkov S.A., Udachkin V.I., Galkin S.D., Erofeev V.S. Insulation and wall products from nonautoclaved foam concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 1999. No. 4, pp. 10–11. (In Russian).
16. Kardumyan G.S., Kaprielov S.S. New organic modifier “MB” series-Embelit for the production of high-quality concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2005. No. 8, pp. 12–15. (In Russian).
17. Kaprielov S.S., Shejnfel'd A.V., Kardumyan G.S. Dondukov V.G. Modified high-strength fine-grained concrete with improved strain characteristics. *Beton i Zhelezobeton*. 2006. No. 2, pp. 2–6. (In Russian).

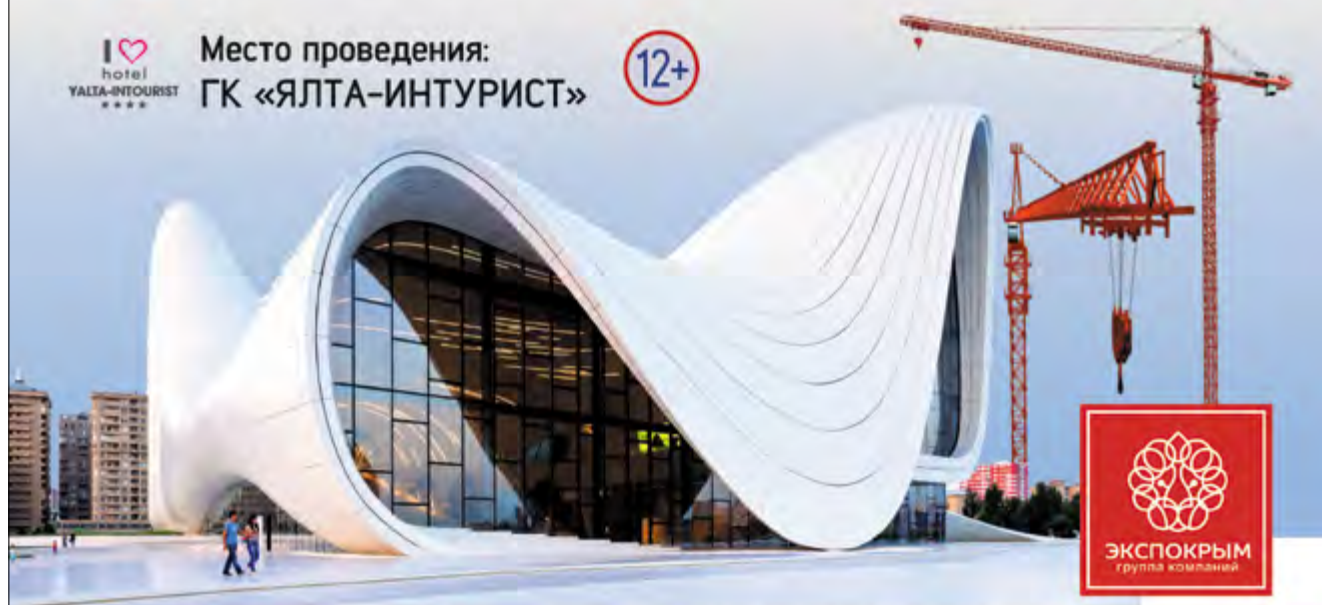


VI СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ ВЫСТАВКА В КРЫМУ

**21-23
ОКТАБРЯ**



Место проведения:
ГК «ЯЛТА-ИНТУРИСТ»



ЭКСПОКРЫМ



+7 (978) 900 90 90

www.expocrimea.com

Крым Стройиндустрия Энергосбережение

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

- Современные строительные материалы и технологии.
- Краски, лаки.
- Строительные машины и механизмы.
- Окна, двери. • Сантехника.
- Экология. Системы очистки воды.
- Системы отопления, вентиляции и кондиционирования.
- Электротехническое и осветительное оборудование.
- Энергосбережение и использование нетрадиционных экологически чистых источников энергии.
- Системы автоматизации. Программное обеспечение предприятий строительной, энергетической, электротехнической отраслей промышленности.

**2016
Осень**

27-29 октября

г. Симферополь,
ул. Киевская, 115,
ДКП

Оргкомитет:
Республика Крым,
г. Симферополь,
ул. Горького, 8, оф. 27,
моб.: +7(978) 78 178 83,
тел./факс: +7(3652) 54-60-66,
+7(3652) 54-67-46,
E-mail:
marketing@expoforum.biz,
http://expoforum.biz/



Опыт дорожных строителей Канады

Все новое — это хорошо забытое старое.

Канадские ученые исследовали особенности технологии изготовления асфальтобетонной смеси с добавлением стабилизирующей добавки «ХРИЗОПРО» (Х-ПРО) и поведение дорожного покрытия из такой смеси. Также в исследовании уделено внимание вопросу экологической безопасности. Благодаря опыту прошлых лет стало возможным считать экономическую выгоду при применении такой добавки.

Еще в 1950-х гг. в Канаде проводились различные испытания дорожных покрытий с добавлением Х-ПРО. В результате тестов было доказано, что высокое процентное содержание добавки в асфальте обеспечивает повышенную ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ и ДОЛГОВЕЧНОСТЬ покрытия. Кроме того, было обнаружено, что волокнистое армирование играет ключевую роль в предотвращении распространения микротрещин, тем самым делая покрытие трещиностойким. Применение Х-ПРО не только обеспечивает сохранность всех свойств хризотилового волокна, но и облегчает равномерное перемешивание смеси на АБЗ и в лабораторных условиях.

В 1953 г. канадская компания «The Johns-Manville» решила использовать Х-ПРО в асфальтовом покрытии в открытом карьере рудника. В то время карьер «The Jeffery» использовал 20-тонные грузовики и асфальтовое покрытие на дорогах в карьере требовало полной замены каждые три года эксплуатации из-за интенсивного движения и неблагоприятных условий. Было установлено, что асфальтовое покрытие с добавкой Х-ПРО оправдывает свою цену, так как существенно снижается износ покрытия и уменьшается износ шин грузовиков. Был испытан следующий состав асфальтовой смеси дорожного покрытия:

Грубые добавки, 1/4–1/2 дюйма (6,35–12,7 мм)	32%
Мелкие добавки и песок, менее 1/4 дюйма (менее 6,35 мм)	62%
Битум	6%
ХРИЗОПРО	0,3%*

* от массы смеси грубых и мелких добавок и битума

Для сравнения часть дороги была уложена без применения добавки. Дорожное покрытие должно было быть заменено в 1956 г. после трех лет эксплуатации. В 1964 г., спустя 11 лет напряженной службы, покрытие с добавлением Х-ПРО было все еще в хорошем состоянии. Само собой разумеется, с того времени все дороги карьера укладывали с добавлением Х-ПРО. Важно отметить, что на протяжении 11 лет тестовой эксплуатации парк грузовиков был изменен с 20-тонных на 100-тонные.

Этот эффект был взят на вооружение при строительстве дорог как общего пользования, так и карьерных. Дорожные строители снизили количество используемых нерудных строительных материалов, а также использовали материалы более низкого качества и уменьшали толщину слоев. При этом получали дополнительную экономию благодаря более прочному и более долговечному дорожному покрытию, а также снижению затрат на техническое обслуживание, так как обнаружили, что при добавлении Х-ПРО в смесь срок службы дорожного покрытия увеличился с 5 до 45 лет. Таким образом, благодаря опыту канадских производителей установили, что экономия составляет 9,5% в течение одного года, или более чем 38% в течение трех лет. Предполагается, что расходы на содержание дороги могут быть снижены от 500 до 1000% на протяжении 40 лет эксплуатации (M. Cossette, V.H. Tran. Asbestos in asphalt. *Industrial Minerals*. 1991. Vol. 84. No 949, pp. 40–43).

В ходе международного исследования было установлено, что добавление Х-ПРО в асфальтовую смесь увеличивает стабильность до 50% в сравнении со стандартными смесями. Этот фактор особенно важен в тех случаях, когда из-за материальных и технических ограничений не могут быть использованы материалы более высокого качества. Более того, добавка делает смесь менее чувствительной к повреждению в водонасыщенном состоянии, а также при постоянной деформации. Асфальтовая смесь, содержащая 0,2–0,3% Х-ПРО, обеспечивает более высокий уровень комфорта во время поездок по ней автомобилей, отличается высоким сопротивлением образованию волнистых поверхностей или колеи, уменьшением износа шин (AASHTO M 323-13. Standard Specification for Superpave Volumetric Mix Design by American Association of State and Highway Transportation Officials).

Также использование добавки обеспечивает высокую устойчивость к термическому растрескиванию. Полевые испытания доказали, что значительное снижение растрескивания обычно достигается при использовании добавки в смесях. Хризотилковое волокно значительно снизило количество отраженных трещин во всех случаях. Кроме того, поперечное растрескивание также было снижено. Применение Х-ПРО в асфальтовых смесях является эффективным способом повышения долговечности дорожного покрытия. Международными исследователями было доказано, что добавление Х-ПРО в асфальтобетонную смесь способствует оптимизации гибкости. Для повышения прочности асфальтобетонных смесей была предложена теория, основанная на критерии Гриффитса, которая утверждает, что каждую полость в такой смеси пересекает одно или два волокна, из-за высокой прочности которых удерживается разрастание трещин. Добавление Х-ПРО в смесь позволило получить прочное и гибкое дорожное покрытие. Также было замечено, что микротрещины, образовавшиеся в холодное время при отрицательной температуре, самоустранились при повышении температуры до положительных значений.

Экологические исследования были проведены в ряде стран различными правительственными учреждениями, которые доказали, что концентрация в воздухе хризотила, выпускаемого асфальтовыми покрытиями, чрезвычайно низка и не отличается от концентрации в окружающей среде в непосредственной близости от покрытия без хризотила (<https://www.epa.gov/large-scale-residential-demolition/asbestos-containing-materials-acm-and-demolition#neshap>, дата обращения 12.08.2016). Еще в 1984 г. Королевская комиссия (Канада) пришла к следующему мнению: «Так как хризотилковые волокна не могут быть выделены из асфальтового покрытия дорог в значительных количествах, мы не видим причин принимать какие-либо меры по ограничению использования хризотилсодержащих асфальтовых покрытий» (Report of The Royal Commission on matters of health and safety arising from the use of asbestos in Ontario. 1984).

В 2016 г. Экологической службой Североамериканского департамента (Канада) было признано, что длительное содержание хризотила в дорожном покрытии никакого вреда здоровью людей не наносит (Asphalt technical study by Groupe Conseil SCT inc. Shadi Abdrabo, Associate – Consulting Services Director. 2016).

Таким образом, все приведенные выше исследования и опыты доказывают, что покрытие с применением стабилизирующей добавки «ХРИЗОПРО» обладает высокими техническими показателями. Благодаря своей структуре волокна облегчают и ускоряют процесс изготовления асфальтобетонной смеси, тем самым оптимизируя процесс производства асфальта. Добавка делает покрытие более долговечным и трещиностойким. Кроме того, она также помогает сделать производство менее затратным благодаря низкому расходу как самой добавки, так и битума. Из-за повышенной прочности покрытие не требует ремонта или замены на протяжении 45 лет, что также экономит денежные средства производителя асфальта до 1000%. Не стоит забывать и об экологии. Использование добавки на основе натурального камня экологически безопасно, что было доказано еще в 1984 г., когда Королевская комиссия и Экологическая служба Североамериканского департамента (Канада) пришли к мнению об отсутствии необходимости ограничения использования хризотилсодержащих асфальтовых покрытий.

Наша компания переняла опыт канадских производителей и на основе их технологий производит стабилизирующую добавку «ХРИЗОПРО», которая обладает всеми уникальными свойствами хризотилового волокна и полностью соответствует описанию, данному канадскими учеными еще в 1950-х гг.

ХРИЗОПРО
www.hrizzopro.ru



Гипсоволокнистый КНАУФ-суперлист – отделочный материал для серьезных задач



Сухое строительство – термин, который стали использовать на постсоветском пространстве не более двух десятков лет назад, когда на рынке появились продукты и технологии компании КНАУФ. Возведение перегородок и отделка помещений с помощью листовых материалов (а это, собственно, и есть сухое строительство) с тех пор распространились по территории нашей страны повсеместно и стали синонимом качественного ремонта. Отделка и ремонт с использованием листовых материалов в разы быстрее традиционных методов при условии, что используются высококачественные материалы, отлаженная технология и заводские комплектующие, уменьшает нагрузку на перекрытия, решает задачи по звукоизоляции, а также огнезащите. Кроме того, сухое строительство с применением материалов на основе гипса – один из самых экологичных и эффективных методов отделки.

В настоящее время для устройства перегородок, полов, облицовки стен широко применяется КНАУФ-суперлист.



Что такое КНАУФ-суперлист?

Гипсоволокнистый КНАУФ-суперлист (ГВЛ, ГВЛВ) изготавливается путем прессования смеси гипса и волокон распушенной целлюлозы, которые равномерно распределяются по всему объему листа. Благодаря высокой плотности он обладает повышенными звукоизолирующими характеристиками, ударопрочен. Гипсоволокнистый КНАУФ-суперлист рекомендуется также для отделки помещений с высокими требованиями в плане безопасности, так как имеет высокие пожарно-технические характеристики. Им нередко облицовывают деревянные поверхности, чтобы обеспечить дополнительную защиту от огня. Кроме того, КНАУФ-суперлист обработан эффективным

гидрофобизатором (повышает влагостойкость). Лицевая сторона листа отшлифована и обработана пропиткой против меления.

Преимущества КНАУФ-суперлиста:

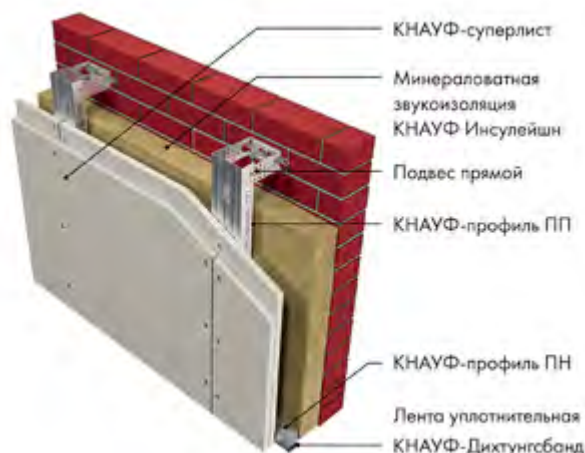
- **Высокая прочность**
Успешно применяется в помещениях с высокой вероятностью повреждения стен
- **Высокая звукоизоляция**
Оберегает от шума из соседних помещений
- **Повышенная огнестойкость**
Надежно защищает жилище от распространения огня, что особенно актуально в деревянных домах
- **Экологическая безопасность**
Позволяет применять материал в детских и в помещениях с повышенными требованиями к экологическим стандартам
- **Идеальное основание под любой вид финишной отделки.**
Позволяет реализовать любую дизайнерскую идею
- **Широкая область применения**
Применяется для облицовки стен, возведения перегородок, устройства подвесных потолков и даже для полов

Ударопрочность КНАУФ-суперлиста.

Конструкция облицовки

Начиная любое строительство и планируя монтаж облицовок стен, нужно оценить назначение конструкции. Есть помещения стандартного назначения с небольшой проходимостью, а есть такие, где увеличивается риск повреждения стен. Представим – коридор, санузел, бойлерные и любые технические и подвальные помещения, а также торговые центры, лестничные пролеты, офисы, коммерческие помещения с большим количеством людей – здесь повреждение стен более вероятно. Прочный КНАУФ-суперлист достаточно эффективно справляется с направленными механическими воздействиями. Стены, облицованные ГВЛ, выдерживают сильные удары тяжелыми предметами, например тележками, каталками, стульями и пр.

Как следствие, применение КНАУФ-суперлиста (ГВЛ) при отделке поверхностей увеличивает срок эксплуатации помещений и межремонтный интервал.



Звукоизоляция и КНАУФ-суперлист. Конструкция перегородки

При планировании высоты, длины и толщины перегородки отдельным пунктом идет расчет по звукоизоляции. Это один из важнейших этапов, ведь перегородка должна быть не только прочной, но и препятствовать проникновению посторонних звуков из других помещений. Конструкции из гипсоволокнистого КНАУФ-суперлиста имеют особые звукоизоляционные характеристики. Если однослойная перегородка из ГВЛ, заполненная минеральной ватой, уменьшит уровень шума до 52 дБ, то двухслойная – до 58 дБ.

КНАУФ-суперлист не только снижает децибелы звука, его структура и плотность позволяют отсекают шумы всех видов и разных частотных диапазонов. А это значит, что, используя в отделке помещений конструкции с этим листом (в гостиницах, общежитиях, многоквартирных квартирах), можно эффективно снизить шум извне. Низкочастотный технический шум двигателей и насосов в технических комнатах (бойлерных, котельных, прачечных), средне- и высокочастотные голоса людей, музыка, звуки телевизора или рекламы по соседству никому не будут мешать.

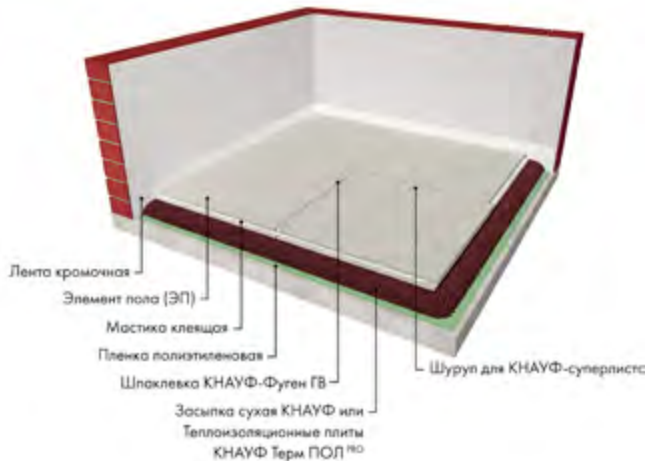


Конструкция пола

Звуковые волны на пути вверх не встречают каких-либо препятствий, поэтому звукоизоляция пола — это необходимость. Однако если при передаче через воздух какое-то количество звуковых волн рассеивается, то в случае с ударным шумом плита перекрытия непосредственно излучает шум в нижерасположенное помещение. Кроме того, звуковая волна передается от перекрытия на все примыкающие к ней конструкции стен. Здесь также есть решение от компании КНАУФ — сухая стяжка по технологии КНАУФ-суперпол.

Первым слоем такого пола станет полиэтиленовая пленка с кромочной лентой по всему периметру, затем керамзитовая засыпка КНАУФ слоем 20–90 мм. Засыпка одновременно по-

глощает звуковые вибрации и выравнивает поверхность пола. Сверху конструкция укрывается элементами пола (ЭП) из гипсоволокна (система ОП 131). Материал в силу своей плотности (не менее 1150 кг/м³) обеспечивает надежную звукоизоляцию.



Влагостойкость КНАУФ-суперлиста

Для помещений с повышенной влажностью разработан влагостойкий гипсоволокнистый КНАУФ-суперлист (ГВЛВ). Благодаря своему составу в отличие от обычного КНАУФ-суперлиста он обладает свойствами одновременно огнезащитного и влагостойкого материала. Его возможно применять в помещениях с влажностью свыше 75% при температуре до 12°C и при уровне влажности до 75% при комнатной температуре до 24°C. Однако, согласно технологии сухого строительства, монтажные работы следует проводить при температуре не ниже 10°C.

Пожаробезопасность и КНАУФ-суперлист

По результатам многочисленных испытаний КНАУФ-суперлистам присвоен один из самых высоких классов пожарной безопасности — КМ1. Материал неоднократно подвергался воздействию огня в лабораториях, и во всех случаях эффект был неизменным: гипс упорно отказывался гореть. Максимум чего удалось добиться — небольшого обугливания лицевой поверхности изделий, причем слегка пострадавшие волокна целлюлозы практически не дымили. Неудивительно, что именно КНАУФ-суперлистами чаще всего отделывают помещения, в которых установлены газовые котлы. Более простой, дешевый и эффективный способ сдержать распространение огня сегодня найти сложно.

За счет своих уникальных свойств КНАУФ-суперлисты подходят для решения сложных и важных задач в сфере строительства и ремонта. Экологичные, прочные, влагостойкие, пожаробезопасные, они еще и очень удобны в монтаже.

КНАУФ-суперлист и комплектующие можно приобрести у дилерских организаций компании КНАУФ, полный список которых представлен на сайте www.knauf.ru в разделе «Где купить?».

А специалисты КНАУФ проконсультируют не только по телефону или в офисе компании, но и проведут бесплатные выездные консультации и демонстрации на объектах ремонта. Кроме того, все желающие смогут пройти обучение в учебных центрах компании КНАУФ по применению и монтажу систем.

KNAUF
Немецкий стандарт

ООО «КНАУФ ГИПС». Бесплатный телефон по России: 8 800-770 7667

 www.knauf.ru

Ю.В. ПУХАРЕНКО, д-р техн. наук, С.А. ЧЕРЕВКО, инженер (с3а@bk.ru)

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4)

Вяжущие системы на основе солевого шлака

Рассматривается проблема утилизации солевых шлаков, получаемых при переплавке вторичного алюминия. Обозначены основные факторы, определяющие необходимость утилизации данного шлака. Методом рентгенофлуоресцентного анализа уточнен химический состав исследуемых шлаков. Методом порошковой дифрактометрии определены основные структуры исследуемого солевого шлака и полученных образцов спеков. Выявлена рациональная область использования солевого шлака в технологии вяжущих веществ в присутствии оксида кальция и определены основные технологические параметры получения вяжущего вещества: время схватывания и предел прочности при сжатии. Приведены результаты исследований по созданию вяжущих веществ на основе солевых шлаков.

Ключевые слова: техногенное сырье, солевой шлак, глиноземистый цемент, рентгенофлуоресцентный анализ, рентгеноструктурный анализ, плавление, спекание.

Yu. V. PUKHARENKO, Doctor of Sciences (Engineering), S.A. CHEREVKO, Engineer (с3а@bk.ru)

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (4, 2-nd Krasnoarmeyskaya Street, Saint Petersburg 190005, Russian Federation)

Binding system on the basis of salt slag

The problem of utilization of the salt slags received when melting secondary aluminum is considered. The major factors defining need of utilization of this slag are designated. By the method of the X-ray fluorescent analysis a chemical composition of the studied slags are specified. By the method of a powder diffractometerion the main structures of the studied salt slag and the received samples of sinter are determined. The rational area of use of salt slag in technology of the knitting substances in the presence of oxide of calcium is revealed and the key technological parameters of receiving the knitting substance are determined: time of a flash set and strength at compression. Results of researches on creation of the knitting substances on the basis of salt slags are given in the article.

Keywords: technogenic raw materials, salt slag, aluminous cement, X-ray fluorescent analysis, X-ray diffraction analysis, melting, agglomeration.

Получение вторичного алюминия — активно развивающаяся часть металлургической промышленности, и сегодня доля алюминия, полученного в результате переплавки лома, достигает 30 % [1].

В России ежегодно производится до 300–400 тыс. т шлаковых отходов переплава алюминия [2, 3]. При этом переработка лома отягощается образованием шлака, количество которого зависит от качества исходного сырья и может достигать 18% от массы расплава [2]. Солевые шлаки являются достаточно сложным технологическим объектом, так как солевая составляющая

представлена хлоридами, нитридами, сульфидами и карбидами алюминия.

Складируемые в отвалы шлаки насыщены солями алюминия, способными к гидролизу, что при хранении приводит к выделению в атмосферу соответственно аммиака, ацетилена и сероводорода. Помимо выделения в атмосферу в процессе гидролиза соли образуют растворимые соединения, которые переходят в почву и соответственно в грунтовые воды. Экологический ущерб, обусловленный солевыми шлаками, усиливается за счет переноса тонкодисперсных частиц шлака на большие расстояния [4–6].

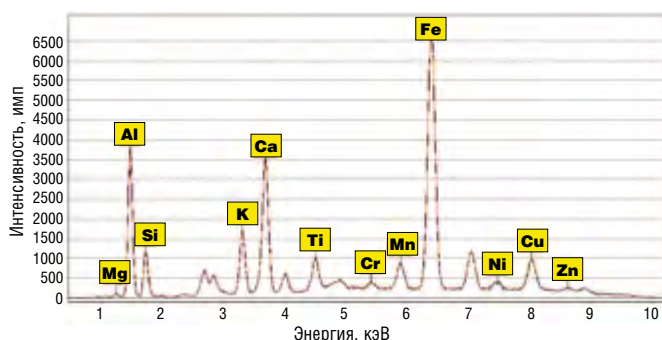


Рис. 1. Рентгенофлуоресцентный спектр солевого шлака. Условия измерений: Уиск – 10 кВ; ianod – 300 мкА; среда – вакуум

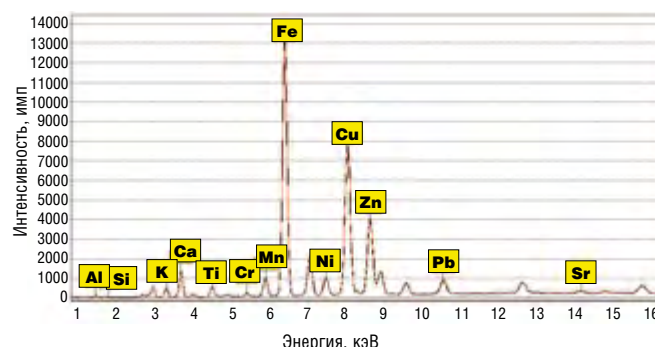


Рис. 2. Рентгенофлуоресцентный спектр солевого шлака. Условия измерений: Уиск – 40 кВ; ianod – 50 мкА; среда – воздух

Химический состав солевого шлака алюминия, %

Fe	Al ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	TiO ₂	S
1,94	59,9	5,64	17,6	1,02	0,74	0,51	0,22	0,25	0,86
7,57	51,5	5,18	14,4	1,58	1,34	0,60	0,27	0,26	0,012
1,51	71,9	4,37	9,47	0,98	0,17	0,19	0,15	0,41	0,023
1,62	52,2	2,62	20,5	1,42	1,03	0,39	0,18	0,15	<0,01

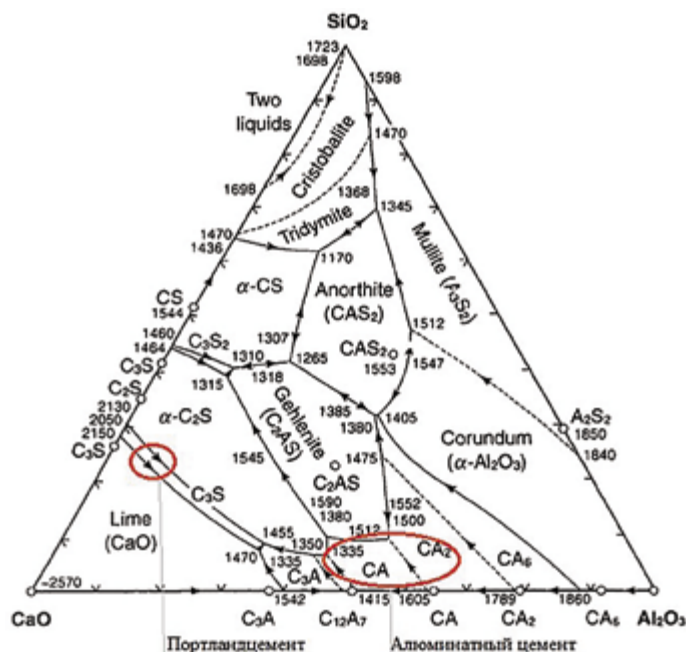


Рис. 3. Диаграмма состояния системы $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$

В настоящей статье рассмотрена возможность использования солевых шлаков алюминия в качестве сырья для производства строительных материалов.

Химический состав шлака определен в «ЗАО Региональный аналитический центр «Механопринг инжиниринг аналит», результаты в пересчете на оксиды приведены в таблице.

Анализ по отобраным пробам показал характерную неоднородность химического состава, присущую шлакам металлургических производств. Для снижения влияния неоднородности химического состава для проведения дальнейших исследований исходный шлак измельчен до удельной поверхности $3500\text{--}4000\text{ см}^2/\text{г}$. После измельчения генеральная проба дополнительно усреднена в гравитационном смесителе. Далее аликвоты шлака отобраны из усредненной генеральной пробы.

Для уточнения данных химического анализа шлак исследован методом рентгеновской флуоресценции. Спектры пробы исходного шлака приведены на рис. 1, 2 при различных условиях измерения.

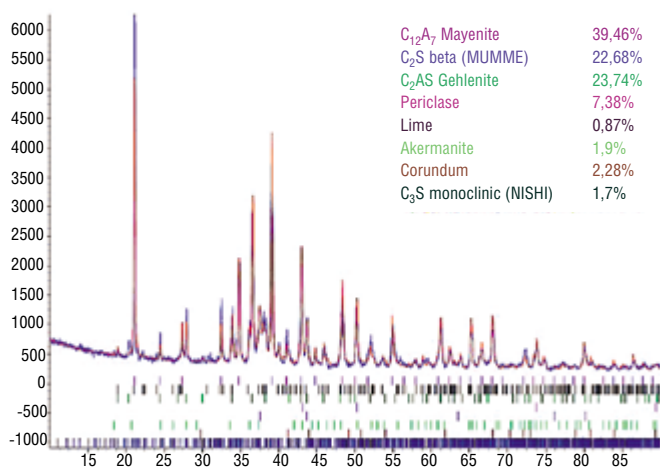


Рис. 4. Спектр шихты после термообработки

Рентгенофлуоресцентный анализ показал кроме основных элементов Al и Si также элементы Cr, Cu, Ni, Zn, Pb и Sr в следовых количествах.

Структурный состав солевых шлаков определен методом рентгеноструктурного анализа с помощью порошкового дифрактометра D2 PHASER (Bruker).

Рентгенограмма определяет основные структуры, слагающие солевой шлак: шпинель $((\text{Mg}, \text{Fe})\cdot\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3)$, кварц (SiO_2), кремний (Si), корунд ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$), бемит ($\gamma\text{-AlO}(\text{OH})_3$). Также отмечен ряд структур с процентным содержанием ниже 3%.

По причине высокого процентного содержания алюминия и кремния целесообразно рассмотреть возможность получения высокоосновных алюминатов и силикатов кальция. С этой целью изучена диаграмма состояния трехфазной системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ [7], представленная на рис. 3.

Подобные работы проведены в НИИЦементе В.Н. Юнгом и А.М. Кузнецовым в 1948 г. [8]. На основе шлака вторичной переработки алюминия методом плавки авторами получен глиноземистый цемент, удовлетворяющий требованиям по прочностным показателям. Полученный материал обладал слишком короткими сроками схватывания и не был востребован к применению. В настоящее время существует дефицит быстротвердеющих гидравлических систем и продолжение подобных работ актуально.

Получение низкоосновных алюминатов кальция затруднено ввиду значительного содержания кремния (более 15%), что приводит к образованию гидравлически неактивной фазы — геленита (C_2AS) [8]. В связи с этим исследован процесс минералообразования солевого шлака в присутствии оксида кальция для оценки количества гидравлически активных фаз при температуре обработки 1200°C . Для этого приготовлена сырьевая смесь солевого шлака и негашеной извести с активностью 93%. Количество добавляемой извести варьировалось исходя из химического состава шлака по результатам проведенных ранее экспериментов. Основным критерием выбора принято отсутствие свободной окиси кальция, и в этом случае рабочая концентрация извести составляет 100% от массы шлака. Из готовой шихты сформированы цилиндры, которые обожжены в муфельной печи.

После термообработки смесей снята дифрактограмма образца-спека. Спектр представлен на рис. 4.

Расшифровка и уточнение рентгенограммы по методу Ритвелда показывает наличие следующих фаз в ориентировочных концентрациях: маенит (C_{12}A_7) 40%; белит ($\beta\text{-C}_2\text{S}$) 22%; геленит 23%; периклаз (MgO) 7%; концентрация остальных структур не превышает 3%.

Затем спек, измельченный до удельной поверхности $2800\text{--}3000\text{ см}^2/\text{г}$ (по ПСХ-2), затворялся водой до консистенции нормальной густоты. В результате отмечены следующие сроки схватывания: начало схватывания 18 мин, окончание — 25 мин, что объясняется высоким содержанием маенита. Из полученной растворной смеси изготовлены образцы размером $30\times30\times30\text{ мм}$, которые выдержаны 28 сут и испытаны на сжатие по стандартной методике. Полученная средняя прочность серии образцов $85,6\text{ МПа}$.

В результате проделанной работы на основе солевых шлаков и после их модификации негашеной известью получена быстротвердеющая система, которая по прочностным характеристикам сопоставима с традиционными вяжущими материалами.

Список литературы

1. Шмитц К., Домагала Й., Хааг П. Рециклинг алюминия. М.: «АЛЮСИЛ МВИТ», 2008. 528 с.
2. Сельницын Р.С., Лысенко А.П. Принципы комплексной переработки отвалов оксидно-солевых алюмосодержащих шлаков с образованием нового техногенного сырья для алюминиевой промышленности // *Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения*. 2014. № 11. С. 10–14.
3. Лысенко А.П., Пузанов Д.С. Задачи и перспективы переработки оксидно-солевых отходов вторичной металлургии алюминия // *Вестник МГОУ*. Москва. 2011. № 3 (5). С. 10–14.
4. Панасюгин А.С. Михалап Д.П., Панасюгин С.А. и др. Загрязнение атмосферы при хранении шлаков вторичной переработки алюминия // *Литье и металлургия*. 2013. № 1 (69). С. 66–70.
5. Конько О.И., Курис Ю.В., Грицай В.П. О безотходной переработке солевых алюминиевых шлаков // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2011. Т. 3 № 11 (51). С. 11–12.
6. Рязанов С.А., Никитин К.В., Соколов А.В. О комплексной переработке солевых алюминиевых шлаков // *Металлургия машиностроения*. 2013. № 5. С. 48–52.
7. Hewlett P.C. Lea's Chemistry of Cement and Concrete. Ed. 4. London: Butterworth-Heinemann. 2004, 1092 p.
8. Будников П.П., Кравченко И.В. Химия и свойства глиноземистого и расширяющегося цементов // *Новое в химии и технологии цемента. Труды совещания по химии и технологии цемента*. М., 1961. С. 112–145.
9. Штарк Й., Вихт Б. Цемент и известь. Киев, 2008. 480 с.

References

1. Schmitz K., Domagala J., Haag P. Retsikling alyuminiya [Recycling aluminum]. Moscow: Alusil MVT. 2008, 528 p.
2. Selnitsyn R.S., Lysenko A.P. Principles of complex processing of dumps oxide- aluminum-containing salt slag to form a new man-made raw materials for the aluminum industry. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy i puti ikh resheniya*. 2014. No. 11, pp. 10–14. (In Russian).
3. Lysenko A.P., Puzanov D.S. Problems and Prospects of processing of oxide- salt waste secondary metallurgy of aluminum. *Vestnik MGOU*. 2011. No. 3 (5), pp. 10–14. (In Russian).
4. Panasyugin A.S., Mihalap D.P., Panasyugin S.A. Pollution of the atmosphere during storage of slag recycling aluminum. *Lit'e i metallurgiya*. 2013. No. 1 (69), pp. 66–70. (In Russian).
5. Konko O.I., Kuris Y.U., Gritsay V.P. About non-waste processing of salt aluminum slags *Vostochno-evropeiskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy*. 2011. Vol. 3. No. 11 (51), pp. 11–12.
6. Ryazanov S.A., Nikitin K.V., Sokolov A.V. About the complex processing of aluminum salt slags. *Metallurgiya mashinostroeniya*. 2013. No 5, pp. 48–52. (In Russian).
7. Hewlett P.C. Lea's Chemistry of Cement and Concrete. Ed. 4. London: Butterworth-Heinemann. 2004. 1092 p.
8. Budnikov P.P., Kravchenko I.V. Chemistry and Properties of aluminous cement and expanding. *New in Cement Chemistry and Technology (Works Meeting on Cement Chemistry and Technology)*. 1961. Moscow. 1961, pp. 112–145.
9. Stark I., Wicht B. Tsement i izvest' [Cement and lime]. Kiev: 2008. 480 p.

IX Международная конференция

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ NTC-2017

17–21 марта 2017 г.

Шарм-эль-Шейх, Египет

Организаторы конференции

Национальный исследовательский центр жилья и строительства (HBRC)

Египетско-российский университет (ERU)

Ижевский государственный технический университет

им. М.Т. Калашникова

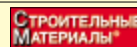
Египетский союз инженеров



Тематика конференции

- Нанокompозиты в строительных материалах
- Нанотехнологии в строительстве
- Защита от пожара с помощью наночастиц
- Нанотехнологии в кондиционировании воздуха
- Наноструктурирующие материалы в архитектуре
- Производство лакокрасочных материалов с нанодобавками
- Нанотехнологии в стеклах и керамики
- Нанотехнологии для энергоэффективности в зданиях
- Моделирование нанокompозитов
- Модификация минеральных вяжущих наносистемами

Информационная поддержка – журнал «Строительные материалы»®



Сайт конференции: http://inter.istu.ru/russian/nano_r.html

Контактная информация в России
Профессор Григорий Иванович Яковлев
ИжГТУ им. М.Т. Калашникова
426069 Ижевск, ул. Студенческая, 7
E-mail: gyakov@istu.ru

Тел.: 8-91285666688. Факс: +7(3412)59 25 55

Контактная информация в Египте
Профессор Шериф Солиман Хелми
Египетско-российский университет
Cairo High Road, Bard City-Suez
E-mail: president@eruegypt.com

Тел.: +20(02)28643349, (02)28643341. Факс: +20(02)28643332

А.А. ЛУКАШ, канд. техн. наук (mr.luckash@yandex.ru)

Брянский государственный инженерно-технологический университет (241037, г. Брянск, пр. Ст. Димитрова, 3)

Клееный арболит из древесины мягких лиственных пород

Обоснована необходимость вовлечения в переработку малоиспользуемой древесины мягких лиственных пород для расширения сырьевой базы строительной индустрии. Изложены трудности производства арболита, связанные с наличием в древесине мягких лиственных пород экстрактивных веществ, препятствующих гидратации цемента. По результатам проведенных исследований установлено, что использование известных видов химических добавок не позволяет получить арболит требуемой прочности из древесины мягких лиственных пород. Предложено кардинальное решение в производстве арболита из мягколиственной древесины позволяет замену вяжущего цемента на водостойкий карбамидоформальдегидный клей, на который не оказывают негативное воздействие содержащиеся в мягколиственной древесине экстрактивные вещества. Методом ИК-спектроскопии идентифицированы вещества, содержащиеся в березовой дробленке – кленовый сироп и д-эритроза. Получены регрессионные зависимости, устанавливающие влияние расхода древесины и клея на прочность клееного арболита при сжатии.

Ключевые слова: строительство, арболит, клей, производство, прочность.

A.A. LUKASH, Candidate of Sciences (Engineering) (mr.luckash@yandex.ru)

Bryansk State Engineering-Technological University (3, St. Dimitrov Avenue, Bryansk 241037, Russian Federation)

Glued Wood Concrete from Timber of Soft Broadleaved Species

The necessity of involvement of little-used wood of soft broadleaved species in recycling for expanding the raw material base of the construction industry is substantiated. Difficulties in the production of wood concrete connected with the presence of extractive substances in the wood of soft broadleaved species that hinder the hydration of cement are outlined. On the basis of the results of studies conducted, it is established that the use of known types of chemical additives doesn't make it possible to produce the arbolite of required strength from the wood of soft broadleaved species. The proposed cardinal solution for producing the wood concrete from the timber of soft broadleaved species makes it possible to replace the binding cement with the water-resistant carbamide-formaldehyde glue on which extractive substances, containing in soft broadleaved wood, don't have a negative effect. Maple syrup and d-erythrose, containing in hogged birch chips, were identified by the method of IR-spectrometry. Regressive dependences, which determine the influence of wood and glue consumption on the compression strength of the laminated wood concrete, have been obtained.

Keywords: construction, arbolite (wood concrete), glue, production, strength.

Применяемые в жилищном строительстве материалы должны быть экологически безопасными, обеспечивать комфортные условия проживания и иметь низкую стоимость. В наибольшей степени этим требованиям отвечают строительные материалы и изделия из древесины. Применение научно обоснованных подходов получения новых конструкционно-теплоизоляционных, теплоизоляционных и отделочных строительных материалов из древесины позволило разработать новые эффективные материалы и изделия, обладающие лучшими эксплуатационными свойствами по сравнению с существующими аналогичными строительными материалами [1–7].

Интенсивное использование ценной в техническом отношении древесины хвойных и твердых лиственных пород привело к тому, что в европейском центре России наблюдается их дефицит. Половина сырьевых запасов приходится на древесину мягких лиственных пород с низкими эксплуатационными свойствами. Важность переработки древесины мягких лиственных пород постоянно возрастает из-за увеличения ее запасов при одновременном снижении запасов ценной в техническом отношении древесины твердых лиственных и хвойных пород.

Ежегодно в нашей стране теряется более 100 млн м³ древесины: в лесозаготовительной промышленности сучья, вершины, ветви, некондиционная древесина; в деревообрабатывающей промышленности — горбыли, рейки, опилки и стружки. В настоящее время основным направлением развития производства строительных материалов и изделий является широкое использование техногенного сырья, в том числе и древесных отходов. Это связано с ограниченностью ресурсов, необходимостью дальних перевозок, высокой материалоемкостью ряда технологических процессов добычи и переработки сырья, в значительной мере сдерживающих развитие промышленности строительных материалов на основе природных ресурсов.

Недорогим и эффективным строительным материалом, из древесных отходов является арболит. Из арболита изготавливают крупноформатные стеновые панели, сте-

новые блоки, плиты покрытий и перекрытий, перегородки, плиты для полов и другие строительные конструкции и детали. В качестве сырья для производства арболита применяют отходы обработки древесины, стебли хлопчатника [8]. В качестве вяжущего используют цемент и другие вещества: отходы нефтегазовой промышленности, щелочное вяжущее на основе высококальциевой золы-уноса [9, 10]. Основной проблемой производства арболита являются содержащиеся в древесине экстрактивные вещества («цементные яды»), которые препятствуют гидратации цемента [5, 6]. К «цементным ядам» относятся: сахароза, фруктоза, глюкоза, дубильные вещества и др. Они очень быстро образуются из гемицеллюлозной части древесины при ее совмещении с цементом, имеющим щелочную среду. Количество «цементных ядов» зависит от породы древесины, условий и сроков ее хранения. Для их нейтрализации применяют различные виды химических добавок: стекло натриевое жидкое, серноокислый глинозем, хлорид кальция и т. д. Хороший эффект дает применение добавок микро- и нанокремнезема.

Технология получения арболита из древесины мягких лиственных пород нуждается в совершенствовании: из-за большого содержания в нем экстрактивных веществ прочность арболита снижается по сравнению с прочностью арболита из древесины хвойных пород [6]. В технической литературе отсутствуют рекомендации по условиям изготовления арболита из мягколиственной древесины. Поэтому данные исследования посвящены вопросам получения арболита из древесины мягких лиственных пород.

Для изучения была выбрана древесина березы как наиболее распространенная порода в Европейской части РФ. К тому же берёза в наибольшей степени по сравнению с другими породами содержит легкогидролизуемую часть (сахара, гемицеллюлоза), которая препятствует процессу гидратации цемента.

Установлены вещества, содержащиеся в экстракте жидкости, полученном на основе дробленой массы.

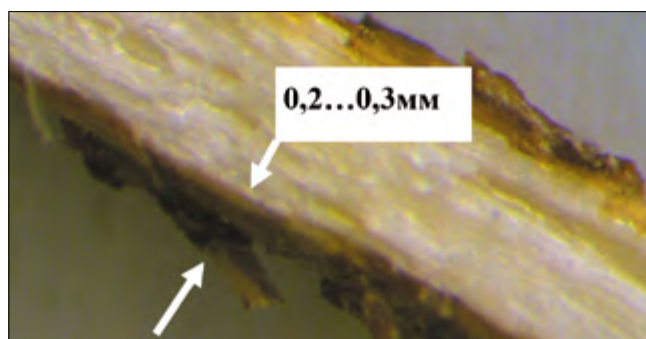


Рис. 1. Поперечное сечение частиц толщиной 3 мм



Рис. 2. Поперечное сечение частиц толщиной 1 мм

Идентификация компонентов проведена методом ИК-спектроскопии с использованием спектрометра «Infalum FT-801».

В экстракте березовой дробленки наряду с целлюлозой, лигнином, лигносульфонатом содержатся кленовый сироп и д-эритроза, относящиеся к мономерным сахарам. Проведены исследования по определению возможности снижения содержания сахаров обработкой дробленки водой при 1000°C. Для сопоставления прочностных показателей были изготовлены образцы арболита из древесины сосны и берёзы. На основе проведенных исследований установлено, что прочность арболита из древесины сосны составляет 1,02 МПа. Это соответствует марке арболита М-10, согласно ГОСТ 19222–84 «Арболит и изделия из него», а прочность арболита из древесины берёзы составляет 0,51 МПа, что в два раза ниже, чем прочность арболита из сосны. Применение химических добавок в разных соотношениях также не привело к существенному увеличению прочности арболита.

Наряду с низкой прочностью арболита из древесины мягких лиственных пород технология его изготовления имеет и другие недостатки. Процесс изготовления арболита достаточно длителен. Достижение распалубочной прочности составляет около 5 сут. Затем арболит высушивают в течение нескольких суток до достижения эксплуатационной влажности. Все это делает процесс производства арболита металлоемким из-за необходимости применения большого количества пресс-форм. А применение сушки увеличивает энергозатраты.

Поэтому новым решением в производстве арболита из мягколиственной древесины является замена вяжущего цемента на водостойкий карбамидоформальдегидный клей, на который не оказывают негативное воздействие содержащиеся в мягколиственной древесине моносахара. Для изготовления арболита из древесины берёзы разработан более простой и совершенный в техническом отношении способ, основанный на использовании клеев холодного отверждения. У водостойких карбамидоформальдегидных клеев хорошая адгезия к древесине и низкая стоимость. Использование малотоксичных марок клеев позволит обеспечить экологическую безопасность изделий из арболита. Для ускорения процесса твердения связующего применяют слабые органические кислоты — шавелевую или лимонную в количестве 4–6 мас.ч. на 100 мас. ч. смолы. Арболит, изготовленный с применением карбамидоформальдегидной смолы, в дальнейшем именуем клеевым арболитом.

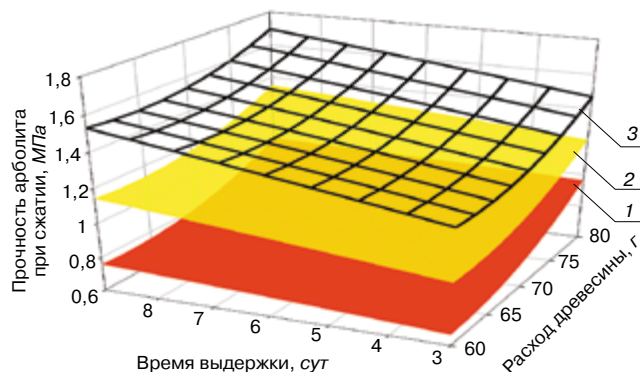


Рис. 3. Зависимость прочности клеевого арболита от времени выдержки после формования и расхода древесины, расход клея: 1 – 90 г; 2 – 110 г; 3 – 130 г

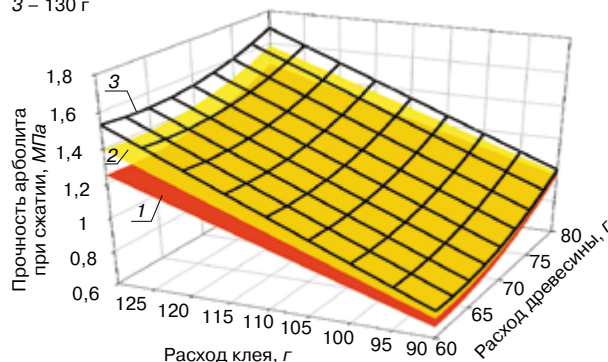


Рис. 4. Зависимость прочности арболита от расхода клея и древесины. Время выдержки, сут: 1 – 3; 2 – 6; 3 – 9

Изучение взаимодействия клея с древесиной производили на срезе древесных частиц. Для исследования применяли стереоскопический МБС-10 с увеличением 50×. Установлено, что частицы древесины толщиной 3 мм и более пропитываются клеем на глубину до 0,2 – 0,3 мм (рис. 1).

Частицы древесины толщиной 1 мм и менее пропитываются клеем полностью (рис. 2).

Полная пропитка частиц толщиной менее 1 мм свидетельствует об интенсивном поглощении клея мелкими частицами, снижении количества клея на поверхности древесины, что приводит к уменьшению прочности клеевого арболита. Поэтому частицы толщиной менее 3 мм для изготовления арболита должны быть удалены из дробленки отсеиванием.

Исследование влияния на прочность клеевого арболита расхода древесины, клея и продолжительности выдерживания после формования выполняли по плану второго порядка В-3. Постоянные факторы: порода — берёза; влажность древесины 8%; клей на основе смолы КФ120-65. Переменные факторы варьировались в следующих пределах: расход древесины для изготовления одного образца (Д) 60–80 г; расход клея (К) 90–130 г; время выдержки после формования (Т) 3–9 сут. После статистической обработки результатов исследований получено уравнение регрессии, которое адекватно описывает процесс при 5% уровне значимости в натуральном виде:

$$Y = 9,08 - 1,18D + 0,25C + 6,2T + 0,009D^2 - 0,00093C^2 - 0,416T^2$$

Для анализа влияния переменных факторов на прочность клеевого арболита построены графические зависимости (рис. 3, 4).

Как видно из рис. 3, 4, с увеличением расхода клея и древесины прочность клеевого арболита возрастает. При увеличении времени выдержки после формования с 6 до 9 сут прочность клеевого арболита увеличивается всего на 3%, что свидетельствует о завершении процесса отверждения клея после 6 сут. Рациональные условия получения клеевого арболита были определены путем

решения оптимизационной задачи при ограничении прочности 1 МПа и минимальном расходе клея:

- расход древесины 206–210 кг/м³;
- расход карбамидоформальдегидного клея 262–270 кг/м³;
- продолжительность выдержки после формования — 6–7 сут.

Для обоснования возможности использования клееного арболита в жилищном строительстве проведено исследование содержания токсичных веществ хромато-масс-спектрометрическим методом с использованием газового хроматографа модели 6850 Network GC System с высокоэффективной капиллярной колонкой HP-5M и квадрупольным масс-селективным детектором 5975C VL MSD фирмы Agilent Technologies (США), с ионизацией электронным ударом (70эВ).

Выполненная хроматограмма паровоздушной смеси клееного арболита после его изготовления показала наличие микропримеси формальдегида.

После выдержки в течение 12 сут на хроматограмме в составе паровоздушной смеси отсутствуют микропримеси формальдегида. Следовательно, клееный арболит можно применять в жилищном строительстве.

Список литературы

1. Лукаш А.А., Свиридова Е.А., Уливанова Е.В. Разноцветные стеновые панели и дверные филанки // *Жилищное строительство*. 2012. № 12. С. 7–9.
2. Лукаш А.А., Гришина Е.С. Дома из оцилиндрованных бревен: перспективы производства, недостатки и пути их устранения // *Строительные материалы*. — 2013 № 4. С. 109–110.
3. Лукаш А.А., Готов Г.В., Глотова Т.И. Обеспечение стабильности размеров и форм фанеры при ее эксплуатации // *Строительные материалы*. 2013. № 10. С. 42–43.
4. Лукаш, А.А., Лукутцова Н.П. Методика расчета теплопроводности ограждающей конструкции переменного сечения из оцилиндрованных бревен // *Жилищное строительство*. 2015. № 2. С. 34–37.
5. Лукаш, А.А., Черенкова М.С., Шитикова А.С., Матрос В.А. Проблемы изготовления арболита из мягких лиственных пород // *Актуальные проблемы развития лесного комплекса и ландшафтной архитектуры: материалы Международной научно-практической конференции*, Брянск: БГИТУ, 2016. С. 151–156.
6. Лукаш, А.А. Строительные материалы и изделия из древесины мягких лиственных пород // *Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию заслуженного деятеля науки, доктора технических наук, профессора Лесовика В.С. Ч.2*. Белгород: БГТУ, 2016. С. 187–193.
7. Серпик И.Н., Алексейцев А.В., Лукаш А.А. Методика анализа деформаций формообразования рельефной фанеры // *Строительные материалы*. 2012. № 12. С. 31–33.
8. Акулова М.В., Исакулов Б.Р., Тукашев Ж.Б., Джумабаев М.Д., Сартова А.М. Производства строительных материалов на основе отходов промышленности и местных сырьевых ресурсов Западного Казахстана // *Материалы Международной научно-практической конференции «Новейшие достижения науки-2013»*. София. 2013, С. 77–82.
9. Акулова М.В., Исакулов Б.Р., Тукашев Ж.Б., Джумабаев М.Д., Сартова А.М. Исследование свойств вяжущих на основе отходов нефтегазовой промышленности Казахстана // *Материалы Международной научно-практической конференции «Дни науки-2013»*. Прага, 2013. С. 78–83.
10. Акулова М.В., Исакулов Б.Р., Джумабаев М.Д., Сартова А.М. Исследование свойств щелочного вяжущего на основе высококальциевой золы-уноса // *Информационная среда вуза: Материалы XX Международной научно-технической конференции* Иваново: ИГАСУ, 2013. С. 219–221.

Выводы.

1. Доказана возможность получения из отходов обработки мягколиственной древесины с экстрактивными веществами композиционного материала — клееного арболита.

2. Методом ИК-спектрометрии идентифицированы вещества, содержащиеся в березовой дробленке, — кленовый сироп и д-эритроза.

3. Получены регрессионные зависимости устанавливающие влияние расхода древесины и клея на прочность клееного арболита при сжатии.

4. Установлено, что получение арболита марки М10 обеспечивают следующие условия: расход древесины — 206–210 кг/м³; расход карбамидоформальдегидного клея — 262–270 кг/м³; время выдержки после формования — 6–7 сут.

5. Доказана возможность использования клееного арболита в жилищном строительстве на основе исследования содержания токсичных веществ хромато-масс-спектрометрическим методом, так как после выдержки в течение 12 дней в составе паровоздушной смеси отсутствуют микропримеси формальдегида.

References

1. Lukash A.A., Sviridova E.A., Ulivanova E.V. Multicoloured wall and door panels. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 12, pp. 7–9. (In Russian).
2. Lukash A.A., Grishina E.S. Houses made of rounded logs: prospects of manufacture, shortcomings and ways of their elimination. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 4, pp. 109–110. (In Russian).
3. Lukash A.A., Glotov G.V., Glotova T.I. Ensuring the stability of sizes and forms of relief plywood in the course of its operation. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 10, pp. 42–43. (In Russian).
4. Lukash A.A., Lukutsova N.P. Methods for calculating the heat conductivity of an enclosing structure of variable cross-section made of rounded logs. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 2, pp. 34–37. (In Russian).
5. Lukash A.A., Cherenkova M.S., Shitikova A.S., Matros V.A. Problems of production of wood concrete from soft deciduous breeds. *Actual problems of development of a forest complex and landscape architecture: materials of the International scientific and practical conference*. Bryansk: BGITU. 2016, pp. 151–156.
6. Lukash A.A. Building materials and products made of soft wood hardwood. *Intelligent building composites for green building: collection of reports of the International scientific-practical conference dedicated to the 70th anniversary of the Honored Worker of Science, Doctor of Technical Sciences, Professor V.S. Lesovika*. Part 2. Belgorod: BSTU. 2016, pp 187–193. (In Russian).
7. Serpik I.N., Alekseytsev A.V., Lukash A.A. Methods of analysis of deformations during the fabrication of relief plywood. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 12, pp. 31–33. (In Russian).
8. Akulova M.V., Isakulov B.R., Tukashev J.B., Dzhumabaev M.D., Sartova A.M. Production of building materials on the basis of industrial wastes and local raw materials in Western Kazakhstan. *Materials of the International scientific-practical conference «Recent advances in science 2013»*. Sofia. 2013, pp. 77–82. (In Russian).
9. Akulova M.V., Isakulov B.R., Tukashev J.B., Dzhumabaev M.D., Sartova A.M. Studying the properties of binders on the basis of waste oil and gas industry of Kazakhstan. *Materials of the International scientific-practical conference «Science Days 2013»*. Prague. 2013, pp. 78–83. (In Russian).
10. Akulova M.V., Isakulov B.R., Dzhumabaev M.D., Sartova A.M. Studying the properties of alkali binder based on high calcium fly ash. University Infomedica: *Proceedings XX International Scientific and Technical Conference*. Ivanovo IGASOM. 2013, pp. 219–221. (In Russian).

С.Н. ЛЕОНОВИЧ, д-р техн. наук, иностранный академик РААСН,
Н.Л. ПОЛЕЙКО, канд. техн. наук

Белорусский национальный технический университет (220013, Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 65)

Эксплуатационные характеристики бетона на заполнителе из осадочных горных пород

Область экономического использования различных видов заполнителей все время расширяется из-за постоянно меняющихся требований к бетонам по их эксплуатационным качествам, области применения, физико-техническим свойствам, условиям долговечности и т. д. Многочисленными исследованиями установлено, что наиболее рациональное применение различных видов заполнителей в бетоне оказывает большое влияние на технические характеристики бетона строительных конструкций. Приведены результаты исследований бетона на щебне из флюсового известняка, который является вторичным продуктом металлургической промышленности. На основании проведенных исследований показано, что флюсовый известняк может применяться для изделий и конструкций из тяжелого бетона наряду с такими заполнителями, как гранитный щебень и природный гравий.

Ключевые слова: щебень гранитный, флюсовый известняк, щебень из гравия, бетон.

S.N. LEONOVICH, Doctor of Sciences (Engineering), Foreign Academician of RAACS,
N.L. POLEYKO, Candidate of Sciences (Engineering) (pdn13@land.ru)
Belarusian National Technical University (65, Nezavisimosti Avenue, Minsk, 220013, Belarus)

Operating Characteristics of Concrete with a Filler from Secondary Rocks

The field of economic application of various types of fillers is expanding all the time due to permanently changing requirements for concretes concerning their operating qualities, application fields, physical-technical properties, durability conditions etc. Numerous studies have established that the most rational use of various types of fillers in the concrete greatly influences on the technical characteristics of the concrete of building structures. Results of the studies of the concrete prepared with crushed fluxing limestone, which is a secondary product of metallurgical industry, are presented. On the basis of the study conducted, it is shown that the fluxing limestone can be used for products and structures of heavy-weight concrete along with such fillers as granite macadam and natural gravel.

Keywords: granite macadam, fluxing limestone, crushed gravel, concrete.

Разносторонние требования к эксплуатационным качествам, области применения и физико-техническим свойствам бетонов, требования долговечности, а также к работе предприятий строительной индустрии в рыночных условиях расширяют область экономического использования различных видов заполнителей [1–8].

Если учесть, что заполнители занимают в бетоне до 80% объема и их стоимость достигает 50% стоимости бетонных и железобетонных конструкций, становится понятным, почему изучение, правильный выбор заполнителей и их рациональное применение влияют на свойства бетонной смеси, бетонных и железобетонных конструкций, а также на технико-экономическую эффективность производства строительных изделий из сборного и монолитного бетона и железобетона в целом [9–14].

В настоящее время в Беларуси в качестве крупного заполнителя для приготовления тяжелого бетона используют гранитный щебень, щебень из гравия и гравий. Гранитный щебень относится к глубинным изверженным горным породам, гравий и щебень из гравия — к осадочным.

В данной статье рассматриваются результаты испытаний тяжелых бетонов на крупном заполнителе из осадочной горной породы — известняке. Флюсовый известняковый щебень — вторичный продукт в металлургической промышленности, в частности на РУП «Белорусский металлургический завод». В технологии металлургического производства для выплавки стали применяют флюсовый известняк (известняковый щебень) фракции 5 мм и ниже. Вторичный продукт — щебень, который характеризуется содержанием зерен от 5 до 40 мм, причем количество крупных фракций существенно превосходит количество мелких. Флюсовый известняк выпускают в соответствии с

требованиями ТУУ 14-16-53–2000 «Щебень из флюсового известняка». Химический состав и процентное содержание основных соединений представлены в табл. 1.

Как свидетельствуют данные, приведенные в табл. 1, флюсовый известняк представляет собой материал осадочного происхождения, состоящий преимущественно из оксидов кальция и магния. Согласно требованиям СТБ 1544–2005 «Бетоны конструкционные тяжелые. Технические условия», в качестве заполнителей для приготовления тяжелых бетонов могут применяться материалы из осадочных горных пород. Предварительно проведенные испытания по определению физико-механических характеристик осадочной горной породы показали, что щебень из флюсового известняка состоит преимущественно из фракции 20–40 мм. По содержанию лещадных зерен, пылевидных частиц и марке по дробимости щебень из флюсового известняка удовлетворяет требованиям согласно ГОСТ 8267–93 «Щебень и гравий из плотных горных пород. Технические условия». Физико-механические характеристики представлены в табл. 2.

Таблица 1

Показатель	Содержание, мас. %
Массовая доля CaO + MgO	52,5–54
Массовая доля MgO	5
Массовая доля SiO ₂	1,5–2
Массовая доля S	0,06–0,09
Массовая доля P	0,06–0,09
Массовая доля нерастворимого остатка в соляной кислоте	2–4

Таблица 2

Физико-механические характеристики щебня из флюсового известняка

Содержание зерен, %, крупностью, мм					Насыпная плотность, кг/м ³	Плотность в уплотненном состоянии, кг/м ³	Плотность зерен, кг/м ³
Свыше 40	40–20	20–10	10–5	Менее 5			
8,79	82,47	8,06	0,36	0,31	1278	1430	2610
Содержание зерен лещадной и игловатой форм – 16,3 мас. %. Содержание пылевидных частиц – 1,9 мас. %. Марка щебня по дробимости – 1000.							

Таблица 3

Наименование заполнителя	Содержание фракций (известняка, гранита и гравия) в крупном заполнителе, %								
	Щебень из флюсового известняка			Гранитный щебень			Гравий		
	5–10	10–20	20–40	5–10	10–20	20–40	5–10	10–20	20–40
Смешанный	–	–	50	20	30	–	–	–	–
Гранитный	–	–	–	20	30	50	–	–	–
Гравий	–	–	–	–	–	–	20	30	50

Таблица 4

№ состава	Расход составляющих, кг на 1 м ³ бетонной смеси					В/Ц
	Цемент	Песок	Смешанный заполнитель	Гранитный щебень	Гравий	
1	250	785	1200	–	–	0,6
2	350	745	1150	–	–	0,5
3	450	745	1100	–	–	0,4
4	250	780	–	1200	–	0,6
5	350	745	–	1150	–	0,5
6	450	740	–	1100	–	0,4
7	350	750	–	–	1150	0,5

Для применения данного щебня в качестве крупного заполнителя требуется его обогащение мелкими фракциями, так как при данном зерновом составе он не соответствует требованиям СТБ 1544–2005 «Бетоны конструктивные тяжелые. Технические условия» и обладает повышенной пустотностью, что приводит к перерасходу цемента в бетонной смеси. Для обогащения известнякового щебня и получения смешанного заполнителя использовали обычный гранитный щебень и природный гравий.

С целью определения рациональной области применения известнякового щебня проводились исследования по изучению влияния данного заполнителя на прочностные и эксплуатационные свойства тяжелых бетонов. Были подобраны составы бетонов различных классов по прочности при сжатии. Результаты, полученные при испытании бетона на известняковом щебне, сравнивались с аналогичным бетоном, изготовленным на гранитном щебне. Для получения сопоставимых данных искусственно подбирали фракционный состав гранитного щебня до появления кривой просеивания, аналогичной смешанному заполнителю.

Содержание отдельных фракций в смешанном крупном заполнителе, гранитном щебне и гравии представлено в табл. 3.

Расход цемента в бетонной смеси варьировался от 250 до 450 кг на 1 м³, ВЦ – от 0,4 до 0,6. Составы бетона приведены в табл. 4.

При подборе состава бетона использовали песок с $M_k=2,51$ и портландцемент ПЦ 500 Д20 ОАО «Красносельскстройматериалы».

Таблица 5

№ состава	Предел прочности*, МПа, в возрасте 28 сут	
	при сжатии	растяжение при раскалывании
1	23,7/26,2	1,5/1,9
2	33,0/36,4	2,4/2,8
3	44,3/51,1	2,7/3,1
4	22,7/25,8	1,4/2,
5	33,4/37,1	2,5/2,7
6	46,7/49,5	2,8/3,
7	28,2/31,5	1,7/2,2
Примечание. *Значения минимального и максимального пределов прочности, полученных при испытаниях.		

Для исследований в лабораторных условиях изготавливались опытные образцы, которые твердели в нормально-влажностных условиях и подвергались испытанию в возрасте 28 сут.

Прочность бетонов при сжатии и растяжении при раскалывании определяли на образцах-кубах с ребром 15 см. Результаты испытаний по определению прочности при сжатии и растяжении при раскалывании представлены в табл. 5.

Таблица 6

Морозостойкость и водонепроницаемость образцов, изготовленных на смешанном заполнителе и гранитном щебне

Вид заполнителя	Расход цемента	В/Ц	Водопоглощение, мас. %	W, МПа	F, циклы
Смешанный	250	0,6	7,2	0,2	75
Гранитный	250	0,6	7,7	0,2	75
Смешанный	350	0,5	5,8	0,4	100
Гранитный	350	0,5	6,3	0,4	100
Смешанный	450	0,4	4,2	0,6	150
Гранитный	450	0,4	4,6	0,6	150

Таблица 7

Результаты потенциостатических исследований

Показатель	Требования нормативного документа	Фактическое значение
Установившийся потенциал, мВ	–	–310/–324*
Плотность тока при потенциале +300 мВ, мкА/см ²	До 10	1,21/1,56*
Потенциал разрушения пассивной пленки, мВ	–	+550/+630*
Примечание. * Значение показателей для образцов на смешанном заполнителе.		

Экспериментальные данные (табл. 5) показывают, что бетон на смешанном заполнителе по прочностным показателям не отличается от обычного бетона, изготовленного на гранитном щебне. Смешанный заполнитель, состоящий из зерен, имеющих более развитую поверхность, превосходит по прочностным показателям бетон, изготовленный с использованием гравия, зерна которого имеют окатанную поверхность.

Немаловажное значение имеет исследование заполнителя на соответствие эксплуатационным характеристикам бетонов, к которым относятся показатели, косвенно характеризующие долговечность материала, а именно: способность бетона противостоять воздействию знакопеременной температуры (морозостойкость), способность бетона противостоять проникновению различных агрессивных веществ (водонепроницаемость), а также защищать стальную арматуру в течение длительного срока эксплуатации (защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре) [15].

Для оценки морозостойкости и водонепроницаемости бетона, изготовленного с использованием заполнителя из флюсового известняка, готовились основные образцы на смешанном заполнителе и контрольные – на гранитном щебне. Образцы формовали из составов бетона с расходом цемента 250, 350 и 450 кг на 1 м³ при В/Ц=0,6; 0,5 и 0,4. Морозостойкость и водонепроницаемость определяли по методике согласно ГОСТ 10060.1–95 «Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости» и ГОСТ 12730.5–84 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости». Результаты испытаний представлены в табл. 6.

Данные табл. 6 свидетельствуют о том, что известняковый щебень не влияет на такие свойства бетона, как морозостойкость и водонепроницаемость. Незначительное различие в показателе водопоглощения образцов на смешанном и гранитном щебне может быть вызвано снижением капиллярной пористости цементного камня при использовании смешанного заполнителя. Капиллярная пористость цементного камня в бетоне определяется истинным водоцементным отношением, которое зависит от способности заполнителя поглощать

часть воды при затворении бетонной смеси. По опытным данным, количество воды, поглощаемое зернами известнякового щебня при прочих равных условиях, на 40% выше, чем количество воды, поглощаемое зернами гранитного щебня.

Таким образом, при использовании в качестве крупного заполнителя щебня из флюсового известняка при прочих равных условиях создается возможность для снижения капиллярной пористости цементного камня. Однако, как свидетельствуют результаты испытаний, это не оказывает ощутимого влияния на повышение морозостойкости и водонепроницаемости бетона.

Поскольку, как было показано выше, в материале щебня из флюсового известняка в незначительном количестве присутствуют соединения серы и фосфора, вполне естественным является изучение влияния данного заполнителя на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре. Оценку защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре проводили по методике согласно СТБ 1168–99 «Бетоны. Метод контроля коррозионного состояния стали в бетоне и защитных свойств». Состав бетона на смешанном заполнителе для проведения исследований принимался согласно СТБ 1168–99. Для сравнения были выбраны образцы бетона, изготовленного с использованием гранитного щебня. В качестве рабочего электрода использовали арматуру класса S240. Результаты испытаний представлены в табл. 7.

Согласно данным табл. 7 и требованиям, приведенным в СТБ 1168–99, сталь в образцах на смешанном заполнителе (щебень из флюсового известняка + гранитный щебень) находится в пассивном состоянии. Следовательно, на начальном этапе (до воздействия эксплуатационной среды) бетон на щебне из флюсового известняка обладает достаточными защитными свойствами по отношению к стальной арматуре.

В рамках выполненных исследований были разработаны и прошли апробацию составы бетонных смесей с использованием щебня из флюсового известняка, подобраны бетонные смеси и разработаны рекомендации по применению флюсового известняка при производстве железобетонных изделий.

Выводы.

1. Применение известнякового щебня в качестве крупного заполнителя возможно путем его обогащения, т. е. приведения его зернового состава в соответствие с требованиями нормативной документации.
2. Щебень из флюсового известняка не влияет на прочностные показатели бетонов, а также не оказывает отрицательного влияния на морозостойкость и водонепроницаемость бетона.
3. Бетон на заполнителе из флюсового известняка обладает достаточными защитными свойствами по отношению к стальной арматуре (сталь находится в пассивном состоянии).

Список литературы

1. Вайсберг Л.А., Каменева Е.Е., Аминов В.Н. Оценка технологических возможностей управления качеством щебня при дезинтеграции строительных горных пород // *Строительные материалы*. 2013. № 11. С. 30–34.
2. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности. Ростов н/Д: Феникс, 2007. 368 с.
3. Вайсберг Л.А., Каменева Е.Е. Исследование структуры порового пространства гнейсогранита методом рентгеновской компьютерной микротомографии // *Обогащение руд*. 2013. № 3. С. 37–41.
4. Олейник П.П., Олейник С.П. Организация системы переработки строительных отходов. М.: МГСУ, 2009. 251 с.
5. Ильичев В.А., Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н. О развитии производства строительных материалов на основе вторичных продуктов промышленности // *Строительные материалы*. 2011. № 4. С. 36–42.
6. Горшков В.С., Александров С.Е., Ивашенко С.И., Горшкова И.В. Комплексная переработка и использование металлургических шлаков в строительстве / Под ред. В.С. Горшкова. М.: Стройиздат, 1985. 272 с.
7. Вешнякова Л.А., Фролова М.А., Айзенштадт А.М., Лесовик В.С., Михайлова О.Н., Махова Т.А. Оценка энергетического состояния сырья для получения строительных материалов // *Строительные материалы*. 2012. № 10. С. 55–56.
8. Полейко Н.Л., Леонович С.Н. Физико-механические показатели бетона на кубовидном щебне // *Строительные материалы*. 2015. № 7. С. 13–16.
9. Пучин К.Г. Вопросы экологии использования твердых отходов черной металлургии в строительных материалах // *Строительные материалы*. 2012. № 8. С. 54–56.
10. Юшков Б.С., Семенов С.С. Металлургические шлаки в производстве железобетонных свай, эксплуатирующихся в неагрессивной среде // *Строительные материалы*. 2012. № 12. С. 14–15.
11. Петров В.П., Токарева С.А. Пористые заполнители из отходов промышленности // *Строительные материалы*. 2011. № 11. С. 46–50.
12. Старчуков Д.С. Бетоны ускоренного твердения с добавками твердых веществ неорганической природы // *Бетон и железобетон*. 2011. № 4. С. 22–24.
13. Загер И.Ю., Яшинкина А.А., Андропова Л.Н. Сравнительная оценка продуктов дробления горных пород месторождений нерудных строительных материалов Ямало-Ненецкого автономного округа // *Строительные материалы*. 2011. № 5. С. 84–86.
14. Добшиц Л.М., Магомедэминов И.И. Определение морозостойкости крупного заполнителя для тяжелых бетонов // *Бетон и железобетон*. 2012. № 4. С. 16–19.

ных бетонов // *Бетон и железобетон*. 2012. № 4. С. 16–19.

15. Корнеева Е.В. Исследования шлаков сталеплавильного производства с целью вторичного использования // *Строительные материалы*. 2012. № 8. С. 62–63.

References

1. Vaysberg L.A., Kameneva E.E., Aminov V.N. Assessment of technological capabilities of control over crushed stone quality in the course of disintegration of building rocks. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 11, pp. 30–34. (In Russian).
2. Dvorkin L.I., Dvorkin O.L. Stroitel'nye materialy iz otkhodov promyshlennosti [Construction materials from the waste industry]. Rostov-on-Don: Feniks. 2007. 368 p.
3. Vaysberg L.A., Kameneva E.E. Investigation of the structure of the pore space gneiss-granite by X-ray microtomography computer. *Obogashchenie rud*. 2013. No. 3, pp. 37–41. (In Russian).
4. Oleinik P.P., Oleinik S.P. Organizatsiya sistemy pererabotki stroitel'nykh otkhodov. [Organization of recycling construction waste]. Moscow: MGSU. 2009. 251 p.
5. Il'ichev V.A., Karpenko N.I., Yarmakovskiy V.N. About development of building materials production on the basis of secondary industrial products (SIPs). *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 4, pp. 36–42. (In Russian).
6. Gorshkov V.S., Alexandrov S.E., Ivashchenko S.I., Gorshkov I.V. Kompleksnaya pererabotka i ispol'zovanie metallurgicheskikh shlakov v stroitel'stve / Pod red. V.S. Gorshkova [Complex processing and use of metallurgical slag in construction. Ed. by V.S. Gorshkov]. Moscow: Stroyizdat. 1985. 272 p.
7. Veshnjakova L.A., Frolova M.A., Eisenstadt A.M., Lesovik V.S., Mikhailov O.N., Machova T.A. Evaluation of energetic state of raw material for production of building materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 10, pp. 55–56. (In Russian).
8. Poleyko N.L., Leonovich S.N. Physical-mechanical characteristics of concrete with cubiform crushed stone. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 7, pp. 13–16. (In Russian).
9. Puchin K.G. Environmental matters of use of ferrous metallurgy solid waste in construction materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 8, pp. 54–56. (In Russian).
10. Yushkov B.S., Semenov S.S. Metallurgical slag in production of reinforced concrete piles used in non-aggressive environment. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 12, pp. 14–15. (In Russian).
11. Petrov V.P., Tokareva S.A. Porous aggregates based on industrial wastes. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 11, pp. 46–50. (In Russian).
12. Starchukov D.S. Concrete of the accelerated curing with additives of strong substances of the inorganic nature. *Beton i zhelezobeton*. 2011. No. 4, pp. 22–24. (In Russian).
13. Zager I.Y., Yashinkina A.A., Andropova L.N. Comparative assessment of products of crushing of rocks of fields of nonmetallic construction materials of the Yamalo-Nenets Autonomous Area. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 5, pp. 84–86. (In Russian).
14. Dobshits L.M., Magomedeminov I.I. Determination of frost resistance of large filler for heavy concrete. *Beton i zhelezobeton*. 2012. No. 4, pp. 6–19. (In Russian).
15. Korneeva E.V. Studies of steel industry slag for secondary use. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 8, pp. 62–63. (In Russian).

В.С. ИЗОТОВ, д-р техн. наук, Р.Х. МУХАМЕТРАХИМОВ, канд. техн. наук (muhametrahimov@mail.ru),
А.Р. ГАЛАУТДИНОВ, инженер

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1)

Комплексная добавка для повышения эффективности гипсоцементно-пуццоланового вяжущего

На российском рынке пластифицирующих добавок в настоящее время представлено множество гипер- и суперпластификаторов различных марок. Однако эффективность применения этих добавок заявлена производителями в основном для композиций на цементной основе. Это вызывает необходимость исследования работы современных пластифицирующих добавок и их комплексов в гипсоцементно-пуццолановых композициях. Выполненные исследования позволили установить влияние пластифицирующих добавок и комплексов на их основе на реологические и физико-механические свойства композиционного гипсоцементно-пуццоланового вяжущего, а также определить оптимальное содержание пластификаторов в составе комплексной добавки. Показано, что введение исследуемых пластифицирующих добавок и их комплексов позволяет улучшить эксплуатационные свойства изделий на основе гипсоцементно-пуццолановых вяжущих, что выражается в повышении предела прочности при изгибе на 70,3%, при сжатии – на 82,7%, а также в увеличении водостойкости на 66%; при замедлении кинетики начального структурообразования. Данные результаты достигаются благодаря формированию более плотной поровой структуры образцов на основе гипсоцементно-пуццоланового вяжущего, модифицированного пластифицирующими добавками. Так, полный объем пор снижается на 9%, открытых капиллярных пор – на 16,8%, открытых некапиллярных пор – на 1%, объем условно-закрытых пор увеличивается на 8,8%, показатель микропористости увеличивается на 0,38. Это позволяет значительно расширить область применения изделий на основе модифицированного гипсоцементно-пуццоланового вяжущего при изготовлении широкого спектра строительных изделий.

Ключевые слова: гипс, цемент, комплексная добавка, суперпластификатор, гиперпластификатор.

V.S. IZOTOV, Doctor of Sciences (Engineering), R.Kh. MUKHAMETRAKHIMOV, Candidate of Sciences (Engineering) (muhametrahimov@mail.ru),
A.R. GALAUTDINOV, Engineer
Kazan State University of Architecture and Engineering (1, Zelenaya Street, Kazan, 420043, Russian Federation)

A Complex Additive for Improving Efficiency of a Gypsum-Cement-Pozzolanic Binder

At present, a lot of hyper-plasticizers and super-plasticizers of various brands are presented at the Russian market of plasticizing additives. But the efficient use of these additives is announced by the producers for compositions on the cement base mainly. This raises the need to study the work of modern plasticizing additives and their complexes in gypsum-cement-pozzolanic compositions. The studies conducted make it possible to determine the effect of plasticizing additives and complexes on their basis on the rheological and physical-mechanical properties of a composite gypsum-cement-pozzolanic binder, as well as to determine the optimal content of plasticizers in the composition of the complex additive. It is shown that the introduction of plasticizing additives and their complexes makes it possible to improve the operating properties of products on the basis of gypsum-cement-pozzolanic binders that results in improving the flexural strength by 70.3%, compression strength – by 82.7%, as well as improving the water resistance by 66% at slowing the kinetics of initial structure formation. These results are achieved through the formation of the more dense porous structure of samples on the basis of the gypsum-cement-pozzolanic binder modified with plasticizing additives. Thus, the total volume of pores is reduced by 9%, open capillary pore is reduced by 16.8%, open non-capillary pores is reduced by 1%, the volume of conditionally-closed pores is increased by 8.8%, an index of micro-porosity is increased by 0.38. This makes it possible to significantly expand the application field of products on the basis of the modified composite binder when producing a wide range of building products.

Keywords: gypsum, cement, complex additive, super-plasticizer, hyper-plasticizer.

На российском рынке пластифицирующих добавок (ПД) в настоящее время представлено множество гиперпластификаторов (ГП) и суперпластификаторов (СП) различных марок: Basf®, Glenium®, Melflux®, Sika ViscoCrete® и др. Однако эффективность применения этих ГП заявлена производителями в основном для композиций на цементной основе. Известно, что работа ГП во многом зависит от щелочности среды и в композициях на основе гипсовых и смешанных вяжущих не всегда достигается желаемый результат. Для замедления схватывания гипсовых систем используются органические кислоты, введение которых приводит к снижению конечной прочности изделий, и добавки, замедляющие схватывание гипса [1], которые требуют исследования совместной работы с ПД. В работе [2] показаны особенности взаимодействия гиперпластификаторов с органическими кислотами, применяемыми для замедления схватывания гипсовых систем, а также влияние стерического эффекта и значения дзетта-потенциала гиперпластификаторов в системах на комплексном вяжущем на их пределы прочности при сжатии и изгибе [3]. Весьма интересны в этом отношении исследования, направленные на разработку ПД, обладающих эффектом замедления кинетики начального структурообразова-

ния вяжущих, но не влияющие на кинетику твердения и прочность изделий на их основе [4]. Поэтому исследование работы современных ПД в гипсоцементно-пуццолановых композициях, а также разработка комплексных добавок (КД), обладающих эффектом повышения прочности изделий при замедлении кинетики начального структурообразования, являются актуальной задачей. Это позволит расширить область применения ГВ, например при производстве эффективных гипсовых материалов для устройства межкомнатных перегородок [5] или гипсоволокнистых листов для отделки зданий и сооружений [6].

Целью исследований явилось установление влияния различных ПД на нормальную густоту и сроки схватывания цементного вяжущего (ЦВ), гипсового вяжущего (ГВ) и ГЦПВ, а также изучение их влияния на пределы прочности ГЦПВ на основе низкомарочного гипса и разработка КД для ГЦПВ, обладающей высоким водоредуцирующим эффектом с одновременным замедлением кинетики начального структурообразования для повышения прочности и водостойкости изделий на его основе.

Для приготовления гипсоцементно-пуццоланового вяжущего использовали строительный гипс Г6 БП производства ООО «Аракчинский гипс», произведенный по ГОСТ 125–79,

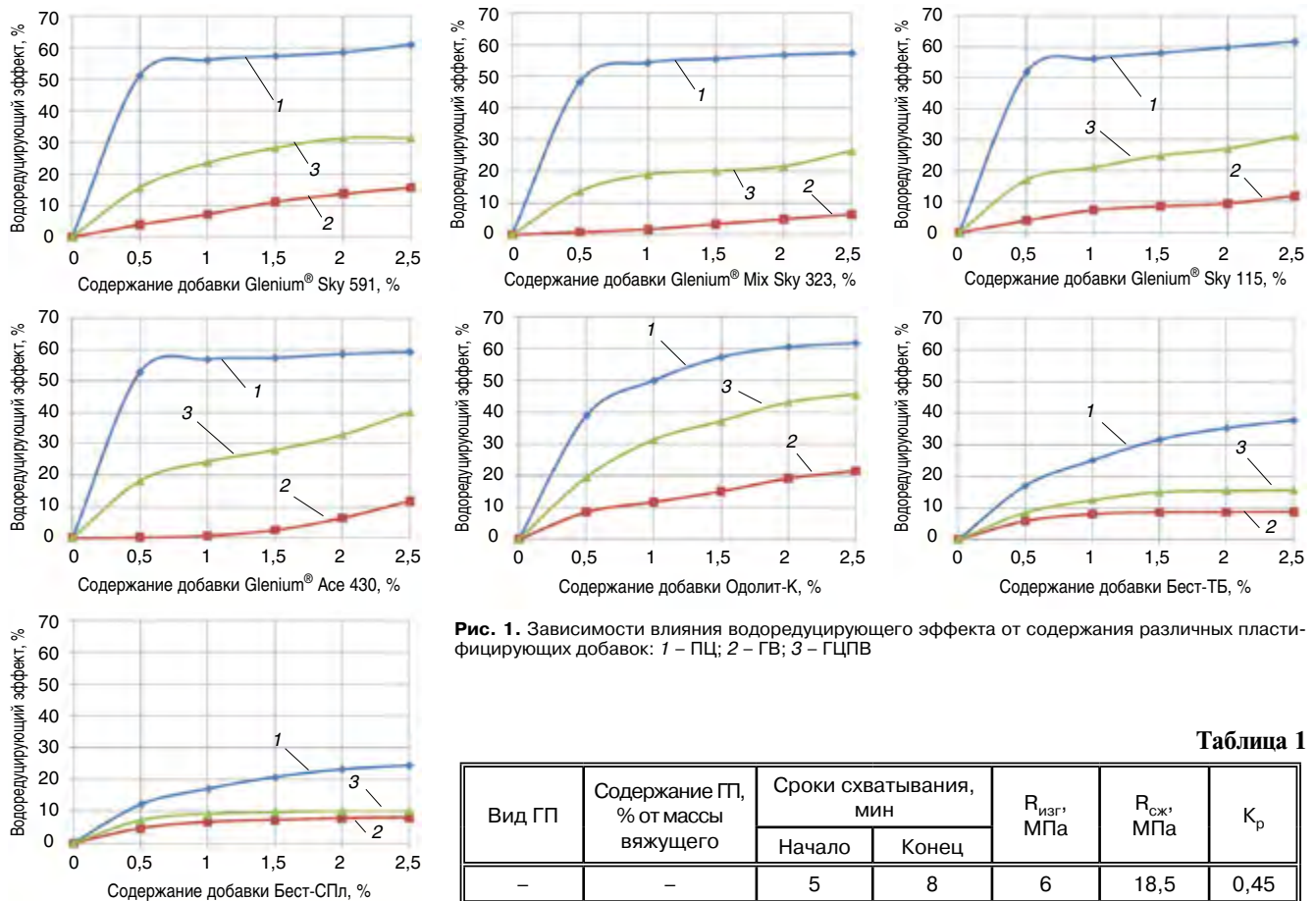


Рис. 1. Зависимости влияния водоредуцирующего эффекта от содержания различных пластифицирующих добавок: 1 – ПЦ; 2 – ГВ; 3 – ГЦПВ

Таблица 1

Вид ГП	Содержание ГП, % от массы вяжущего	Сроки схватывания, мин		$R_{изг}$, МПа	$R_{сж}$, МПа	K_p
		Начало	Конец			
–	–	5	8	6	18,5	0,45
Бест-СПл	0,5	13	17	6,61	13,99	0,45
	1	22	25	6,37	13,44	0,54
	1,5	31	35	6,16	12,71	0,45
Бест-ТБ	0,5	34	38	6,3	19,1	0,59
	1	112	124	6,5	21,81	0,55
	1,5	198	223	6,88	16,76	0,52
	2	244	263	4,88	14,97	0,5
	2,5	259	281	4,23	12,75	0,48
Одолит-К	0,5	5	7	6,75	25,71	0,56
	1	5	7	7,1	26,96	0,58
	1,5	5	7	7,43	28,32	0,6
	2	6	8	8,11	24,04	0,59
	2,5	6	9	7,64	24,01	0,58
Glenium® 115	0,5	5	7	8,17	24,9	0,48
	1	7	9	9,42	25,1	0,54
	1,5	10	12	9,42	27,46	0,56
Glenium® Ace 430	0,5	4	6	8,58	26,45	0,46
	1	3,5	4,5	9,16	31,14	0,48
	1,5	3,5	5	10,22	33,8	0,49
Glenium® Mix Sky 323	0,5	6	7,5	7,18	19,6	0,51
	1	11,5	13	8,23	22,5	0,52
	1,5	23	24,5	8,99	25,1	0,58
Glenium® Sky 591	0,5	6	7	7,07	25,09	0,43
	1	5	6	7,61	26,29	0,47
	1,5	11	12	7,73	31,76	0,55

портландцемент Белгородского цементного завода ПЦ500 Д0; в качестве активной минеральной добавки (АМД) использовали метакраин с гидравлической активностью 1238 мг/г (ТУ 5729-098-12615988–2013), выбранный из широкого спектра природных и техногенных АМД с учетом предыдущих исследований [7], выполненных по методике [8] при соотношении гипс:портландцемент: АМД – 76:20:4 мас. %.

В качестве ПД использовали: ГП Одолит-К производства ООО «Сервис-Групп» (ТУ 5745-01-96326574–08), Glenium® Sky 591, Glenium® Mix sky 323, Glenium® 115, Glenium® Ace 430 производства ООО «BASF Строительные системы»; пластификаторы Бест-ТБ, Бест-СПл производства ООО «Инновационные Технологии».

На первом этапе изучали влияние исследуемых пластифицирующих добавок на реологические свойства ГВ, ЦВ и ГЦПВ. Для сопоставления результатов все исследования выполнены по ГОСТ 23789–79. Результаты испытаний приведены на рис. 1.

Как видно на кривых рис. 1, водоредуцирующий эффект существенно зависит от вида вяжущего, ПД и ее содержания. Наилучший водоредуцирующий эффект в цементном вяжущем показывает ПД Одолит-К – 61,7%; Glenium® Sky 115 – 61,6%; Glenium®

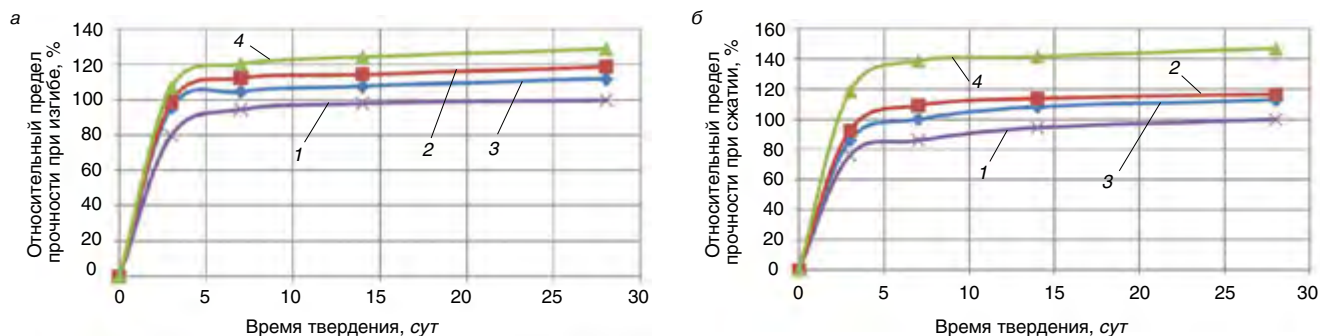


Рис. 2. Зависимости относительного предела прочности при изгибе (а) и сжатии (б) от времени твердения образцов: 1 – контрольный; 2 – Одолит 50%, Бест-ТБ 50%; 3 – Одолит 25%, Бест-ТБ 75%; 4 – Одолит 75%, Бест-ТБ 25%

Sky 591 – 61%; Glenium® Ace 430 – 59,1%; Glenium® Mix Sky 323 – 57,3%; в гипсовом: ПД Одолит-К – 21,6%; Glenium® Sky 591 – 15,7%; в гипсоцементном: ПД Одолит-К – 45,7%; Glenium® Ace 430 – 40,2%. При близких показателях водоредуцирующего эффекта исследуемых ПД в цементном вяжущем введение их в гипсовое и гипсоцементное вяжущее не всегда приводит к значительному снижению количества воды затворения, что, вероятно, связано с различным составом и механизмом действия ПД.

Испытания образцов гипсоцементно-пуццоланового камня с ПД проводили на стандартных образцах-балочках размерами 4×4×16 см, из формовочной смеси нормальной густоты по методике, описанной в ГОСТ 23789–79. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, исследуемые ПД оказывают различное влияние на процессы структурообразования ГЦПВ, что выражается в изменении сроков схватывания и показателей прочности.

Гиперпластификаторы Одолит-К и Glenium® Ace 430 незначительно ускоряют сроки схватывания, а Glenium® Sky 591 с увеличением дозировки замедляет на 3–6 мин начало и конец схватывания.

Наибольшим эффектом замедления кинетики начального структурообразования обладает добавка Бест-ТБ (принята в качестве компонента КД), которая относится к суперпластификаторам первой группы и представляет собой сополимер на основе эфиров карбоновых кислот с добавлением фосфатного компонента. В зависимости от содержания (0,5–2,5%) начало схватывания замедляется на 27,5–252,5 мин, конец схватывания на 30–273 мин.

Снижение количества воды затворения приводит к увеличению пределов прочности при изгибе и сжатии, а также коэффициента размягчения (K_p). Так, в зависимости от дозировки ГП Glenium® Ace 430 увеличивает показатели прочности при сжатии на 43–82,7%; Glenium® Sky 591 – на 35,6–71,7%; Одолит-К – на 29,8–53,1%.

Исследуемые ГП также оказывают существенное влияние на относительный предел прочности при изгибе образцов ГЦПВ, однако в меньшей степени, чем при сжатии. Так, в зависимости от дозировки ГП Glenium® Ace 430 увеличивает показатели прочности при изгибе на 43–70,3%; Glenium® 115 – на 36,2–57%; Одолит-К – на 12,5–35,2%.

Показатели водостойкости образцов ГЦПВ при введении различных ГП в их состав также повышаются. Наиболее эффективными с этой точки зрения являются следующие добавки (в порядке убывания): Одолит-К, Бест-ТБ, Glenium® Mix Sky 323, Glenium® 115.

На втором этапе исследований определили оптимальное соотношение компонентов КД для ГЦПВ [9], в качестве которых приняли ГП Glenium® Ace 430, Одолит-К, Glenium® Sky 591, Glenium® 115 и СП Бест-ТБ, так как при введении этих химических добавок достигается наибольшее повышение пределов прочности ГЦПК и замедление кинетики начального структурообразования.

В качестве химических добавок для дальнейших исследований приняты ГП Одолит-К и СП Бест-ТБ, так как

при взаимодействии этих ПД наблюдается синергетический эффект, который позволяет замедлить кинетику начального структурообразования при увеличении конечной прочности изделий. При совместном введении в ГЦПВ ГП марки Glenium совместно с СП Бест-ТБ наблюдался противоположный эффект. Комплексная добавка вводилась в гипсоцементно-пуццолановую смесь с водой затворения в виде водного раствора в количестве 1–1,5% от массы вяжущего. Водный раствор добавлялся в гипсоцементно-пуццолановую смесь до достижения нормальной густоты по ГОСТ 23789–79. Составы КД и результаты механических испытаний образцов приведены в [9].

Гипсоцементно-пуццолановые смеси, модифицированные предлагаемой КД, обладают высокой конечной прочностью, повышенным коэффициентом размягчения и замедленной кинетикой начального структурообразования, что выражается в удлинении начала (4,5–59 мин) и конца схватывания (3,5–61,5 мин). В зависимости от содержания КД в составе ГЦПВ и соотношения компонентов в составе КД предел прочности при изгибе повышается на 8,1–27,7%, при сжатии – на 13,7–55,3%, коэффициент размягчения увеличивается на 66%.

Кинетика твердения гипсоцементно-пуццолановой смеси с КД в количестве 1,5% от массы вяжущего показана на рис. 2. За 100% принята прочность контрольного образца в возрасте 28 сут.

Из рис. 2 видно, что введение КД позволяет увеличить пределы прочности при изгибе и сжатии на всех этапах твердения. Так, в зависимости от соотношения компонентов в составе КД относительный предел прочности при сжатии образцов в трехсуточном возрасте увеличивается на 9,8–70,8%, при изгибе – на 15,4–49%. Увеличение пределов прочности при изгибе и сжатии образцов на основе ГЦПВ с добавлением КД свидетельствует о формировании более плотной поровой структуры.

Влияние КД и ее компонентов на формирование поровой структуры ГЦПК показано в табл. 2. Исследования выполняли по методике, изложенной в ГОСТ 12730.4–78. Для исключения растворения сульфата кальция образцы ГЦПК насыщали керосином.

Из табл. 2 следует, что максимально высокая пористость характерна для образца без добавок. При введении добавок Бест-ТБ и Одолит-К наблюдается снижение полного объема пор на 3,5 и 5,6%; объема открытых капиллярных пор – на 7,3 и 16,5%; объема открытых некапиллярных пор – на 0,6 и 0,9%; увеличение объема условно-закрытых пор – на 4,4 и 11,8 %; показателя микропористости – на 0,08 и 0,33 соответственно. При совместном введении этих добавок (КД) в состав ГЦПВ наблюдается синергетический эффект, который приводит к улучшению показателей микропористости образцов ГЦПК по сравнению с образцами, модифицированными отдельными компонентами добавки. Так, в образцах с КД полный объем пор – на 9%, объем открытых капиллярных пор – на 16,8%, открытых некапиллярных

Таблица 2

Добавки	Содержание добавки, %	Показатели поровой структуры				
		Полный объем пор, (П _п)	Объем открытых капиллярных пор, (П _о)	Объем открытых некапиллярных пор, (П _{мз})	Объем условно-закрытых пор, (П _з)	Показатель микропористости, (П _{мк})
Без добавок	–	42,2	23,7	1,2	17,3	0,18
Бест-ТБ	0,5	38,7	16,4	0,6	21,7	0,26
Одолит-К	1,5	36,6	7,2	0,3	29,1	0,51
КД	2	33,2	6,9	0,2	26,1	0,56

пор – на 1%, объем условно-закрытых пор увеличивается на 8,8%, показатель микропористости увеличивается на 0,38. Это свидетельствует о формировании более плотной структуры ГЦПК.

Выводы.

1. Изучено влияние ПД на реологические свойства ГВ, ЦВ и ГЦПВ. Установлено, что при близких высоких показателях водоредуцирующего эффекта исследуемых ПД в ЦВ введение их в ГВ и гипсоцементное вяжущее не всегда приводит к значительному снижению количества воды затворения. Наиболее эффективным является ГП Одолит-К, введение которого позволяет значительно снизить водопотребность всех типов исследуемых вяжущих. Также изучено влияние ПД на физико-механические свойства ГЦПВ. Установлено, что наиболее эффективными из числа исследуемых ПД являются Glenium® Ace 430 и Одолит-К. Так, в зависимости от дозировки Glenium® Ace 430 увеличивает показатели прочности при сжатии на 43–82,7%, при изгибе – на 43–70,3%; Одолит-К: при сжатии – на 29,8–53,1%, при изгибе – на 12,5–35,2%.

2. Установлено, что ПД Бест-ТБ обладает эффектом замедления кинетики начального структурообразования

ГВ и ГЦПВ и в зависимости от содержания (0,5–2,5%) позволяет замедлить начало схватывания на 27,5–252,5 мин, конец схватывания – на 30–273 мин при сохранении высоких темпов набора прочности ГЦПВ.

3. Разработана новая КД для ГЦПВ, позволяющая существенно повысить прочность при замедлении процессов начального структурообразования. Так, в зависимости от концентрации КД начало схватывания увеличивается на 4,5–59 мин, конец схватывания – на 3,5–61,5 мин, при этом относительный предел прочности при сжатии образцов в трехсуточном возрасте увеличивается на 9,8–42,2%, при изгибе – на 15,4–27,1%. Введение КД в ГЦПВ позволяет увеличить пределы прочности на 28-е сут твердения: при сжатии – на 55,3%, при изгибе – на 27,7%, а также коэффициент размягчения на 66%.

4. Полученное ГЦПВ, модифицированное новой комплексной добавкой, позволяет изготовить изделия с высокой конечной прочностью и водостойкостью при замедлении кинетики начального структурообразования. Введение комплексной добавки способствует формированию более плотной поровой структуры образцов на основе ГЦПВ, чем обусловлено увеличение пределов прочности и коэффициента размягчения.

Список литературы

1. Литвиненко С.В. Применение замедлителя схватывания для гипсовых вяжущих Retardan 225P // *Строительные материалы*. 2012. № 7. С. 26–27.
2. Пустовгар А.П., Бурьянов А.Ф., Василик П.Г. Особенности применения гиперпластификаторов в сухих строительных смесях // *Строительные материалы*. 2010. № 12. С. 62–65.
3. Халиуллин М.И., Нуриев М.И., Рахимов Р.З., Гайфуллин А.Р. Влияние пластифицирующих добавок на свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // *Вестник Казанского технологического университета*. 2015. Т. 18. № 6. С. 119–122.
4. Патент РФ 2262490. Замедляющий схватывание суперпластификатор / Вовк А.И. Заявл. 02.12.2003. Оpubл. 20.10.2005. Бюл. № 29.
5. Бурьянов А.Ф. Эффективные гипсовые материалы для устройства межкомнатных перегородок // *Строительные материалы*. 2008. № 8. С. 30–33.
6. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Влияние полипропиленовых волокон на основные свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // *Вестник Казанского технологического университета*. 2015. Т. 18. № 1. С. 135–137.
7. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Исследование влияния активных минеральных добавок на реологические и физико-механические свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // *Строительные материалы*. 2015. № 5. С. 20–23.
8. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия. Производство и применение. М.: АСВ, 2004. 451 с.
9. Патент РФ 2519313. Комплексная добавка / Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Заявл. 29.01.2013. Оpubл. 10.06.2014. Бюл. № 16.

References

1. Litvinenko S.V. Application of retarder for gypsum binders Retardan 225P. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 7, pp. 26–27. (In Russian).
2. Pustovgar A.P., Bur'yanov A.F., Vasilik P.G. Features of the application of plasticizing additives in a dry building mixtures. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 12, pp. 62–65. (In Russian).
3. Khaliullin M.I., Nuriev M.I., Rakhimov R.Z., Gaifullin A.R. Effect of plasticizers on the properties of gypsum cement-pozzolan binder. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2015. No. 6, pp. 119–122. (In Russian).
4. Patent RF 2262490. Zamedlyayushchiy skhvatyvanie superplastifikator [Retarding superplasticizer]. Vovk A.I. Declared 02.12.2003. Published 20.10.2005. Bulletin No. 29. (In Russian).
5. Bur'yanov A.F. Effective gypsum materials for interior partitions. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2008. No. 8, pp. 30–33. (In Russian).
6. Izotov V.S., Mukhametrakhimov R.Kh., Galautdinov A.R. Influence of polypropylene fiber on the basic properties of gypsum cement-pozzolan binder. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2015. No. 1, pp. 135–137. (In Russian).
7. Izotov V.S., Mukhametrakhimov R.Kh., Galautdinov A.R. Investigation of the effect of active mineral admixtures on the rheological and mechanical properties of gypsum cement-pozzolan binder. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 5, pp. 20–23. (In Russian).
8. Ferronskaya A.V. Gipsovy materialy i izdeliya. *Proizvodstvo i primeneniye* [Gypsum materials and products. The production and use]. Moscow. ASV. 2004. 451 p.
9. Patent RF 2519313. *Kompleksnaya dobavka* [Complex additive]. Izotov V.S., Mukhametrakhimov R.Kh., Galautdinov A.R. Declared 29.01.2013. Published 10.06.2014. Bulletin No. 16. (In Russian).

С.-А.Ю. МУРТАЗАЕВ, д-р техн. наук (s.murtazaev@mail.ru),
М.Ш. САЛАМАНОВА, канд. техн. наук (madina_salamanova@mail.ru),
Р.Г. БИСУЛТАНОВ, инженер, Т.С.-А. МУРТАЗАЕВА, инженер

Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова
(364051, Чеченская Республика, г. Грозный, пр. им. Х.А. Исаева, 100)

Высококачественные модифицированные бетоны с использованием вяжущего на основе реакционно-активного минерального компонента

Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой высококачественных бетонов. В основу получения таких бетонов положено использование эффективных химических модификаторов, улучшающих реологические свойства бетонных смесей и способствующие повышению его физико-механических показателей, реакционно-активных тонкоизмельченных минеральных компонентов природного и техногенного происхождения. Особое внимание уделяется заполнителю: прочность крупного заполнителя должна быть не менее чем на 20% выше прочности бетона, а максимальная крупность заполнителя не должна превышать 8–20 мм. К настоящему времени накоплен значительный опыт производства высококачественных бетонов, который необходимо реализовать на практике. Результаты проведенных исследований в этом направлении показали, что сырьевой потенциал Чеченской Республики позволяет получать высококачественные бетоны класса В40, а если расширить географию использования природных ресурсов регионами СКФО, то можно получить бетоны более высокой прочности.

Ключевые слова: высококачественные бетоны, композиционные вяжущие, реакционно-активные минеральные компоненты, вулканический пепел, зола ТЭЦ, фракционированный заполнитель.

S.-A.Yu. MURTAZAEV, Doctor of Sciences (Engineering) (s.murtazaev@mail.ru),
M.Sh. SALAMANOVA, Candidate of Sciences (Engineering) (madina_salamanova@mail.ru), R.G. BISULTANOV, Engineer, T. S-A. MURTAZAEVA, Engineer
Grozny State Oil Technical University named after academician M.D. Millionshtchikov
(100, H.A. Isayev Avenue, Grozny, 364051, Chechen Repub-lic, Russian Federation)

High-Quality Modified Concretes with the Use of a Binder on the Basis of a Reaction-Active Mineral Component

Issues related to the development of high-quality concretes are considered. As a base of producing such concretes, the use of efficient chemical modifiers improving the rheological properties of concrete mixes and reaction-active fine mineral mineral components of natural and anthropogenic origin facilitating the improvement of their physical-mechanical characteristics. A special attention is paid to the filler: the strength of coarse filler must be higher than the concrete strength by not less than 20% and maximum filler size should not exceed 8–20 mm. At present, significant experience in production of high-quality concretes is accumulated and it is necessary to implement it in practice. Results of the study conducted show that the raw material potential of the Chechen Republic makes it possible to produce high-quality concretes of B 40 class, and if to expand the geography of North Caucasian Federal District it can be possible to produce concretes of more high strength.

Keywords: high-quality concretes, composite binders, reaction-active mineral components, volcanic ash, ash of TPP, fractional filler.

В Российской Федерации сравнительно недавно начали осваивать высотное строительство, но несмотря на это, страна заслуженно относится к ведущим мировым державам по строительству уникальных зданий и сооружений. В настоящее время на территории РФ возведено самое высокое жилое здание в Европе — ЖК «Триумф-палас» (Москва), в Санкт-Петербурге начато строительство высочайшего небоскреба Европы — «Лахта центр», а в Екатеринбурге построен самый северный небоскреб в мире — БЦ «Высоцкий».

Опыт высотного строительства в Чеченской Республике также невелик и базируется на возведении комплекса высотных зданий «Грозный-Сити» (2007–2011 гг.) (рис. 1). Но на этом масштабное строительство уникальных и высотных комплексов не остановилось, и в настоящее время начаты работы по возведению башни «Ахмат-Тауэр» высотой более 400 м (рис. 2).

С января 2016 г. ведутся работы по устройству буронабивных экспериментальных свай с одновременной разработкой котлована под основание высотной башни. В соответствии с проектом для устройства основания требуется 216 буронабивных свай диаметром 1,5 и глубиной 65 м, которые будут нести нагрузку от сплошного плитного ростверка.

Возведение конструктивных элементов вышеупомянутых multifunctional высотных зданий требует обязательного применения высококачествен-

ных бетонов с линейкой классов бетона от В40 и выше (до В150).

Такие высококачественные бетоны обеспечивают гарантированные повышенные параметры эксплуатационной надежности зданий и сооружений, работающих в условиях различного сочетания воздействий окружающей среды и собственных нагрузок здания [1, 2].



Рис. 1. Комплекс высотных зданий «Грозный-Сити»



Рис. 2. Многофункциональный комплекс «Ахмат-Тауэр»

Таблица 1

Компонент	Химический состав, %									Истинная плотность, кг/м ³
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SO ₃	ППП	
Зола ТЭЦ	2,49	23,89	42,88	0,48	4,6	7,95	0,11	0,66	16,9	2000
Вулканический пепел	0,2	13,57	73,67	6	1,79	1,52	2,85	–	0,4	2400
Известняковая мука	0,72	1,55	5,05	0,6	90,14	1,4	–	0,49	–	2620
Кварцевый порошок	6,32	14,99	73,83	1,83	0,6	0,97	1,32	0,14	–	2600

Широкая номенклатура современных бетонных композитов и апробированные технологические приемы применения, предложенные отечественными и зарубежными учеными, позволили отработать принципиально новые эффективные технологические схемы их получения. В основу получения таких бетонов положено использование эффективных химических модификаторов – реакционно-активных тонкоизмельченных минеральных компонентов природного и техногенного происхождения, а также микроармирующих элементов, улучшающих реологические свойства бетонных смесей и способствующих повышению их физико-механических показателей [3–5].

Особое внимание уделяется крупному заполнителю. Его прочность должна быть не менее чем на 20% выше прочности бетона, а максимальная крупность заполнителя не должна превышать 8–20 мм. Обычно в качестве крупного заполнителя используется тщательно фракционированный прочный щебень (базальт, боксит, диабаз, кварц), который по сравнению с гравием обладает лучшим сцеплением с растворной составляющей бетона. Заполнители должны быть тщательно промыты, не должны содержать пыли, глины, гумуса и др. Таким образом, к настоящему времени накоплен значительный опыт производства высококачественных бетонов, который необходимо реализовать на практике [6, 7].

В научно-техническом центре коллективного пользования «Современные строительные материалы и технологии» ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова много лет проводятся экспериментальные исследования, направленные на получение и оптимизацию рецептуры высококачественного и долговечного бетона. Результаты проведенных исследований в этом направлении показали, что сырьевой потенциал республики позволяет получать высококачественные бетоны класса В40, а если расширить географию использования природных ресурсов регионами СКФО, то можно получить бетоны более высокой прочности.

Как было отмечено, получение высококачественных бетонов основано на управлении структурообразованием цементного камня через использование высокоактивных цемента. Но к сожалению, в России, и в частности в Чеченской Республике, такие цемента стали редкостью, а выпускаемые цементы ПЦ500 по своим свойствам уступают зарубежным аналогам. Поэтому особая роль в модификации структуры бетона придается реакционно-активным тонкоизмельченным минеральным компонентам природного и техногенного происхождения [5, 7].

В технологии бетона реакционно-активные минеральные добавки традиционно рассматриваются как компоненты, реализующие значительные резервы экономии цемента, повышения прочности, улучшения ряда других свойств бетона [5]. Их используют для получения композиционных вяжущих, и они могут быть разделены на две большие группы:

– минеральные добавки, обладающие гидравлическими свойствами (АМД);

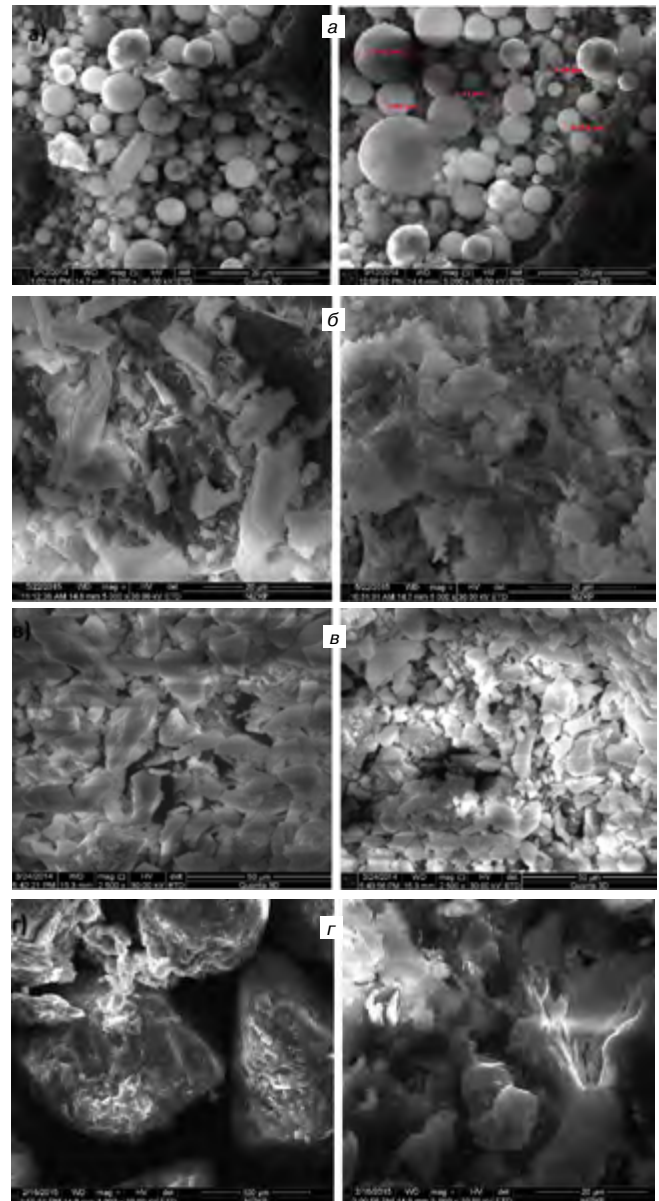


Рис. 3. Микроструктура: а – зольных микросфер ТЭЦ г. Грозного; б – частиц вулканического пепла; в – частиц известняковой муки; г – зерен песка Веденского месторождения

– добавки-наполнители, улучшающие зерновой состав и структуру затвердевшего цементного камня и бетона.

В качестве минеральных добавок первой группы применяют гранулированный шлак, природные или искусственные пуццоланы, топливные золы, микрокремнезем, вулканические горные породы, трепел, глиеж, обожженные сланцы и др. Ко второй группе относят добавки, способствующие улучшению порового пространства бетона, существенно не повышающие водопотребность

Таблица 2

Компонент	Удельная поверхность минеральных компонентов [8] (см ² /г) в зависимости от времени помола, мин		
	20	30	40
Известняковая мука	4240	6500	8400
Вулканический пепел	4350	6620	8760
Зола ТЭЦ	6600	7000	8090
Кварцевый порошок	3400	4600	6500

цемента, а также не снижающие долговечность бетона (доломит, известняк, кварцевый песок и др.).

В рамках работ, проводимых в этом направлении, разработаны рецептуры модифицированных бетонов с комплексным использованием композиционного вяжущего, в составе которого входят минеральные добавки различного происхождения, химической добавки Полипласт СП-1 и высококачественных фракционированных заполнителей.

Северный Кавказ обладает большими запасами природного сырья для развития данных разработок; месторождения известняков, доломитов, песчаников, вулканических горных пород, мелких кварцевых песков практически неисчерпаемы. Установлено, что известняковая мука содержит в своем составе частички кальцита, которые находясь в тонкодисперсном состоянии, будут равномерно распределяться в объеме цементной матрицы, тем самым микроармируя его изнутри [5]. Кроме того, за долгие годы функционирования промышленных предприятий и эксплуатации ТЭЦ накоплены тысячи тонн техногенного сырья, занимающие значительные территории и загрязняющие окружающую среду [6]. В первую очередь к ним относятся золошлаковые отходы, являющиеся ценным сырьем для производства композиционных вяжущих материалов.

Химический состав и основные свойства минеральных компонентов, использованных при проведении исследований в рамках настоящей работы, приведены в табл. 1.

Исследование зерен реакционно-активных тонкоизмельченных минеральных компонентов различного генезиса осуществлялось на растровом электронном микроскопе Quanta 3D 200 i с интегрированной системой микроанализа Genesis Apex 2 EDS от EDAX. Было выявлено, что поверхность зольных микросфер не содержит дефектов в виде наростов или трещин, имеются неровности различной формы и размеров, а у отдельных микросфер установлена закрытая пористость оболочек (рис. 3, а). Вулканический пепел имеет скрыто- или мелкокристаллическую структуру и большую пори-

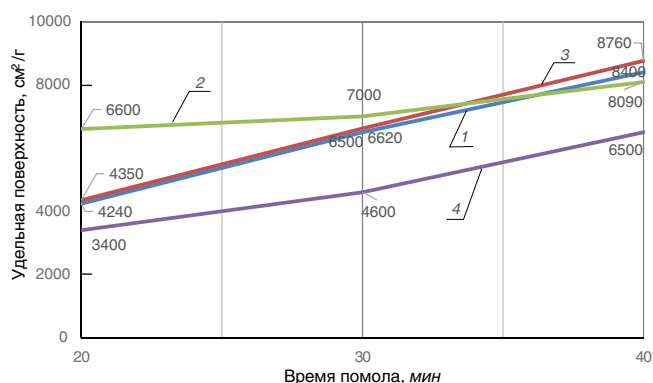


Рис. 4. Зависимость удельной поверхности минерального компонента от времени помола: 1 – известняковая мука; 2 – зола ТЭЦ; 3 – вулканический пепел; 4 – кварцевый порошок

стость, присущую эффузивным пирокластическим породам (рис. 3, б). Поверхность зерен известняковой муки представлена неровностями различной формы и размеров, установлена закрытая пористость оболочек у отдельных частиц (рис. 3, в). Частицы зерен кварцевого порошка имеют изометрические, осколочной формы частицы, возможно нарастание регенерационных каемок, имеющих оптическую ориентировку; иногда это приводит к восстановлению кристаллографических форм, преобладают микронные частицы, что свидетельствует о повышенной активности (рис. 3, г).

Для разработки составов композиционного вяжущего и степени наполнения системы портландцемент – минеральная добавка исследованные минеральные добавки подвергались помолу в лабораторной шаровой мельнице в течение 20, 30 и 40 мин. Удельная поверхность активных минеральных добавок определялась на приборе ПСХ-12 [8], результаты испытаний приведены в табл. 2. На рис. 4 представлена зависимость удельной поверхности минеральных добавок от времени помола.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что наиболее оптимальным можно считать время помола 30 мин; полученная удельная поверхность минеральных добавок создаст более плотную упаковку цементного камня, и водопотребность композиционного вяжущего не изменится.

Далее для выбора оптимального насыщения системы портландцемент–минеральная добавка (ПЦ:МД) приготавливались составы композиционных вяжущих в соотношении ПЦ:МД=70:30 и ПЦ:МД=60:40 и определялись свойства вяжущего (табл. 3).

Результаты проведенных исследований показали, что наиболее рациональными являются составы композиционных вяжущих с использованием минеральных

Таблица 3

Вяжущее	Соотношение ПЦ:МД	Нормальная густота, %	Активность, МПа
Портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н, ГУП «Чеченцемент» (3376 см ² /г)	100:0	25	52,2
Цемент + известняковая мука (6500 см ² /г)	70:30	25,5	53,7
Цемент + кварцевый порошок (4600 см ² /г)		24,6	55,3
Цемент + зола ТЭЦ (7000 см ² /г)		26,4	38,4
Цемент + вулканический пепел (6620 см ² /г)		25,2	58,1
Цемент + известняковая мука (6500 см ² /г)	60:40	25,8	42,1
Цемент + кварцевый порошок (4600 см ² /г)		27	44,2
Цемент + зола ТЭЦ (7000 см ² /г)		26,6	34,6
Цемент + вулканический пепел (6620 см ² /г)		27	46,7

Таблица 4

Песок Алагирского месторождения фракции 0–5 мм							
Показатель		Значение					
Зерновой состав песка	Размер сит, мм	5	2,5	1,25	0,63	0,135	0,16
	Частные остатки, %	0,9	17,4	12,3	25,8	30,5	10,5
	Полные остатки, %	0,9	18,3	30,6	56,4	86,9	97,4
Модуль крупности		2,87					
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %		0,9					
Истинная плотность зерен, кг/м³		2690					
Насыпная плотность, кг/м³		1450					
Пустотность песка, %		45,8					
Щебень Алагирского месторождения фракции 5–20 мм							
Показатель		Значение					
Зерновой состав щебня	Размер сит, мм	12,5	10	7,5	5	<5	
	Частные остатки, %	0,0	9,2	38,6	42,5	9,3	
	Полные остатки, %	0,0	9,2	47,8	90,3	99,6	
Определение прочности щебня		М1200					
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %		0,8					
Истинная плотность зерен, кг/м³		2700					
Насыпная плотность, кг/м³		1450					
Содержание дробленых зерен, %		85,2					
Определение содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм, %		12,2					
Пустотность щебня, %		44,9					

добавок из вулканического пепла и кварцевого порошка с соотношением 70:30, с удельной поверхностью 8760 см²/г и 6500 см²/г соответственно, при этом характерен максимальный прирост активности вяжущего и незначительное увеличение нормальной густоты, а также возможна экономия до 30% портландцемента.

Далее приготавливались формовочные смеси, в составы которых входили разработанные рецептуры композиционного вяжущего на исследованных минеральных добавках (ПЦ:МД=70:30%). Как было отмечено

ранее, для получения высококачественных бетонов необходимы качественные и прочные заполнители. Ввиду того, что в Чеченской Республике отсутствует такой заполнитель, кубовидный щебень из гранит-диабазовых пород фракции 5–10 и 10–20 мм приобретался для испытаний из РСО-Алания. Мелкий заполнитель был получен фракционированием кварцево-полевошпатового песка $M_{кр}=2,8$ – ГОСТ 8736 Алагирского месторождения с мелким кварцевым песком $M_{кр}=1,8$ Червленского месторождения – ГОСТ 8736 в соотношении 75:25, ко-

Таблица 5

№ состава	Расход материалов, кг/м³									В/Ц
	ПЦ	Щ	П	В	Д	Реакционно-активный компонент				
						ИМ	ВП	З	КП	
1	315	1120	780	167	3,9	135	–	–	–	0,37
2	315	1120	780	171	3,9	–	135	–	–	0,38
3	315	1120	780	176	4,2	–	–	135	–	0,39
4	315	1120	780	162	3,8	–	–	–	135	0,36
5	336	1100	790	178	3,9	144	–	–	–	0,37
6	336	1100	790	180	3,9	–	144	–	–	0,38
7	336	1100	790	187	4,2	–	–	144	–	0,39
8	336	1100	790	173	3,8	–	–	–	144	0,36
9	450	1120	780	162	3,5	–	–	–	–	0,36
10	480	1100	790	178	3,4	–	–	–	–	0,37

Примечание. ПЦ – портландцемент; Щ – алагирский щебень фракции 5–20 мм; П – фракционированный мелкий заполнитель на основе кварцево-полевошпатового песка Алагирского месторождения и песка Червленского месторождения; Д – добавка Полипласт СП-1 в % от массы цемента; ИМ – известняковая мука; ВП – вулканический пепел; З – зола ТЭЦ г. Грозного; КП – кварцевый порошок.

Таблица 6

№ состава	Подвижность смеси, ОК, см	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа		
			После ТВО	Через 27 сут после ТВО	В возрасте 28 сут естественного твердения
1	5	2353	45,7	47,6	46,2
2	5	2358	54,1	56,6	52,8
3	6	2350	42,2	42,8	42,4
4	5	2352	52,3	54,7	51,6
5	5	2516	52,1	53,4	50,5
6	5	2518	55,8	58,9	55,2
7	6	2510	45,1	48,9	44,3
8	5	2516	53,9	56,8	54,7
9	6	2370	50,1	50,5	44,2
10	6	2382	51,8	52,3	46,8

торое было принято в результате экспериментальных исследований. Основные свойства заполнителей Алагирского месторождения приведены в табл. 4.

Из исследованных компонентов была получена бетонная смесь с осадкой конуса от 5 до 10 см, что соответствует марке по подвижности П2. Из бетонной смеси каждого состава формовалось 9 образцов-кубов с ребром 10 см, из них 6 образцов подвергались тепло-влажностной обработке в пропарочной камере по режиму 2+3+7+2 ч при температуре изотермической выдержки 80°C, остальные подвергались естественному твердению в течение 28 сут. В табл. 5 приведены экспериментальные составы исследуемых бетонов, а результаты испытаний показаны в табл. 6.

Анализ табл. 6 показал, что прочностные характеристики бетона изменяются как в зависимости от вида применяемого тонкоизмельченного минерального наполнителя, так и от расхода вяжущего. Установлено, что прочность бетона сразу после пропаривания, так же как и на 27-е сут последующего твердения, незначительно превышает показатели прочности бетона естественного твердения.

Проанализировав данные, можно сделать следующие заключения: бетоны, приготовленные по разработанным рецептурам, можно использовать при монолитном строительстве; композиционное вяжущее, разработанное с использованием вулканического пепла, показало лучшие результаты испытаний прочности при сжатии в сравнении с бетоном на бездобавочном портландцементе [7].

Параллельно проводились эксперименты по определению прочности на растяжение при чистом изгибе. Составы бетона и характеристики бетонной смеси приведены в табл. 5. Выдержка образцов-призм 10×10×40 см производилась в пропарочной камере по режиму: 2+3+7+2 ч при температуре изотермической выдержки 80°C. Испытания производились по ГОСТ 10180–78, нагружение образцов производилось двумя равными

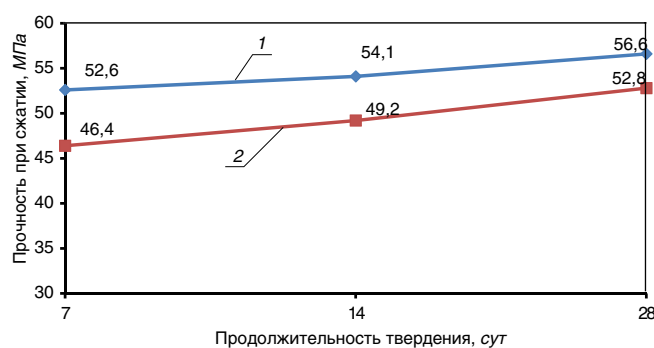


Рис. 5. Кинетика набора прочности бетона при различных условиях твердения через: 1 – 27 сут после ТВО; 2 – 28 сут нормального твердения

сосредоточенными силами. Переходной коэффициент от сопротивления бетона растяжению при изгибе к одноосному растяжению принят равным 0,58, а к прочности образцов базового размера 15 см принят равным 1,05. Результаты испытаний приведены в табл. 7, а на рис. 5 изображена кинетика набора прочности бетона при различных условиях твердения.

Сопоставляя полученные результаты прочности бетонов на осевое растяжение с нормативными (СНиП 2.03.01–84), необходимо отметить их увеличение на 19–60%. При этом наблюдается значительное превышение показателей бетонов на композиционном вяжущем с применением реакционно-активной тонкоизмельченной минеральной добавки из вулканического пепла.

Применение композиционного вяжущего благоприятно сказывается на основных физико-механических свойствах бетона, например значение отношения призмной прочности к кубиковой значительно превышает аналогичный показатель с использованием неуплотненных вяжущих веществ.

Таблица 7

№ состава (табл. 6)	Прочность бетона при сжатии в возрасте 28 сут, МПа	Прочность бетона на растяжение при изгибе, в возрасте 28 сут, МПа	Сопротивление бетона одноосному растяжению в возрасте 28 сут, МПа	Нормативное сопротивление бетона одноосному растяжению в 28 сут, МПа	$K = R_p / R^H_p$
1	46,2	3,13	1,98	1,32	1,5
2	52,8	3,96	2,3	1,44	1,6
3	42,4	2,87	1,57	1,14	1,37
4	51,6	3,42	2,11	1,35	1,56
9	44,2	2,91	1,63	1,13	1,44

Таблица 8

Показатель	Реакционно-активный компонент			
	ИМ	ВП	З	КП
Рецептура КВ, %	70:30	70:30	70:30	70:30
Активность КВ, МПа	53,7	58,1	38,4	55,3
Предел прочности при сжатии, МПа	46,2	52,8	42,4	51,6
Предел прочности при изгибе, МПа	3,13	3,96	2,87	3,42
Пористость, %	9,7	7,6	12,4	6,9
Морозостойкость, цикл	F300	F350	F200	F350
Выдерживаемое давление, МПа	1,4	1,6	1,2	1,8
Водопоглощение, %	4,2	3,5	5,2	3,6
Водостойкость, K_p – коэффициент размягчения	0,79	0,89	0,63	0,9

Список литературы

1. Баженов Ю.М. Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: АСВ, 2006. 289 с.
2. Муртазаев С.-А.Ю., Исмаилова З.Х. Использование местных техногенных отходов в мелкозернистых бетонах // *Строительные материалы*. 2008. № 3. С. 57–58.
3. Муртазаев С.-А.Ю., Саламанова М.Ш., Алиев С.А., Бисултанов Р.Г. Горные породы вулканического происхождения как заполнители для получения легких бетонов // *Научное обозрение*. 2015. № 7. С. 105–113.
4. Муртазаев С.-А.Ю., Саламанова М.Ш., Ватаев У.В. Цементная промышленность Чеченской Республики // *Вестник Академии наук ЧР*. 2014. № 1 (22). С. 109–114.
5. Саламанова М.Ш., Исмаилов З.Х. Формирование структуры и свойств эффективных модифицированных бетонов. *Актуальные вопросы в научной работе и образовательной деятельности: Материалы международной заочной научно-практической конференции*. Тамбов: 2014. С. 141–145.
6. Саламанова М.Ш., Тулаев З.А., Габашев А.А. Высококачественный бетон с использованием наполнителей из техногенного сырья. *Материалы XVII международной межвузовской научно-практической конференции молодых ученых*. М.: МГСУ. 2014. С. 1062–1065.
7. Саламанова М.Ш., Алиев С.А., Успанова, А.С. Габашев А.А. Влияние природных мелких и очень мелких песков на основные показатели многокомпонентных бетонов. *Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук. Баженова Юрия Михайловича*. (Электронный ресурс). Белгород. 2015. 9 с.
8. Муртазаев С.-А.Ю. Саламанова М.Ш., Бисултанов Р.Г. Влияние тонкодисперсных микронаполнителей из вулканического пепла на свойства бетонов. *Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»*. Грозный: ГГНТУ. Т. 1. С. 171–176.
9. Саламанова М.Ш., Сайдумов М.С., Муртазаева Т.С.-А., Хубаев М. С.-М. Высококачественные модифицированные бетоны на основе минеральных добавок и суперпластификаторов различной природы // *Инновации и инвестиции*. 2015. № 8. С. 159–163.

Изучение эксплуатационных характеристик, таких как водостойкость, морозостойкость и водонепроницаемость, показало, что все эти свойства зависят от состава композиционного вяжущего и его активности, а также от вида и значения показателя пористости материала (табл. 8).

Таким образом, проанализировав результаты проведенных исследований, выявлена эффективность модификации структуры бетона реакционно-активным тонкоизмельченным минеральным компонентом природного и техногенного происхождения в комплексе с химической добавкой Полипласт СП-1. Данные разработки позволяют получать высококачественные бетоны класса по прочности В40 для монолитного строительства, в том числе и высотного. Предложенные рецептуры бетона позволяют принимать экономически оправданные решения, но при этом они не снижают надежность и эксплуатационную долговечность бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

References

1. Bazhenov Yu.M. Dem'yanova V.S., Kalashnikov V.I. Modifitsirovannye vysokokachestvennye betony [Modified high-quality concrete]. Moscow: ASV. 2006. 289 p.
2. Murtazaev S-A.Yu., Ismailova Z.Kh. Using local technogenic waste in fine grained concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2008. No. 3, pp. 57–58. (In Russian).
3. Murtazaev S-A.Yu., Salamanova M.Sh., Aliev S.A., Bisultanov R.G. The rocks of volcanic origin as placeholders for lightweight concrete. *Nauchnoe obozrenie*. 2015. No. 7, pp. 105–113. (In Russian).
4. Murtazaev S-A.Yu., Salamanova M.Sh., Vataev U.V. The cement industry of the Chechen Republic. *Vestnik Akademii nauk Chechenskoy Respubliki*. 2014. No. 1 (22), pp. 109–114. (In Russian).
5. Salamanova M.Sh., Ismailov Z.Kh. Structure formation and properties of an effective modified concrete. *Topical issues in scientific research and educational activities: Proceedings of the International correspondence scientific-practical conference*. Tambov. 2014, pp. 141–145. (In Russian).
6. Salamanova M.Sh., Tulaev Z.A., Gabashev A.A. High-quality concrete with the use of fillers from man-made materials. *Articles XVII International interuniversity scientific-practical conference of young scientists*. Moscow: MGSU. 2014, pp. 1062–1065. (In Russian).
7. Salamanova M.Sh., S.A. Aliev, Usanova A.S., Gabashev A.A. Influence of natural fine and very fine sand on the basic parameters of multicomponent concretes. *Scientific-practical conference devoted to the 85th anniversary of the honored worker of science of the Russian Federation, academician RAASN, Doctor of Technical Sciences, Yuri Mikhailovich Bazhenov* (Electronic resource). Belgorod. 2015. 9. (In Russian).
8. Murtazaev S-A.Yu. Salamanova M.Sh., Bisultanov R.G. Influence of fine microfillers of volcanic ash on the properties of concrete. *Collected papers of the international scientific-practical conference dedicated to the 95th anniversary of "Grozny State Oil Technical University named after academician M.D. Millionshtchikov"*. Grozny: GGNTU. Vol. 1, pp. 171–176. (In Russian).
9. Salamanova M.Sh., Saidumov M.S., Murtazaeva T.S.-A., Khubaev M. S.-M. High-modified concrete on the basis of mineral admixtures and superplasticizer different nature. *Innovatsii i investitsii*. 2015. No. 8, pp. 159–163. (In Russian).

Б.П. ЮРЬЕВ¹, канд. техн. наук (yurev-b@mail.ru), В.А. ГОЛЬЦЕВ¹, канд. техн. наук, В.А. МАЛЫЦЕВ¹, д-р техн. наук; В.А. САВИН², инженер, начальник производственно-технического отдела (head@pto.uralasbest.ru)

¹ Уральский федеральный университет имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина (620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19)

² ОАО «Ураласбест» (624261, Свердловская обл., г. Асбест, ул. Уральская, 66)

Сушка хризотиловой руды в вертикальных аппаратах шахтного типа

Рассмотрена работа шахтных печей комбината ОАО «Ураласбест», предназначенных для сушки асбестовой руды и имеющих различные схемы движения газоздушных потоков и материала: по противоточной схеме и по комбинированной схеме, когда часть газов из топки обводным путем подается через байпас в верхнюю часть шахты. На основе информации о распределении температуры в газоздушных потоках и потоках материала по высоте шахт, данных о скорости и расходе теплоносителя, изменении влажности руды, составлены и проанализированы тепловые балансы при работе шахтных печей на руде с различным содержанием влаги. Показано, что при влажности руды меньше 6% для качественной сушки вполне достаточен подвод теплоты только на один горизонт (печь работает по противоточной схеме). При более высокой влажности необходим подвод теплоты как минимум к двум горизонтам слоя: сверху – с фильтрацией теплоносителя вниз и снизу – с фильтрацией теплоносителя вверх (печь работает по комбинированной схеме). Отмечены недостатки в работе шахтных печей и даны рекомендации, реализация которых позволит оптимизировать процесс сушки и получать конечный продукт высокого качества и с минимальными затратами топлива и электроэнергии.

Ключевые слова: шахтная печь, асбестовая руда, сушка, влага, температура, исследование.

B.P. JUR'EV¹, Candidate of Sciences (Engineering) (yurev-b@mail.ru), V.A. GOL'CEV¹, Candidate of Sciences (Engineering),

V.A. MAL'CEV¹, Doctor of Sciences (Engineering); V.A. SAVIN², Engineer (head@pto.uralasbest.ru)

¹ Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin (19, Mira Street, Ekaterinburg, 620002, Russian Federation)

² JSC «Uralasbest» (66, Uralskaya Street, Asbest, Sverdlovsk Region, 624261, Russian Federation)

Drying of asbestos ore in vertical shaft type devices

Work of the Uralasbest plant shaft furnaces intended for drying asbestos ore and with different movement scheme and flows of gas-air material are considered. Some furnaces operates countercurrent scheme and the other furnaces on the combined scheme when part of the gases from the furnace is fed through the bypass to the top of the shaft. On the basis of the information obtained in the course of industrial research in shaft furnaces, the temperature distribution in the gas-flow and material flow adjustment shafts, data speeds and coolant flow rate, humidity changes ore the thermal balance in the shaft furnaces ore with different moisture contents are compiled and analyzed. It is shown that the ore humidity less than 6% is sufficient for the drying quality by supply of heat to only one horizon (the furnace is working on countercurrent scheme). At higher humidity heat input is required to at least two horizons layers: top-filtered coolant down and bottom-up filtering coolant (the furnace works on the combined scheme). Shaft furnace disadvantages are noted and recommendations, implementation of which will allow to optimize the drying process, and to obtain high quality final product with minimal cost of fuel and electricity.

Keywords: shaft furnace, asbestos ore, drying, moisture, temperature, research.

Применяемые в настоящее время методы извлечения из руды асбестового волокна дают удовлетворительные результаты только при влажности руды не выше 2%, что вызывает необходимость предварительной сушки. Сушку осуществляют в вертикальных шахтных печах (сушилках), имеющих вертикальную шахту с многорядными колосниками и выносную топку с топливосжигающими устройствами. Получение высушенной руды достаточно высокого качества при пониженном уровне энергетических затрат на передел обеспечивается совершенствованием схемы подвода теплоты к обрабатываемому слою, способами получения теплоносителя с заранее заданной температурой и уменьшением в системе подсосов воздуха из окружающей среды.

Целью данной работы и являлась оптимизация сушки руды в вертикальных аппаратах шахтного типа ОАО «Ураласбест».

Проведенный анализ работ, посвященных вопросам сушки материалов, показал, что они в основном относятся либо к теоретическим аспектам процесса сушки [1–5], либо к исследованию шахтных печей [6–10] без серьезных теплотехнических испытаний процесса сушки, а это не позволяет оценить достоинства и недостатки той или иной схемы движения теплоносителей.

Принципиальные схемы шахтных печей различных модификаций представлены на рисунке. Все эти модификации, в том числе первоначальная (см. ниже), вы-

полнены на базе печи с основными конструктивными параметрами, представленными в табл. 1. Первоначальная конструкция шахтной печи выполнена без обводных трубопроводов 8 (см. рисунок, а) и байпасной линии 7 (см. рисунок, б), т. е. представляла собой обычную противоточную печь с нижней (через один горизонт) подачей теплоносителя.

Схема движения материала во всех модификациях печи одинакова: материал загружают через герметичное устройство 1, опускают сверху вниз по шахте 3, оснащенной колосниками, и разгружают через решетку 4 и узел разгрузки 6. Расположенные внутри шахты колосники и частично решетка 4 предназначены для равномерного распределения руды по всему сечению шахты, замедления падения частиц и увеличения времени пребывания руды в печи.

Схема подвода теплоты к обрабатываемому слою, определяемая способом принудительного отвода теплоносителя из топки 5 к шахте 3, в опробуемых вариантах печи была следующей. В первоначальной конструкции печи теплоноситель подавали только на одном горизонте слоя под решетку 4 и отводили через патрубок 2.

В противоточной печи с обводным трубопроводом 8 (см. рисунок, а) поток теплоносителя подводят на трех горизонтах слоя – под решетку 4, в середине опускающегося столба руды и под поверхность руды в месте ее загрузки. В шахте 3 все газопотоки объединяют и отводят через патрубок 2.

Таблица 1

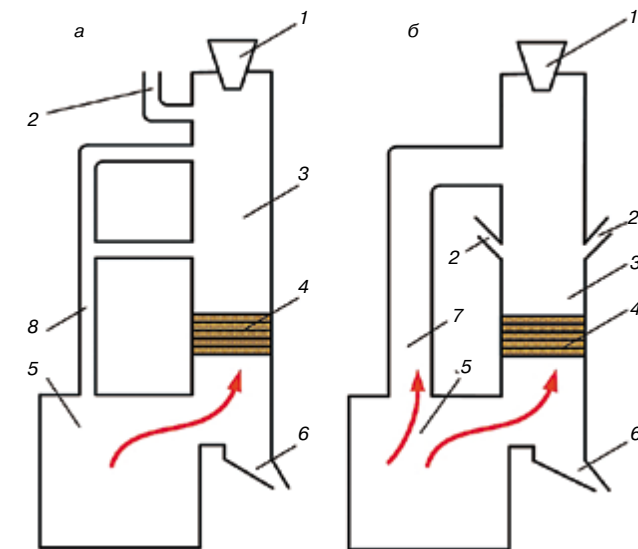
Основные конструктивные параметры шахтных печей
ОАО «Ураласбест»

Параметры	Размерность	Величина
Длина	м	2
Ширина	м	2
Высота	м	18
Объем печи (общий)	м ³	72
Рабочий объем печи	м ³	50
Объем топочной камеры	м ³	26
Тип горелок		ГМГ-4
Количество колосников	шт.	до 510
Схема размещения колосников		перекрестная
Расстояние между колосниками по ширине	мм	200
по высоте	мм	200–300

Таблица 2

Технические характеристики шахтных печей ОАО «Ураласбест»
(по результатам промышленных испытаний)

Параметры	Исходная влажность руды, %	
	3–5,9	6–14
Производительность печи, т/ч	до 120	до 120
Конечная влажность руды, %	0,5–1,6	0,5–1,6
Пропускная способность горелки ГМГ-4 по газу, м ³ /ч	450	450
Удельный расход газа, м ³ /т руды:		
в летнее время	3–3,9	–
в зимнее время	5,5–6,1	–
Расход вентиляционного воздуха, тыс. м ³ /ч	5–9	до 15
Выход из печи отработанных газов, тыс. м ³ /ч	77–84	77–84
Активная высота теплообмена, м	2,2	4,5
Достигнутый влагосъем, г/(м ³ ·с):		
средний	48	–
предельный	170	–
Полезный объем печи, м ³	25	45–60
Количество горизонтов подвода теплоносителя, ед.	1	2
Температура руды на выходе, °С	60–70	60–70
Температура теплоносителя на входе в слой, °С:		
в верхней части печи	400–500	450–600
в нижней части печи	до 250	до 250
Температура отработанных газов, °С	70–160	70–160



Схемы шахтных печей с противоточной (а) и комбинированной (б) схемами движения газовоздушных потоков: 1 – узел загрузки; 2 – газоотводящие каналы; 3 – шахта; 4 – решетка; 5 – топка; 6 – узел загрузки; 7 – байпас; 8 – трубопровод

В комбинированной печи с байпасной линией (см. рисунок, б) теплоноситель подводят на двух горизонтах слоя – под решетку 4 и под поверхность загружаемого слоя. В верхней половине печи теплоноситель движется сверху вниз, а в нижней половине печи – снизу вверх. Отвод отработанного газа производят на стыке верхней и нижней частей печи через патрубок 2.

Промышленное опробование модификаций печи показало следующее:

- при исходной влажности руды до 5,9% для ее качественной сушки достаточен подвод теплоносителя только на один горизонт слоя (табл. 2), например под решетку 4. Активная высота теплообмена составляет 2,2 м, а сама шахтная печь загружена только на 1/3–1/2 высоты столба руды;

- при повышенной исходной влажности руды (свыше 6%) для получения руды после сушки с содержанием 0,5–1,6% влаги необходим подвод теплоносителя по крайней мере к двум горизонтам слоя: сверху с фильтрацией теплоносителя вниз и снизу с фильтрацией теплоносителя вверх, что и реализовано в комбинированной схеме отопления шахтной печи;

- организация прямоточного движения теплоносителя и материала в верхней половине печи позволяет повысить температурный потенциал теплоносителя до 450–600°C на входе в слой, т. е. существенно интенсифицировать процесс сушки;

- в нижнюю часть слоя (под решетку 4), т. е. на участки с уже в значительной мере подсушенной рудой, подача теплоносителя с высокой температурой недопустима, так как вследствие фазовых превращений происходит понижение прочности асбестовых волокон, истирание их в порошок и понижение выхода годного. Температура теплоносителя, подаваемого в нижнюю часть слоя, не должна превышать 200–250°C;

- одновременная подача теплоносителя на два и более горизонта слоя потребовала организации равномерного распределения руды – в противном случае часть слоя сушится неэффективно и качество готовой продукции понижается. Однако при наличии только одного устройства для получения теплоносителя (топки) такое разделение потоков осложнено: большая часть теплоносителя (более 90%) поступает в верхнюю половину печи. В таких условиях представляется целесообразным автономная подача теплоносителя на каждый горизонт

слоя либо установка специального делителя потока теплоносителя;

- анализ аэродинамической характеристики шахтной печи выявил несоответствие между количеством теплоносителя на входе в печь и количеством отработанного теплоносителя на выходе из печи.

Таблица 3

Тепловой баланс шахтной печи для сушки асбестовой руды с исходной влажностью 2,5%

Приход теплоты			Расход теплоты		
Статьи баланса	кВт	%	Статьи баланса	кВт	%
Физическая теплота загружаемого материала	47,2	0,95	Физическая теплота уходящих газов	1394,4	27,87
Физическая теплота воздуха	302,7	6,05	Физическая теплота разгружаемой руды	1338,8	26,76
Химическая теплота сжигаемого топлива	4652,7	93	Затраты теплоты на испарение влаги	1536,1	30,71
			Потери теплоты в окружающую среду	663,9	13,27
			Прочие потери и невязка баланса	69,4	1,39
Итого	5002,6	100	Итого	5002,6	100

Примечания. 1. Данные настоящей таблицы могут быть использованы для руды с исходной влажностью до 4%. 2. Потери теплоты через кладку в топке и в байпасной линии составляют 9,1% (452,7 кВт). 3. Расход природного газа – 500 м³/ч.

Действительно, все газоподающие элементы печи (топка 5, обводной трубопровод 8 и байпасная линия 7) находятся под давлением. В результате подсосов воздуха в них из окружающей среды нет и в печь поступает не более 15 тыс. м³/ч теплоносителя, образующегося непосредственно в топке. В то же время количество отводимых из печи газов составляет 77–84 тыс. м³/ч. Следовательно, количество подсоса воздуха из окружающей среды через загрузочное и разгрузочное устройства превышает количество необходимого для процесса сушки теплоносителя в 5,1–5,6 раза. Это приводит к повышенному расходу природного газа на передел в результате больших потерь теплоты с уходящими газами, к увеличению расхода электроэнергии для удаления из печи больших объемов избыточных газов, ухудшению экологической обстановки в местах расположения шахтных печей из-за повышенной запыленности газов и снижению эффективности работы газоочистных сооружений (рукавных фильтров). Эти негативные последствия эксплуатации шахтных печей могут быть устранены при снижении величины подсоса воздуха в печь. Принято считать, что допустимое количество подсоса в любой тепловой агрегат, в том числе и в шахтную печь, не должно превышать количества, необходимого для процесса потока теплоносителя. Это достигается прежде всего приведением в соответствие аэродинамической характеристики газоотводящего тракта и дымохода с аэродинамической характеристикой собственно шахтной печи, а также, что является вторичной и более сложной задачей, повышением степени герметичности отдельных узлов печи. В условиях ОАО «Ураласбест» первоочередной задачей представляется наладка аэродинамики всей системы печи;

– использование в системе шахтных печей выносной топки большого объема (26 м³) приводит к повышенному расходу природного газа на процесс сушки в результате затрат теплоты на разогрев футеровки и потерь теплоты через стенки топки в окружающую среду; к понижению коэффициента использования оборудования из-за значительных затрат времени на разогрев футеровки и ограниченного числа ее теплосмен; увеличению ремонтных затрат на замену футеровки; созданию в топке условий для образования токсичных оксидов азота из-за разогрева внутренней поверхности футеровки до 700 °С и выше. Перечисленные факторы делают нецелесообразным дальнейшую эксплуатацию выносных топок, работающих в комплексе с шахтными печами.

Ниже проведен анализ работы шахтных печей на основе изучения их тепловых балансов. Для получения необходимой дополнительной информации для составления тепловых балансов были проведены теплотехнические исследования на шахтных печах. Измерялись

температура газовоздушных потоков и материала по высоте шахты, скорости газовоздушных потоков, их расходы, включая расход воздуха, подаваемого для горения природного газа. Рассчитывались величины подсосов холодного воздуха в печь. Отбирались пробы руды для определения влажности.

Шахтные печи для сушки асбестовой руды по входным и аэродинамическим параметрам работают в нестабильных условиях. Особенно большие колебания (от 2 до 14%) по исходной влажности руды происходят при загрузке ее в печь. Такая нестабильность требует составления теплового баланса для каждого конкретного случая. В настоящей работе составлены тепловые балансы (табл. 3–6) для крайних режимов эксплуатации печи – для режима сушки руды с исходной влажностью 2,5% (табл. 3 и 4) и с влажностью 12% (табл. 5 и 6).

Тепловые балансы (табл. 3 и 5) отражают подлинные эмпирические данные, полученные при теплотехническом обследовании промышленных шахтных печей. Эти печи имеют устаревшую систему сжигания топлива в выносной топке и систему частичной транспортировки продуктов сгорания по байпасной линии. Тепловые балансы (табл. 4 и 6) составлены для шахтных печей с их предполагаемой реконструкцией, включающей демонтаж выносной топки и байпасной линии, установку на двух горизонтах печи современных экологически чистых теплогенераторов с двухступенчатой подготовкой теплоносителя. Эти агрегаты устанавливаются вместо выносной топки и в верхней части байпасной линии. Кроме того, новая система отопления шахтной печи включает изменение и наладку аэродинамической характеристики при эксплуатации шахтной печи и ее газоотводящего тракта.

Анализ табл. 3–6 показал следующее:

– неоправданно завышенные величины затратных частей теплового баланса, связанные с расходом топлива на разогрев подсасываемого в систему балластного атмосферного воздуха, на разогрев футеровки выносной топки и байпасной линии, с потерями теплоты излучением от стенок топки и байпасной линии. Эти потери теплоты практически полностью устраняются при реализации на шахтной печи с новой системой отопления;

– расход природного газа на одну печь с новой системой отопления на 115–120 м³/ч ниже, чем в печи со старой системой отопления. Данное обстоятельство обусловлено сокращением потерь теплоты с уходящими газами в 2,5–2,7 раза и понижением потерь теплоты излучением от стенок топки и байпасной линии в 3–3,2 раза;

– удельный расход природного газа на передел определяется преимущественно влажностью загружаемой

Таблица 4

Предполагаемый тепловой баланс шахтной печи для сушки асбестовой руды с исходной влажностью 2,5%

Приход теплоты			Расход теплоты		
Статьи баланса	кВт	%	Статьи баланса	кВт	%
Физическая теплота загружаемого материала	47,2	1,28	Физическая теплота уходящих газов	522,2	14,16
Физическая теплота воздуха	116,7	3,16	Физическая теплота разгружаемой руды	1336,1	36,22
Химическая теплота сжигаемого топлива	3525	95,56	Затраты теплоты на испарение влаги	1536,1	41,64
			Потери теплоты в окружающую среду	208,3	5,65
			Прочие потери и невязка баланса	86,1	2,33
Итого	3688,9	100	Итого	3688,9	100

Примечания: 1. Расход сжигаемого природного газа 380 м³/ч. 2. Тепловой баланс составлен при установке на печи теплогенератора нового поколения.

Таблица 5

Предполагаемый тепловой баланс шахтной печи для сушки асбестовой руды с исходной влажностью 12%

Приход теплоты			Расход теплоты		
Статьи баланса	кВт	%	Статьи баланса	кВт	%
Физическая теплота загружаемого материала	47,2	0,49	Физическая теплота уходящих газов	1394,4	14,46
Физическая теплота воздуха	302,8	3,14	Физическая теплота разгружаемой руды	1338,9	13,89
Химическая теплота сжигаемого топлива	9291,7	96,37	Затраты теплоты на испарение влаги	6141,7	63,7
			Потери теплоты в окружающую среду	663,9	6,88
			Прочие потери и невязка баланса	102,8	1,07
Итого	9641,7	100	Итого	9641,7	100

Примечания: 1. Расход природного газа 1000 м³/ч. 2. Данный баланс не учитывает физическую теплоту вентиляторного воздуха на сжигание топлива. 3. Данные по затратам теплоты на испарение влаги получены расчетным путем.

Таблица 6

Предполагаемый тепловой баланс шахтной печи для сушки асбестовой руды с исходной влажностью 12%

Приход теплоты			Расход теплоты		
Статьи баланса	кВт	%	Статьи баланса	кВт	%
Физическая теплота загружаемого материала	47,2	0,57	Физическая теплота уходящих газов	522,2	6,27
Физическая теплота воздуха	116,7	1,4	Физическая теплота разгружаемой руды	1338,9	16,08
Химическая теплота сжигаемого топлива	8163,9	98,03	Затраты теплоты на испарение влаги	6141,7	73,75
			Потери теплоты в окружающую среду	208,3	2,5
			Прочие потери и невязка баланса	116,7	1,4
Итого	8327,8	100	Итого	8327,8	100

Примечания: 1. Расход природного газа 884 м³/ч. 2. Баланс составлен при установке на печи теплогенератора нового поколения.

руды. В зависимости от влажности расход топлива может меняться в два раза. Представляется целесообразным для оценки экономичности работы шахтных печей либо использование эмпирических номограмм типа «влажность загружаемой руды – расход природного газа на сушку 1 т руды», либо относить расход топлива на единицу массы влаги в исходной руде.

Все перечисленное позволяет сформулировать следующие рекомендации по совершенствованию работы шахтных печей.

1. Все шахтные печи для сушки хризотилловой руды целесообразно реконструировать и перевести на современную систему отопления.

2. Целесообразно разработать и внести в технологическую инструкцию рабочие графики и номограммы, устанавливающие нормы расхода топлива для руд с различной исходной влажностью, возможно индивидуально для каждой печи.

Выводы.

Проведен анализ работы шахтных печей ОАО «Урал-асбест», предназначенных для сушки хризотилловой руды. Установлено, что для сохранения природной прочности хризотилового волокна необходимо высокотемпературный теплоноситель подавать под поверхность загружаемого слоя, а низкотемпературный теплоноситель – в нижнюю часть печи. При исходной влажности руды ниже 6% следует теплоноситель подавать на один нижний горизонт слоя руды (печь работает в режиме противотока), что будет сопровождаться снижением расхода природного газа. Для снижения энергетических и материальных затрат на передел необходимо привести режим эксплуатации газоотводящего тракта в соответствие с аэродинамическими характеристиками печей и заменить выносные топки с горелками на современные теплогенераторы с двухступенчатой схемой подготовки теплоносителя.

Список литературы

1. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 472 с.
2. Федосов С.В. Тепломассоперенос в технологических процессах строительной индустрии. Иваново: ИПК «Пресс то», 2010. 364 с.
3. Лебедев В.В., Липин А.Г., Кириллов Д.В. Моделирование процесса сушки водорастворимого полимера в терморadiационной сушилке // *Современные наукоемкие технологии*. 2010. № 1 (21). С. 57–62.
4. Лебедев В.В., Липин А.Г., Кириллов Д.В., Шабров А.А. Сушка полимерного геля, сопровождающаяся усадкой материала // *Известия вузов. Химия и химическая технология*. 2009. Т. 52. Вып. 12. С. 102–105.
5. Chung F.S. Mathematical model and optimization of drying process for a through–hcirculation dryer. *Canad. J.Chem. Eng.*, 1972. Vol. 50. No.5. p. 657–662.
6. Долматова М.О., Лисовая Г.К., Ермаков А.А. Интенсификация процесса сушки в трубах-сушилах со вставками // *Вестник УГТУ–УПИ. Серия химическая*. 2003. № 3 (23). С. 164–166.
7. Газалеева Г.И., Кочелаев В.А., Осинцев А.А. Совершенствование технологии производства асбеста // *Горный журнал*. 2005. № 8. С. 24–28.
8. Газалеева Г.И. Методы улучшения качества асбеста. Екатеринбург: УГТУ, 2005. 153 с.
9. Газалеева Г.И. Проектирование комбинированных принципиальных схем на основе перебора концентратных фракций // *Известия вузов. Горный журнал*. 1987. № 5. С. 123–128.
10. Козин В.З., Газалеева Г.И., Кованова Л.И. Опробование руды на асбестообогащительных фабриках // *Известия вузов. Горный журнал*. 2005. № 5. С. 100–107.

References

1. Lykov A.V. Teoriya sushki [Theory of Drying] Moscow: Energiya, 1968. 472 p.
2. Fedosov S.V. Teplomassopereenos v tekhnologicheskikh protsessakh stroi-tel'noj industrii [Heat and mass transfer processes in the construction industry] Ivanovo: IPK «Press to», 2010. 364 p.
3. Lebedev V.V., Lipin A.G., Kirillov D.V. Modelling of the water-soluble polymer drying process in the thermoradiative dryer. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2010. No. 1 (21), pp. 57–62. (In Russian).
4. Lebedev V.V., Lipin A.G., Kirillov D.V., Shabrov A.A. Drying the polymer gel, accompanied by shrinkage of the material. *Izvestiya vuzov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*. 2009. T. 52. V. 12, pp. 102–105. (In Russian).
5. Chung F.S. Mathematical model and optimization of drying process for a through–hcirculation dryer. *Canad. J.Chem. Eng.*, 1972. Vol. 50. No. 5, pp. 657–662.
6. Dolmatova M.O., Lisovaya G.K., Ermakov A.A. The intensification of the drying process in the pipes-dryers with inserts. *Vestnik UGTU–UPI, Seriya Khimicheskaya*. 2003. No. 3 (23), pp.164–166. (In Russian).
7. Gazaleeva G.I., Kochelaev V.A., Osintsev A.A. Improving the technology of asbestos production. *Gornyj zhurnal*, 2005. No. 8. pp. 24–28. (In Russian).
8. Gazaleeva G.I. Metody uluchsheniya kachestva asbesta [Methods to improve the asbestos quality]. Ekaterinburg: UGTU, 2005. 153 p.
9. Gazaleeva G.I. Design combined concepts based on sorting fractions of concentrate. *Izvestiya vuzov. Gornyj zhurnal*. 1987. No. 5, pp. 123–128. (In Russian).
10. Kozin V.Z., Gazaleeva G.I., Kovanova L.I. Testing for asbestos ore in concentration plants. *Izvestiya vuzov. Gornyj zhurnal*. 2005. No. 5, pp. 100–107. (In Russian).

ООО «МАЛОЕ ИННОВАЦИОННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ДЕКОР–БГИТА»

Предлагаются технологии:

- получения новых эффективных древесных отделочных и теплоизоляционных материалов из мягколиственной древесины;
- получения обрезных пиломатериалов из древесины с ядровой гнилью;
- переработки древесины, загрязненной радионуклидами;
- получения арболита из отходов от обработки мягколиственной древесины;
- получения новых теплоизоляционных материалов из картона и мелких древесных частиц.

РФ, 241037, г. Брянск, пр. Ст. Димитрова, 3
Брянский государственный инженерно-технологический университет
ООО МИП «ДЕКОР–БГИТА»
Лукаш Александр Андреевич. Тел.: (4832) 74-03-98; 9-960-54-99-353
E-mail: mr.luckasch@yandex.ru

20-23
сентября

г. Уфа

УралСтройИндустрия

XXVI международная выставка



Недвижимость-2016

IX специализированная выставка



#БВК #стройБВК



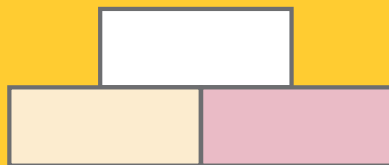
Тел./факс: (347) 246-42-29,
246-42-38, 246-42-37
e-mail: stroy@bvkexpo.ru
www.stroybvk.ru

Место проведения
ВДНХ **ЭКСПО**
ул. Менделеева, 158

Организатор конференции –
журнал

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®**

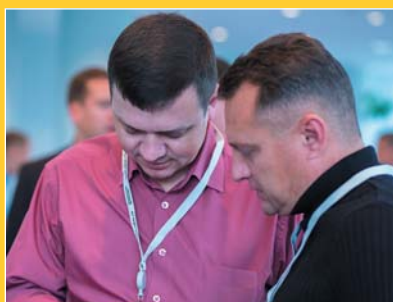
СИЛИКАТЭКС



X Международная конференция «Развитие производства силикатного кирпича»

19–20 октября 2016

г. Липецк, отель «Меркюр Липецк центр»



В программе конференции:

- пленарное заседание
- посещение ОАО «Липецкий силикатный завод»



Генеральный спонсор:

**LASCO UMFORMTECHNIK
WERKZEUGMASCHINENFABRIK**



Спонсоры конференции:



Оргкомитет:

Руководитель проекта – Юмашев Алексей Борисович Менеджер проекта – Горегляд Светлана Юрьевна

Телефон/факс: (499) 976-22-08, 976-20-36, (916) 123-98-29

silikatex@bk.ru mail@rifsm.ru www.silikatex.ru www.rifsm.ru

**Адрес для корреспонденции: 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3,
редакция журнала «Строительные материалы»®**