

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®

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

№4

Основан в 1955 г.

(712) апрель 2014 г.

Главный редактор:

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

Редакционный совет:

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

БАРИНОВА Л. С.,
 канд. хим. наук, вице-президент
 Российского союза строителей (Москва)

БУРЬЯНОВ 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, Киев)

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)

ЯКОВЛЕВ Г. И.,
 д-р техн. наук, профессор (Ижевск)

© ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,
 журнал «Строительные материалы»®, 2014

Керамические строительные материалы

ОАО «НИИСтроммаш» 60 лет (Юбилеяры отрасли).....	4
ОАО «Славянский кирпич» празднует 20-летие (Юбилеяры отрасли)	6
В.Ф. КОРЕПАНОВА, Г.И. ГРИНФЕЛЬД Производство клинкерного кирпича на Никольском кирпичном заводе Группы ЛСР	10
Д.В. КРОЛЕВЕЦКИЙ Расширение группы компаний СИБЕЛКО в России: Воронежское рудоуправление	14
А.А. НАУМОВ, И.В. ТРИЩЕНКО, Н.Г. ГУРОВ К вопросу улучшения качества и расширения ассортимента керамического кирпича для действующих заводов полусухого прессования	17
Б.В. ТАЛПА Перспективы развития минерально-сырьевой базы для производства светложгущейся стеновой керамики на Юге России.....	20
В.Д. КОТЛЯР, Ю.В. ТЕРЁХИНА, А.В. КОТЛЯР Методика испытания камневидного сырья для производства стеновых керамических изделий компрессионного формования (в порядке обсуждения)	24
Н.Д. ЯЦЕНКО, А.П. ЗУБЕХИН Научные основы инновационных технологий керамического кирпича и управление его свойствами в зависимости от химико-минералогического состава сырья	28
Национальное партнерство Ассоциаций и Союзов предприятий промышленности строительных материалов расширяет свое участие в жизни отрасли (Информация).....	32
Группа предприятий SAVO	34
И.А. ЖЕНЖУРИСТ Перспективные направления наномодифицирования в строительной керамике	36
Ю.В. ТЕРЁХИНА, В.Д. КОТЛЯР, А.В. КОТЛЯР Применение инструментов управления качеством в производстве керамического кирпича	41
SibBuild (Информация).....	44
А.Ю. СТОЛБОВУШКИН, А.И. ИВАНОВ, С.В. ДРУЖИНИН, В.Н. ЗОРЯ, В.И. ЗЛОБИН Особенности поровой структуры стеновых керамических материалов на основе углеотходов	46
А.П. ЗУБЕХИН, А.В. ВЕРЧЕНКО, А.А. ГАЛЕНКО Получение керамического гранита на основе цеолитсодержащих шихт	52
В.А. ГУРЬЕВА, В.В. ПРОКОФЬЕВА Структурно-фазовые особенности строительной керамики на основе техногенного магнезиального сырья и низкосортных глин	55
Бёке Ёрн Возможности снижения затрат на техническое обслуживание огнеупорных систем	58
А.А. ГАЛЕНКО, М.В. ПЛЕШКО Керамическая плитка для внутренней облицовки стен с использованием техногенного сырья	60

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

STROYTEL'NYE MATERIALY® No. 4

Founded in 1955

(712) April 2014 r.

Editor-in-chief

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

Editorial Board

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

BARINOVA L.,
Candidate of Sciences (Chemistry), Vice-
President of the Russian Union of Builders
(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)

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)

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)

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

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

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

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

Ceramic building materials

OAO «Nilstrommash»: 60 years
(Persons of the industry whose jubilees are celebrated) 4

OAO «Slavyansky Kirpich» celebrates its 20th anniversary
(Persons of the industry whose jubilees are celebrated) 6

V.F. KOREPANOVA, G.I. GRINFELD
Production of clinker brick at Nikol'sky Brick Factory of LSR Group 10

D.V. KROLEVETSKY
The expansion of SIBELCO Group of Companies in Russia: Voronezh Mine Group 14

A.A. NAUMOV, I.V. TRISHHENKO, N.G. GUROV
**On the issue of improving quality and diversification of ceramic brick
for operating factories of semi-dry pressing** 17

B.V. TALPA
**Prospects of development of mineral-raw material base for manufacture
of wall ceramics becoming light color after burning in the South of Russia** 20

V.D. KOTLYAR, Yu.V. TEREKHINA, A.V. KOTLYAR
**Methods of testing lithoidal raw materials for producing wall
ceramic products of compression molding (as a discussion)** 24

N.D. YATSENKO, A.P. ZUBEKHIN
**Scientific bases of innovative technologies of ceramic bricks
and the management of its properties depending on chemical
and mineralogical composition of materials** 28

**National partnership Associations and Unions construction materials
industry enterprises is expanding its participate in life of industry (Information)** 32

SABO Group of Enterprises 34

I.A. ZHENZHURIST
Prospective directions of nano-modification in building ceramics 36

Yu.V. TEREKHINA, V.D. KOTLYAR, A.V. KOTLYAR
The use of quality management tools in production of ceramic brick 41

SibBuild (Information) 44

A.YU. STOLBOUSHKIN, A.I. IVANOV, S.V. DRUZHININ, V.N. ZORYA, V.I. ZLOBIN
Pore structure characteristics of wall ceramics made from waste coal 46

A.P. ZUBEKHIN, A.V. VERCHENKO, A.A. GALENKO
Manufacture of ceramic granite on the basis of zeolite-containing batches 52

V.A. GUR'EVA, V.V. PROKOF'EVA
**Structural and phase characteristics of building ceramics based
of industrial magnesium raw materials and low-grade clay** 55

Beke Ern
Possibilities of reducing expenditures for technical service of refractory systems 58

A.A. GALENKO, M.V. PLESHKO
**Ceramic tile for interior finishing of walls with the use
of anthropogenic raw materials** 60

Industry under present economic conditions

«Alekseevskaya Keramika» (Russia). Factory reconstruction 66

A.A. SEMENOV
Building materials industry of the Republic of Crimea 68

Editorial address: 9/3 Dmitrovskoye Highway,
127434, Moscow, Russian Federation
Tel./fax: (499) 976-22-08, 976-20-36
Email: mail@rifsm.ru http://www.rifsm.ru

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

Строительные материалы № 4

Отрасль в современных экономических условиях

«Алексеевская Керамика» (Россия). Реконструкция завода	66
А.А. СЕМЕНОВ	
Промышленность строительных материалов Республики Крым	68

Результаты научных исследований

Е.М. ЧЕРНЫШОВ, О.В. АРТАМОНОВА, Г.С. СЛАВЧЕВА	
Концепции и основания технологий наномодифицирования структур строительных композитов. Часть 2. К проблеме концептуальных моделей наномодифицирования структуры	73
В.Н. МОРГУН, Л.В. МОРГУН	
Структура межпоровых перегородок в пенобетонных смесях	84
В.И. ЛОГАНИНА, С.Н. КИСЛИЦЫНА, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, М.А. САДОВНИКОВА	
Структура и свойства синтезированных алюмосиликатов	87
И.Я. ГНИП, С.И. ВАЙТКУС	
Гипотетическое значение деформации ползучести полистирольного пенопласта при постоянном сжимающем напряжении на основании начального экспериментального периода деформирования	90

Stroite'nye Materialy No. 4

Results of scientific research

Е.М. CHERNYSHEV, O.V. ARTAMONOVA, G.S. SLAVCHEVA	
Conceptions and bases of nano-modification technologies of building composites structures. Part 2: On the problem of conceptual models of nano-modifying the structure	73
V.N. MORGUN, L.V. MORGUN	
Structure of interporous partitions in foam concrete mixes	84
V.I. LOGANINA, S.N. KISLITSYNA, I.V. ZHERNOVSKY, M.A. SADOVNIKOVA	
Structure and properties of synthesised aluminosilicates	87
I.Ya. GNIPP, S.I. VAYTKUS	
Hypothetic value of creep deformation of polystyrene plastic foam under the constant compressing stress on the basis of initial experimental period of deforming	90

Уважаемые коллеги, авторы!

Обращаем Ваше внимание, что изменившиеся требования ВАК и БД Scopus к печатным научным и научно-техническим журналам обусловили изменение требований к статьям, направляемым в журналы издательства «Стройматериалы» для публикации.

Просим Вас, прежде чем отправить в редакцию свой труд, внимательно проверить, отвечает ли он требованиям

<http://www.rifsm.ru/page/7/>

Убедительно просим особое внимание уделить оформлению списка литературы

http://www.rifsm.ru/files/trebovaniya_references_032014.pdf

Придерживайтесь правил оформления статей изначально, в противном случае редактор все равно вернет статью на доработку!



ОАО «НИИСтроммаш» 60 лет

ОАО «НИИСтроммаш» с 1954 г. выполняет работы, связанные с комплексной механизацией и автоматизацией оборудования для производства стройматериалов. В отрасли работают десятки полностью автоматизированных кирпичных заводов, созданных институтом самостоятельно и совместно с болгарскими, итальянскими и французскими фирмами.

Институт продолжает работать по профилю и в рамках своей тематики занимается техническим перевооружением и модернизацией действующих кирпичных заводов, для чего разрабатываются оптимальные компоновочные решения по размещению новых современных технологических линий, участков и единиц оборудования в существующих корпусах и на действующих производствах.

За последние годы, в частности, были сданы в эксплуатацию и успешно работают:

- Автоматическая линия резки кирпича-сырца и укладки его на сушильные вагонетки (работает шесть лет, вторая аналогичная линия в процессе монтажа).
- Три автоматические линии резки кирпича-сырца и укладки его на рейках или рамках в элеватор.
- Автоматическая линия разгрузки сушильных вагонеток и садки высушенного кирпича на печные вагонетки (работает шесть лет, вторая аналогичная линия в процессе монтажа).
- Пять автоматических линий приема высушенного кирпича из камерных сушил, разгрузки и садки на печные вагонетки.
- Автоматизированный комплекс спецтранспорта для сушильных вагонеток (работает шесть лет, второй аналогичный комплекс в процессе монтажа).
- Автоматизированный комплекс спецтранспорта для печных вагонеток (работает шесть лет).
- Два комплекса автоматического контроля и управления сушкой сырца в туннельных и камерных сушилах.
- Три комплекса автоматического контроля и управления обжигом кирпича.
- Автоматизированные комплексы первичной переработки сырья и формовки изделий на базе отечественного, болгарского и немецкого оборудования.

В процессе монтажа находится оборудование автоматической линии послыной разгрузки обожженного кирпича и укладки его на поддоны.

Все перечисленные комплексы оснащены современными системами автоматического управления (САУ), выполненными на базе микропроцессорной и компьютерной техники.

Для модернизации глинопереработки применяется оборудование различной мощности, выпускаемое заводами России, Болгарии, Беларуси, Украины и стран Евросоюза. Определяющим

фактором при подборе оборудования является желание заказчика и соотношение цена–качество.

Для действующих заводов с малогабаритными сушильными вагонетками институт разработал комплекс оборудования по перекладочным операциям при резке, сушке и садке кирпича для реечной и паллетной технологий.

В зависимости от сырья резка выполняется проталкиванием бруса через струны (рис. 1) или подвижной рамкой (рис. 2), обеспечивая резку как штучных, так и крупноформатных изделий.

Для загрузки и разгрузки малогабаритных сушильных вагонеток типа СМК 110 (ВСК-6) применяется укладчик ОВ (рис. 3), который может работать с резательными автоматами различной конструкции.

Для каркасных сушильных вагонеток с закрепленными полками используется загрузчик-разгрузчик лифтового типа с выдвигаемым рольгангом.

Для каркасных вагонеток с реечной сушильной оснасткой применяются загрузчики вилочного типа.

Для реечной технологии успешно используется делитель, где изделия уходят вверх на комплектацию, а рейки направляются горизонтально в накопитель. Снятые с сушильного носителя изделия комплектуются в слой для садки на печную вагонетку. Технолог с помощью панели оператора может задать любую раскладку кирпича или камня каждого из слоев, посаженных на печную вагонетку для любых изделий с любой плотностью садки в разных слоях. На нескольких заводах выполнена общецеховая система накопления и передачи пустых реек или паллет, при которой они в автоматическом режиме могут накапливаться и передаваться от любого из садчиков к любому из автоматов резки-укладки сырца.

Институтом разработаны автоматы-садчики кирпича на печные вагонетки модульного ряда квадратных пакетов 1×1 м для вагонеток 2,4–6,8 м, а также автоматы-садчики для вагонеток шириной 1,74, 2 и 3 м с квадратными и прямоугольными пакетами. Так, для вагонетки 3×3 м имеется автомат-садчик, выполняющий садку шести пакетов размером в плане 780×1020 мм.

Для разгрузки готовой продукции применяются манипуляторы для пакетной или послыной разгрузки с упаковкой в термоусадочную или стрейч-пленку.

Институтом предлагается полный набор оборудования для печного и сушильного спецтранспорта. В процессе модернизации печи и сушилки осуществляется оптимизация их аэродинамики, они оснащаются современным газогорелочным и вентиляционным оборудованием с компьютерным управлением.

Система автоматического управления (САУ) всех участков выполняется на базе микропроцессорной и компьютерной техники и обеспечивает работу оборудования в автоматическом режиме,

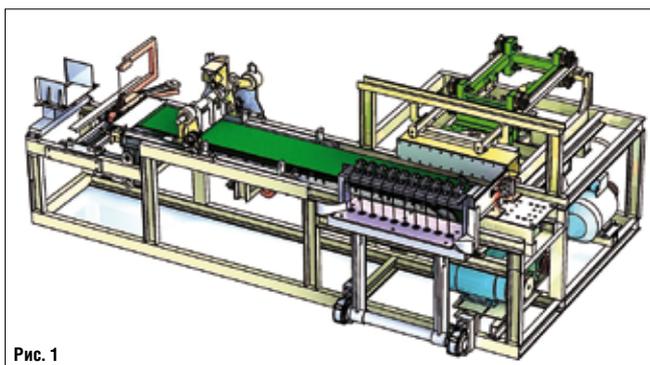


Рис. 1

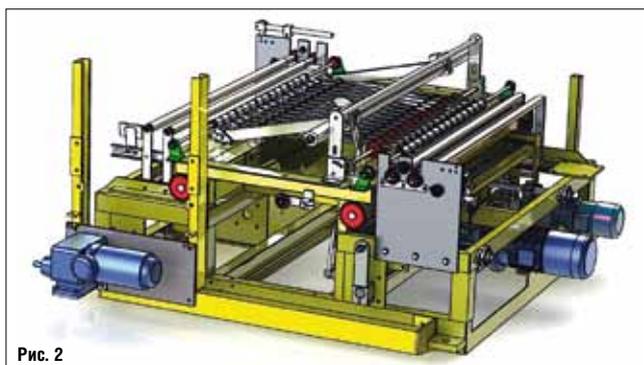


Рис. 2

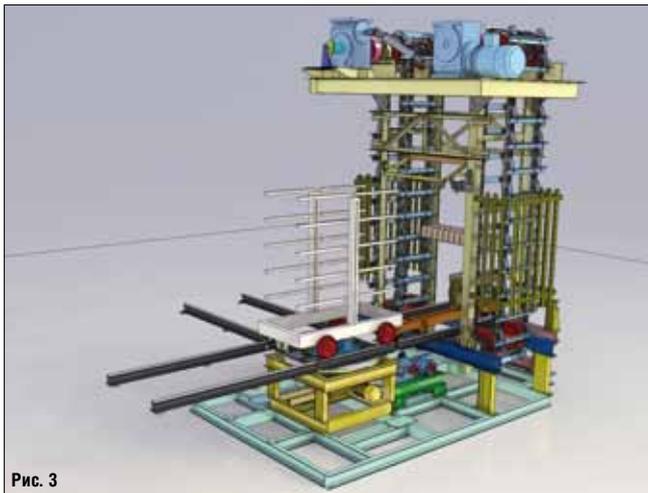


Рис. 3

при ручном заблокированном управлении, а также сервисные функции, диагностику отказов и защиту механизмов.

В блоке подготовки воздуха сушилок измеряются и регулируются автоматически температура и давление в общем коллекторе подачи воздуха и измеряется температура газов в смесительной камере и поступающих из печи.

В камерных сушилках в каждом канале измеряются температура, влажность и процент открытия заслонок. Эти параметры автоматически программно регулируются заново для каждого из шагов цикла сушки по заданиям, записанным технологом через компьютер.

В туннельных сушилках по каналам сушки измеряются температура, давление и влажность. В таблице технолога также задают-



Рис. 4

ся соответствующие параметры, но они регулируются подстройкой шиберов, а САУ обеспечивает автоматический контроль, сигнализацию отклонений и архивацию параметров.

В САУ печи предусмотрено автоматическое регулирование температуры в зонах горения и автоматический контроль параметров (рис. 4) в остальных зонах. Автоматически также поддерживается разрежение в зоне дымососа и давление в зоне напора.

Количество формируемых на экране компьютера слайдов, графиков и т. п., их интерфейс согласовываются с заказчиком.

Институт может выполнить весь спектр работ от разработки компоновочных решений по оборудованию и технологической части проекта до поставки оборудования и сдачи его в эксплуатацию.



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
и ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ
по машинам для промышленности
строительных материалов

«НИИстроммаш»

предлагает

КОМПЛЕКС УСЛУГ по СОЗДАНИЮ, РЕКОНСТРУКЦИИ
и ТЕХНИЧЕСКОМУ ПЕРЕВООРУЖЕНИЮ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ
для ИЗГОТОВЛЕНИЯ КИРПИЧА

Техническое обследование предприятий и оборудования.

Поставка и запуск в эксплуатацию
технологических кирпичеделательных линий,
их участков и отдельных единиц оборудования
отечественных и зарубежных фирм-производителей
с современными системами автоматического управления.

Россия, 188300, г. Гатчина, Ленинградская обл.,
Железнодорожная ул., 45
Телефон: (81-371)-3-96-19
Факс: (81-371)-3-78-44
Email: niism@gtn.ru
www.niistrommash.com

Реклама



ОАО «Славянский кирпич» празднует 20-летие

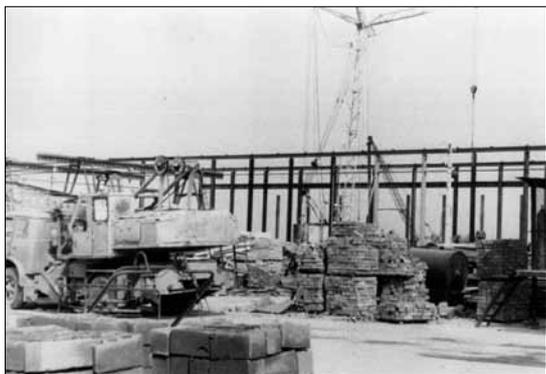
ОАО «Славянский кирпич» – один из лидеров кирпичной промышленности России. Совокупная мощность заводов компании составляет 135 млн шт. усл. кирпича в год. Это высокотехнологичное и высокопроизводительное предприятие, выпускающее широкий ассортимент современной качественной, экологически безопасной продукции, соответствующей жестким требованиям по энергосбережению. Но чтобы стать лидером отрасли, предприятие, и в первую очередь бессменный руководитель В.А. Чайка и возглавляемая им команда профессионалов, прошли нелегкий путь становления и развития длиной в 20 лет.

ОАО "Slavyansky Kirpich" celebrates its 20th anniversary

OAO "Slavyansky Kirpich" is one of the leaders of the brick industry of Russia. Aggregate capacities of company's factories are 135 million pieces of conventional brick per year. It is a high tech and high production enterprise producing a wide range of up-to-date high-quality, environmentally-friendly products that meet stringent requirements concerning energy saving. To become the leader of the industry the enterprise, first of all its unchallenged head V.A. Chayka and the team of professionals led by him, have passed a 20-year hard way of formation and development



В.А. Чайка на строительной площадке будущего завода, 1990 г.



Строительство первого производственного корпуса, 1990 г.



На строительной площадке в г. Славянск-на-Кубани, слева направо: А.В. Журавлёв, начальник цеха, В.А. Чайка, генеральный директор, Б.Ф. Лошкарёв, главный конструктор

Формально ОАО «Славянский кирпич» было образовано в 1994 г. в период строительства кирпичного завода мощностью 25 млн шт. усл. лицевого кирпича в год в х. Галицын Славянского района Краснодарского края.

В 1995 г. было завершено строительство, начатое в 1990 г. В условиях социально-экономической нестабильности начальный этап строительства, выбор разработчика технологии, поставщиков оборудования, отладка деловых взаимоотношений в новых условиях хозяйствования были весьма драматичны. Тем не менее поставленная задача была решена: завод начал выпускать керамический облицовочный кирпич с 30% пустотностью [1].

В 2007 г. была проведена реконструкция кирпичного завода в х. Галицын и введена в эксплуатацию технологическая линия по производству керамического лицевого кирпича светлых тонов мощностью 20 млн шт. усл. кирпича в год. Производство оснащено современным технологическим оборудованием фирмы Hans Lingl (Германия) и формооснасткой фирмы BRAUN (Германия).



Торжественное открытие второй производственной линии в х. Галицын



Команда немецкой фирмы «Лингл» – не просто поставщики оборудования, а партнеры и соратники

Ввод в эксплуатацию новой высокопроизводительной автоматизированной линии с энергоэффективными тепловыми агрегатами позволил постепенно вывести из эксплуатации первую технологическую линию как не отвечающую современным требованиям по энергоэффективности и автоматизации производства и качеству продукции, которая была закрыта в 2010 г.

В конце 2009 г. было завершено строительство и введен в эксплуатацию кирпичный завод мощностью 180 тыс. т обожженной продукции в год [2]. Он расположен в юго-восточной промышленной зоне г. Славянска-на-Кубани Краснодарского края и является одним из самых крупных в России. Завод спроектирован и построен совместно с фирмой Hans Lingl (Германия), оснащен современным технологическим оборудованием европейских компаний с высокой степенью автоматизации и контроля качества производимой продукции.

Отдельно следует отметить сырьевую безопасность предприятия. Глинистое сырье добывается открытым способом на собственном карьере «Новопетровское месторождение кирпичных глин», расположенном на юго-западной окраине х. Галицын Славянского района.



Линия массоподготовки на новом заводе в г. Славянске



На заводе «Ребен», построенном фирмой «Лингл» в Германии

Общий горный отвод составляет более 123 га, а утвержденные запасы сырья – около 5,44 млн м³.

Для производства цветного лицевого керамического кирпича светлых тонов используется глинистое сырье марки «Веско-Техник-3» компании ПАО «ВЕСКО» из Донецкой области (Украина).

Для производства пустотно-поризованного кирпича и камня в качестве выгорающей добавки применяется рисовая лузга, поставляемая соседним предприятием ОАО «Славянский КХП».

Ввод в эксплуатацию нового завода в г. Славянска-на-Кубани стал новым рубежом развития компании не только благодаря достижению самой высокой совокупной мощности в регионе. На новом заводе стали выпускать новую для всего Юга России продукцию – керамический крупноформатный пустотно-поризованный камень POROMAX с повышенными теплоизоляционными свойствами.

POROMAX – это продукция нового поколения, сочетающая традиции кирпичного строительства и инновационные технологии. POROMAX имеет пористую структуру керамического камня и крупный по отношению к кирпичу традиционного формата размер, который может составлять до 15НФ. Пустотность камней POROMAX составляет 45–50%, средняя плотность – 800–850 кг/м³, марка по прочности М100-125. Низкая теплопроводность керамического камня POROMAX (0,16–0,2 Вт/(м²·°С) делает его незаменимым для возведения однослойных внешних стен в условиях повышенных требований к теплозащите зданий. Рынок год за годом подтверждает правильность принятых руководством завода стратегических решений по развитию производственных мощностей и ассортимента.

Учитывая пожелания покупателей, застройщиков, строителей и проектировщиков, а также с целью упрощения каменной кладки, повышения качества и несущей



Автоматизированная разгрузка печных вагонеток

шей способности каменных конструкций, возводимых из крупноформатных камней POROMAX, в начале 2013 г. ОАО «Славянский кирпич» освоило серийный выпуск различных доборных керамических камней POROMAX.

Следующим шагом на пути создания ассортиментного ряда, позволяющего возводить полностью кирпичный дом, стал серийный выпуск керамического лицевого пустотелого кирпича с утолщенной наружной стенкой 20 мм. Это обеспечило расширение сферы применения лицевого керамического пустотелого кирпича в многослойных стенах с эффективным утеплителем в соответствии с требованиями СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции».

Вся продукция ОАО «Славянский кирпич» соответствует ГОСТ 530–2012 «Кирпич и камень керамические. Технические условия» и сертифицирована на соответствие ГОСТ Р.

Являясь одним из лидеров отрасли, ОАО «Славянский кирпич» несет на себе ответственность по обоснованию эффективного применения новых видов керамических материалов, которые оно выводит на рынок. Важна роль лидера в поддержке научных разработок в области производства керамических строительных материалов и современных методов проектирования и строительства. Партнерами предприятия являются такие известные научные учреждения, как: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко – филиал ОАО НИЦ «Строительство» (Москва), НИИСтроммаш (Санкт-Петербург), ПромСтройПроект (г. Гатчина Ленинградской обл.), ЮжНИИСтром (Ростов-на-Дону), Строительный факультет КГАУ, АНО «Исследователь», Оргтехстрой (Краснодар).

В 2010 г. лаборатория кирпичных, блочных и панельных зданий ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко провела исследование прочности и деформативности кладки из керамических поризованных пустотелых камней POROMAX производства ОАО «Славянский кирпич». Разработаны материалы для проектирования «Технические решения стеновых конструкций жилых и общественных зданий с применением керамических крупноформатных пустотно-поризованных камней для климатических и сейсмических условий Южного федерального округа». В их составе:

– Рекомендации по применению и проектированию стен зданий из керамических изделий производства ОАО «Славянский кирпич»;

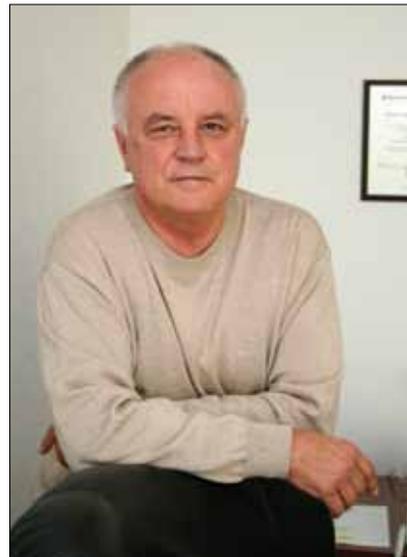
– Альбом 1. «Несущие стены из керамических поризованных крупноформатных камней»;

– Альбом 2. «Несущие (навесные) стены из керамических поризованных крупноформатных камней для зданий с железобетонным каркасом».

Учитывая, что Краснодарский край относится к сейсмоопасным районам, в 2012 г. Центр исследования сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко по заказу ОАО «Славянский кирпич» выполнил



Основатель
и бессменный
генеральный
директор
ОАО «Славянский
кирпич»
Вячеслав
Андреевич
Чайка



оценку прочности и деформативности кладки стен из керамических камней для обоснования возможности их применения в сейсмических районах Российской Федерации. Материалы для проектирования включают:

– техническое заключение о возможности применения керамических камней производства ОАО «Славянский кирпич» в сейсмических районах Российской Федерации;

– рекомендации по применению керамических камней различного формата производства ОАО «Славянский кирпич» для стен зданий, возводимых в сейсмических районах Российской Федерации;

– альбом технических решений конструкции стен зданий, возводимых в сейсмических районах Российской Федерации с применением керамических камней производства ОАО «Славянский кирпич».

Достижения трудового коллектива ОАО «Славянский кирпич» отмечены различными наградами. В частности, в 2009 г. предприятие стало лауреатом ежегодной международной премии «Лучшая компания года-2009», в 2010 г. – лауреатом XIV Всероссийского конкурса «На лучшую строительную организацию, предприятие строительных материалов и стройиндустрии».

ОАО «Славянский кирпич» уверенно удерживает позицию в тройке лидеров по производству керамических стеновых материалов в России. Коллектив предприятия, сплоченный вокруг бессменного генерального директора, генератора идей и инициатора развития производства Вячеслава Андреевича Чайки, готов к реализации новых планов.

Список литературы

1. Чайка В.А. Производство керамического кирпича на отечественном оборудовании с совмещенными процессами сушки и обжига // *Строительные материалы*. 2002. № 8. С. 10–11.
2. Материал для строительства комфортного энергоэффективного жилья на Кубани есть // *Строительные материалы*. 2009. № 11. С. 65–67.
3. Вячеслав Андреевич Чайка. Слава! // *Строительные материалы*. 2012. № 8. С. 10–12.

Редакция журнала «Строительные материалы», коллеги – участники Международной научно-практической конференции «Развитие керамической промышленности России: КЕРАМТЭКС» сердечно поздравляют коллектив ОАО «Славянский кирпич» с 20-летием и желают успехов, процветания и благополучия.

Два сильных партнера в
технологии керамической
промышленности!



Вакуумные агрегаты Futura II
в комплекте с головкой пресса и мундштуком

HÄNDLE предлагает полную программу вакуумных агрегатов, которая покрывает широкую область применения, от панелей до крупноформатных кирпичей и подобных продуктов. Она имеет сквозное модульное строение и состоит из экструдеров и вакуумных смесителей различных размеров. При конструировании экструдеров Futura II фирмы **HÄNDLE** последовательно претворялись в жизнь новейшие познания в области машин и технологий экструзионной техники – тем самым этот ряд продукции предлагает ориентированное на пользу клиента соотношение благоприятной цены / производительности. Поставляются с

диаметром цилиндра от 200 до 750 мм, допустимым давлением пресса от 20 до 50 бар и объёмным расходом от 1,9 до 60 м³/ч. Теперь программу оборудования **HÄNDLE** дополняет высококачественная продукция фирмы **ZMB BRAUN** – ведущего мирового производителя мундштуков, обладающего широким спектром технических решений для керамической промышленности. Мы уверены, что объединение опыта двух сильных технологических партнеров принесет нашим заказчикам пользу, дополнительные удобства и возможности.

УДК 691.421.24

В.Ф. КОРЕПАНОВА, главный технолог, Г.И. ГРИНФЕЛЬД, инженер
ООО «ЛСР» — «Стеновые» (193091, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., 40 «А»)

Производство клинкерного кирпича на Никольском кирпичном заводе Группы ЛСР

Показано, что после запуска технологической линии по выпуску клинкерного кирпича на Никольском кирпичном заводе Группы ЛСР потребовалось внести изменения не только в рецептуру шихты, но и в технологическую оснастку. В результате совместной работы специалистов компании «Тектон» и завода в кратчайшие сроки были доработаны все технологические передельные и завод выведен на выпуск продукции надлежащего качества. Описан выпускаемый ассортимент продукции. Отмечается, что важным элементом вывода на рынок нового материала является его техническое сопровождение. Приведены примеры успешного применения клинкерной продукции отечественного производства в Санкт-Петербурге.

Ключевые слова: Группа ЛСР, Никольский кирпичный завод, клинкерный кирпич, лицевой кирпич, технологическая карта, цветная кладочная смесь.

V.F. KOREPANOVA, Chief Technologist, G.I. GRINFELD, engineer
«LSR» – «Stenovyе» ООО (40A, Oktyabrskaya Embankment, 193091, Saint Petersburg, Russian Federation)

Production of clinker brick at Nikol'sky Brick Factory of LSR Group

It is shown that after the start-up of the production line for manufacturing the clinker brick at the Nikol'sky Brick Factory of LSR Group it was necessary to make changes not only in the batch formulation, but also in production accessories. As a result of collaboration of specialists of «Tekton» and the factory, all technological stages were improved as soon as possible, and the factory started to manufacture the products of proper quality. The manufactured assortment of production is described. It is noted that an important element of introduction of a new material to the market is its technical support. Examples of the successful use of clinker products of domestic manufacture in Saint Petersburg are presented.

Keywords: LSR Group, Nikol'sky Brick Factory, clinker brick, facing brick, flowchart, colored masonry mix.

Ровно год назад на Никольском кирпичном заводе Группы ЛСР (Ленинградская обл.) была введена в эксплуатацию первая в России специализированная линия по выпуску клинкерного кирпича. Проектная мощность линии составляет 22,5 млн шт. усл. кирпича [1]. Принятию решения о строительстве предшествовало изучение перспектив клинкерного кирпича на рынке строительных материалов России [2]. В течение прошедшего после запуска линии года были успешно преодолены производственные сложности отладки технологии, освоен выпуск широкого ассортимента продукции [3], разработаны технологические карты производства работ с новой для российского строительного рынка продукцией.

Запуск и отладка линии клинкера

В апреле 2013 г. линия, спроектированная и построенная немецкой компанией «Тектон» (TECTON) на Никольском кирпичном заводе Группы ЛСР (филиал «ЛСР»—«Стеновые»), была запущена в эксплуатацию. Уже в начале мая из печи вышел обожженный кирпич (рис. 1). Лабораторные испытания первых партий пока-

зали необходимость корректировки состава сырьевой смеси для производства клинкерного кирпича и технологии.

Продукция первых отладочных партий обладала невысокой морозостойкостью, несмотря на низкое водопоглощение. Кирпич имел осыпающуюся фаску, которая наносится на все ребра параллелепипеда. Значительная часть кирпича выходила с S-образной трещиной.

Для выхода на проектные показатели качества был предпринят ряд корректирующих воздействий. Работа велась в двух направлениях: корректировка состава сырья и изменение технологических режимов обработки. Для изменения режимов обработки потребовалась также доработка формообразующей оснастки. В частности, была произведена замена шнека в экструдере, заменены конус и мундштук, регулировка и дополнительная настройка резчика компании «Фрейматик», а также регулировка воздушных потоков в камерах сушилки.

Отладка начиналась на кирпиче формата 0,51 НФ (200×100×50 мм). Это стандартный для европейских стран формат дорожного клинкера, который благодаря импортным поставкам стал привычен российскому



Рис. 1. Новая технологическая линия клинкерного кирпича на Никольском кирпичном заводе Группы ЛСР

Таблица 1

Характеристики клинкерного кирпича
Никольского кирпичного завода Группы ЛСР

Параметр	Единица измерения	Значение
Прочность при сжатии	МПа	не менее 85
Прочность при изгибе (формата 0,51 НФ)	МПа	не менее 8,5
Истираемость	г/см ²	0–0,018
Морозостойкость	Марка F	100–300
Кислотостойкость	%	не менее 96
Водопоглощение	%	0–4



Рис. 2. Кирпич клинкерный для мощения – первая продукция новой линии

Таблица 2

Ассортимент клинкерных изделий
Никольского кирпичного завода

Параметр	Значения
Формат	0,51НФ; 0,71НФ; 1НФ, 1НФ радиусный
Цвет	Красный, темно-красный, коричневый, кремовый, желтый, белый, с редуцированной поверхностью
Водопоглощение, мас. %	1–2, 2–4
Фактура фасадной поверхности	Гладкая, «тростник», «береста», обсыпка песком

Таблица 3

Сравнение цен на лицевой керамический и клинкерный кирпич RAUF
и импортный клинкер, р./шт.

Цвет	RAUF		Импортный 0,71 НФ (на рынке Санкт-Петербурга)
	Керамический лицевой 1 НФ	Клинкерный фасадный 0,71 НФ	
Красный	14	25	34
Коричневый	23	28	37

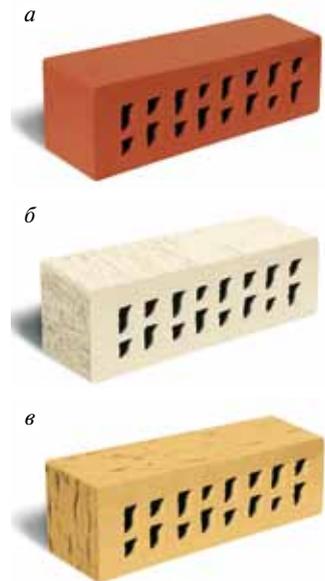


Рис. 3. Еврокирпич клинкерный фасадный с фактурой лицевых граней: гладкая (а); «тростник» (б) и «береста» (в)

рынку. Отладка линии велась на дорожном клинкере, поскольку справедливо предполагалось, что, обеспечив качество дорожного клинкера с большим числом контролируемых параметров, будет проще освоить выпуск фасадного клинкера, для которого число контролируемых параметров меньше.

За первые месяцы отладки линии был значительно доработан состав шихты для более полного учета особенностей местной кембрийской глины крупнейшего в мире Чкаловского месторождения. Когда максимально были задействованы резервы повышения качества за счет оптимизации сырья, акцент был перенесен на режимы обработки и формующую оснастку.

В результате проделанной работы удалось добиться стабильного выпуска продукции с требуемыми характеристиками (табл. 1, рис. 2). Следующим этапом стало расширение номенклатуры изделий и обеспечение их востребованности на рынке.

Базовым цветом после обжига кембрийской глины Чкаловского месторождения является классический «кирпичный». Освоение марганцевых добавок и привозных глин позволило специалистам предприятия разработать составы для получения продукции шести цветов: красного, темно-красного, коричневого, кремового, желтого и белого. Также был налажен выпуск реду-

цированного кирпича (часть обжига проводится в восстановительной среде).

Расширение ассортимента продукции новой линии

После освоения выпуска дорожного клинкера на линии в кратчайшие сроки был налажен выпуск фасадного клинкера формата 0,71 НФ («евро») с водопоглощением менее 6% в соответствии с ГОСТ 530–2012 «Кирпич и камень керамические». Также был освоен выпуск кирпича формата 1 НФ и кирпича 1 НФ радиусного с вогнутым и выпуклым радиусом R 60 и R 120. Для фасадных изделий освоено производство рустированной поверхности. Помимо стандартной гладкой фактуры лицевых граней изделий, налажен выпуск изделий с поверхностью лицевых граней, имеющей фактуру «тростник» и «береста» (рис. 3).

Таким образом, менее чем через год после ввода в эксплуатацию линия выпускает клинкерную продукцию широкого ассортимента высокого качества (табл. 2), которое не уступает зарубежным образцам, производимым на заводах с многолетней историей.

Всего в настоящее время производством освоен ассортимент, включающий четыре формата, 12 цветов и три фактуры. Это позволяет выпускать изделия 144 наименований. Такая потенциальная широта ассортимента нахо-



Рис. 4. Продукция RAUF Design на складе завода

дится в противоречии с концепцией работы на склад и последующей реализации имеющихся складских позиций. Порядок работы, при котором управляющим воздействием для производства становится снижение складских запасов, а работа продающих подразделений основана на оперировании уже выпущенной продукцией, становится неприменим. Производство, несмотря на крупнотоннажность, становится полностью клиентоориентированным и работает по большинству позиций под заказ, т. е. первым звеном в связке производство—склад—продажи становятся продажи. И только проданная продукция запускается в производство. Такой порядок успешно годами работает в широкоассортиментных предприятиях, но является новым для отечественной керамической промышленности. Большая часть ассортимента клинкерных изделий выпускается под заказ по образцам.

Внедрение в строительную практику

Керамические изделия, производимые предприятиями бизнес-единицы «ЛСР»—«Стеновые» (филиал Группы ЛСР), выпускаются на рынок под торговой маркой RAUF. Клинкерные изделия выпускаются под маркой RAUF Design (рис. 4).

Структура рынка клинкерного кирпича в России сформирована импортом из Европы. Этот сегмент рынка строительной керамики состоит из четырех частей: фасадная плитка, фасадный кирпич, тротуарная брусчатка, кирпич ручной формовки. Импорт керамики, относимой к этим товарным группам, вырос в 2012 г. по сравнению с 2011 г. на 40% с 50 до 71 млн шт. усл. кирпича. По предва-



Рис. 6. Клинкерное мощение у вестибюля станции метро «Технологический институт» (клинкерный кирпич RAUF Design), Санкт-Петербург

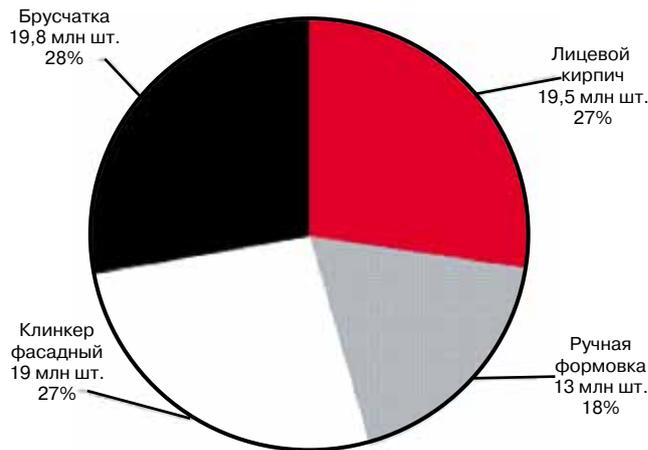


Рис. 5. Распределения клинкерных изделий по группам (доля в сегменте высококачественного кирпича и абсолютные значения)

рительным оценкам, в 2013 г. объем реализации клинкера сохранил динамику предыдущих лет. Согласно аналитическому отчету «Анализ импорта кирпича (2010—2012 гг.)», подготовленному компанией АСИ (Агентство специальных исследований) по заказу ОАО «Победа ЛСР» в 2013 г., распределение клинкера по группам по итогам 2012 г. выглядит следующим образом (рис. 5).

Данные диаграммы показывают, что на долю дорожного клинкера приходится немногим менее четверти от общего объема реализации клинкерных изделий, т. е. около 20 млн шт. усл. кирпича.

Из-за сравнительно высокой цены изделий основной объем клинкерной продукции, как дорожной, так и облицовочной, используется в сегменте индивидуального домостроения. Именно эта особенность рынка клинкерного кирпича создала сложности при выводе первого отечественного клинкера на рынок массового строительства. Благодаря выпуску клинкера на российском предприятии появилась возможность предложить рынку продукт с относительно невысокой ценой, оказавшейся приемлемой для крупных застройщиков (табл. 3). Но в подрядных организациях, реализующих крупные объекты, не оказалось штатных специалистов, владеющих технологией укладкой тротуарного клинкера.

Собственный опыт позволяет нам говорить, что крупные строительные объекты в современных российских реалиях — это низкая квалификация персонала рабочих специальностей, полное отсутствие у них успешного опыта работы с дорожным клинкером. Для укладки клинкерного кирпича разработана строгая техноло-



Рис. 7. Клинкерное мощение у Академии танца Бориса Эйфмана (клинкерный кирпич RAUF Design)

гия, несоблюдение которой приводит к неряшливому виду мощеной поверхности и не позволяет гарантировать ее долговечность. При мощении клинкером чрезвычайно важна толщина шва, качество его заполнения. Тщательное выполнение несложных, но важных технологических операций позволяет получить планируемую геометрию замощенного участка и рассчитывать на высокую долговечность готовой поверхности.

С целью эффективного вывода на рынок значительного объема продукции была разработана технологическая карта производства работ и пооперационным контролем качества, отработана методика обучения персонала на объекте, методическая и прямая помощь технадзору. В настоящее время мы можем со всей ответственностью заявить, что ООО «ЛСР» — «Стеновые» поставляет на рынок не просто материал, а комплексное техническое решение задачи. Практически мы продаем не кирпич, а замощенную поверхность.

Отследив разрыв между российским опытом применения клинкера и реалиями работы крупных строек на примере каменной мощения, сбытовые подразделения «ЛСР» — «Стеновые» подготовились к выводу на рынок фасадного клинкерного кирпича. Основная особенность материала — низкое водопоглощение известна группе технической поддержки «ЛСР» — «Стеновые» с 2007 г. Именно тогда в структуру одного из подразделений будущей бизнес-единицы (ООО «Аэрок СПб») вошел завод «Сканмикс» (с конца 2007 г. ООО «Сканэкс»), производивший широкую номенклатуру сухих строительных смесей. Завод «Сканэкс» в тот период являлся одним из двух поставщиков на российский рынок цветных кладочных смесей, в том числе кладочных смесей для клинкерного кирпича. Постоянная корректировка рецептур кладочных смесей для клинкера, вызванная необходимостью оптимизации состава под клинкерный кирпич, завозившийся на Северо-Запад России с десятков европейских фабрик, привела к наработке обширной внутренней статистики, получению возможности прогнозировать свойства кладочного раствора и кладки в зависимости от характеристик клинкерного кирпича. Богатый опыт был получен также при отработке стабильности цвета кладочных смесей. Поэтому появление в «ЛСР» — «Стеновые» собственного клинкерного кирпича позволило с максимальной эффективностью использовать прежние наработки. В результате к началу коммерческих продаж фасадного клинкерного кирпича в линейке RAUF оказалось заполненным место цветной кладочной смеси для клинкера.

Примеры применения

К настоящему времени клинкерное мощение реализовано на многих частных и коммерческих объектах Северо-Запада. География продаж выходит далеко за пределы региона. Для примера представим объекты мощения, подаренные Группой ЛСР Петербургу в связи с 20-летием Группы ЛСР. Это два участка совокупной площадью более 1,7 тыс м² каждый: пешеходные зоны у метро «Технологический институт» (рис. 5) и у Академии танца Бориса Эйфмана (рис. 6).

Заключение

Итак, год спустя после запуска второй линии Никольского кирпичного завода Группы ЛСР можно констатировать, что в России появилась первая технологическая линия, специализирующая на производстве клинкерного кирпича. Качество продукции линии быстро доведено до проектного. Ассортимент расширен до потенциальных 144 позиций. Созданы информационные материалы, поддерживающие потребителя и позволяющие получить конструкцию (замощенную площадку, лицевую кладку) требуемого качества. Объемы реа-

лизации доведены до значений, существенно меняющих структуру потребления клинкера в стране. Сложности, сопутствующие этапу запуска и становления, в основном преодолены.

Начальный этап всегда сложный. Тем не менее самый современный кирпичный завод в России, единственный специализированный клинкерный завод в России, успешно введен в эксплуатацию и уверенно выводится на проектную мощность.

Список литературы

1. Гаврилов А.В., Гринфельд Г.И. Краткий обзор истории, состояния и перспектив рынка клинкерного кирпича в России // *Строительные материалы*. 2013. № 4. С. 20–22.
2. Жиронкин П.В., Геращенко В.Н., Гринфельд Г.И. История и перспективы промышленности керамических стеновых материалов в России // *Строительные материалы*. 2012. № 5. С. 13–18.
3. Первая в России линия по производству клинкерного кирпича готова к промышленной эксплуатации // *Строительные материалы*. 2014. № 3. С. 68–70.

References

1. Gavrilov A.V., Grinfel'd G.I. A brief overview of the history, status and prospects of the market in Russia clinker. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 4, pp. 20–22. (In Russian).
2. Zhironkin P.V., Gerashchenko V.N., Grinfel'd G.I. History and prospects of ceramic wall materials industry in Russia. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 5, pp. 13–18. (In Russian).
3. Russia's first production line of clinker ready for commercial operation. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 3, pp. 68–70. (In Russian).



Уважаемые коллеги!

С 3 по 7 июня 2014 г.
в МВЦ «Крокус Экспо»
(МО, Красногорский район)
состоится международная выставка
«Строительная техника
и технологии» (СТТ'2014).
Приглашаем посетить наш
стенд № 13-579, расположенный
в павильоне № 3.

На стенде можно ознакомиться
с новыми номерами журнала
и другими изданиями,
выпущенными издательством
«СТРОЙМАТЕРИАЛЫ».

Д.В. КРОЛЕВЕЦКИЙ, канд. техн. наук, руководитель продаж и технической поддержки (керамика), ООО «СИБЕЛКО РУС» (Москва)

Расширение группы компаний СИБЕЛКО в России: Воронежское рудоуправление

Компания СИБЕЛКО – мировой лидер по добыче и обогащению минерального сырья в состав которой входят более 220 производственных предприятия в 41 стране на 5 континентах и в которой работают свыше 10 000 человек. Кварцевые пески, глины, каолины, полевые шпаты, минеральные пигменты и наполнители – основные сырьевые материалы, поставляемые компанией на мировые рынки.



Воронежское РУ. Изменение технологии разработки карьера. 2014–2017 гг.

Группа СИБЕЛКО в России до 2014 г. была представлена следующими компаниями:

- ООО «СИБЕЛКО РУС» – управляющая компания, которая координирует деятельность группы в России и занимается развитием;
- Раменский горно-обогатительный комбинат (Московская область) – добыча и производство кварцевого и строительного песка и кварцевой муки;
- Неболчинское карьероуправление (Новгородская область), добыча и производство кварцевого и строительного песка;
- Торговый дом «Геркулес» (Москва, Санкт-Петербург, Ростов-на-Дону) – торгово-логистическая компания, занимающаяся импортом сырьевых материалов группы СИБЕЛКО, их таможенной очисткой и доставкой до склада клиента.

4 февраля 2014 г. в группу компаний СИБЕЛКО РУС вошло еще одно производственное предприятие – Воронежское рудоуправление, которое занимается добычей и производством светложгущихся пластичных глин и кварцевых песков Латненского месторождения. На российском рынке пластичных глин Воронежское рудоуправление входит в тройку крупнейших поставщиков. Приобретение Воронежского рудоуправления позволяет существенно расширить мультиминеральную линейку продукции компании и занять лидирующие позиции в керамическом сегменте России.

Пластичные глины – это один из основных минеральных продуктов СИБЕЛКО, по объемам добычи и производства которых компания занимает первое место в мире. Объем производства составляет 5,7 млн. т в год, 4,9 млн. т из которых добывается в Европе – Великобритании, Германии, Испании, Украине и России.

Светложгущиеся глины, добываемые Воронежским рудоуправлением, относятся к высококачественным пластичным. Уникальность и разновидность сортов глин на Латненском месторождении позволяют применять их для различных сегментов промышленности. Латненские глины в настоящее время поставляются для производства светлого лицевого керамического кирпича, клинкерного кирпича, керамической плитки и керамогранита, сантехники, огнеупоров, посуды, электротехнического фарфора, литейных форм в металлургии.

Линейка продукции латненских глин для керамического кирпича представлена под брендом Vantage и включает различные марки глин для следующих основных применений.

1. Производство кирпича широкой светлой цветовой палитры методом объемного окрашивания, в том числе различных оттенков желтого («соломенного»), а также белого цвета.

2. Улучшение свойств шихты – увеличение пластичности, снижение чувствительности к сушке, расширение интервала обжига.

Латненские глины Vantage не содержат карбонатных включений и водорастворимых солей, отличаются низким содержанием красящих оксидов и нечувствительностью к сушке и по своим свойствам значительно превосходят любые аналоги.

В 2014–2017 гг. компания СИБЕЛКО намерена провести существенную модернизацию Воронежского рудоуправления, направленную на повышение эф-

Воронежское РУ. Технология разработки карьера. 2013–2014 гг.



Продукт	Описание	Страна производства	ПРИМЕНЕНИЕ														
			объемное окрашивание							улучшение свойств шихты							
			Коричневый	Черный	Серый	Темно-красный	Бордовый	Розовый	Желтый	Бежевый	Белый	Отощитель	Увеличение пластичности	Уменьшение чувствительности и к сушке	Расширение интервала обжига		
Vantage*	Пластичная глина	Россия							•	•	•	•			•		
Vantage	Пластичная глина	Украина							•	•	•				•	•	
Mangalox	Диоксид марганца	Нидерланды	•	•													
Portachrom	Хромит	Нидерланды			•												
Portafer	Оксид железа	Нидерланды		•		•											
T70*	Оксид железа	Нидерланды					•										
OT*	Строительный песок	Россия											•				
OM*	Строительный песок	Россия											•				
PlastTon**	Пластичная глина	Россия				•	•							•	•		

* - новые продукты, ** - планируемые



Воронежское РУ. Технология добычи. 2013–2014 гг.



Воронежское РУ. Шихтование и склад готовой продукции. 2016–2017 гг.



Воронежское РУ. Изменение технологии добычи. 2015–2016 гг.

фektивности, качества и увеличения производительности с 400 тыс. т (объем производства и продаж в 2013 г.) до 800 тыс. т пластичных глин в год. Производство кварцевого и строительного песка будет увеличено также в два раза – с 180 до 360 тыс. т в год.

Инвестиционная программа Воронежского Рудоуправления рассчитана на 3 года. Инвестиции 2014 г. в основном будут связаны с приобретением нового оборудования для выполнения вскрышных и добычных работ. В последующие два года ежегодный объем инвестиций будет сопоставим с 2014 г., а главной задачей останется увеличение производительности и обеспечение качественных показателей продукции. Как следствие, инвестиции будут связаны с наращиванием парка горного оборудования, строительством складов, закупкой лабораторного оборудования и пр.

Модернизация производства пластичных глин будет осуществляться по всем основным технологическим переделам.

1. Разработка карьера:

- изменение технологии вскрышных работ с заменой электрической техники на гидравлическую;
- осуществление опережающих вскрышных работ и увеличение подготовленных к добыче запасов;
- одновременно выполнение вскрышных работ и рекультивации.

2. Добыча:

- изменение технологии селективной добычи с заменой электрической техники на гидравлическую;

- выделение сортов глин толщиной от 10 см;
- выделение более 14 сортов глин с забоя высотой 1,5–3 м.

3. Шихтование и складирование готовой продукции:

- создание постоянного 3-месячного запаса на промежуточном складе;
- строительство шихтовального комплекса для измельчения и смешивания сортов глин для получения продукции с необходимыми свойствами;
- строительство крытого прирельсового склада для отгрузки готовой продукции.

Таким образом, постоянно развиваясь, компания СИБЕЛКО расширяет ассортимент продукции для производителей керамического кирпича в России в соответствии с потребностями клиентов и предлагает комплексные поставки различных сырьевых материалов: светложгущих пластичных глин, минеральных пигментов, строительных песков. Политика продаж продукции СИБЕЛКО для керамического сегмента с 2014 г. основана на прямых поставках.

Процессы повышения эффективности, качества и развития технологии производства керамического кирпича требуют тесного сотрудничества между производителем и поставщиком сырьевых материалов. Обладая минеральными ресурсами в ключевых регионах производства кирпича, СИБЕЛКО обеспечит заказчиков необходимыми сырьевыми материалами для решения любых производственных задач.

У нас есть знания, опыт, ресурсы и возможности, поэтому мы предлагаем развиваться вместе.



ООО «СИБЕЛКО РУС»
117198, Москва, Ленинский просп., 113/1
Тел.: + 7 495 662 31 74, факс: + 7 495 662 31 75
denis.krolevetsky@sibelco.com
www.sibelcorus.ru



Инновационные технологии для керамической промышленности



Транспортировочное
оборудование на заказ
www.symbol-united.it



Высокотехнологические
печи
www.instalat.nl



Сушильные установки
с использованием
новейших технологий
www.ceramdry.de

«Компания TECTON создает «под ключ» керамические заводы любой специализации согласно высочайшим стандартам качества»

Tecton GmbH – это объединение узкоспециализированных компаний, которые идеально дополняют друг друга при создании наилучших производств для выпуска:

- Кирпича всех видов
- Глазурованных керамических труб
- Огнеупорных изделий
- Кровельной черепицы
- Сантехнической керамики

TECTON GmbH
Keramanlagen
Allgäuer Straße 20
D-86381 Krumbach
Germany
Tel.: +49 (0)8282-88199-0
Fax: +49 (0)8282-88199-89
info@tecton-germany.de
www.tecton-germany.de

УДК 666.3–431

А.А. НАУМОВ¹, канд. техн. наук, И.В. ТРИЩЕНКО¹, канд. техн. наук,
Н.Г. ГУРОВ², генеральный директор

¹ Ростовский государственный строительный университет (344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162)

² ЗАО «Южный научно-исследовательский институт строительных материалов» («ЮЖНИИСтром») (344038, г. Ростов-на-Дону, ул. Нансена, 105/1)

К вопросу улучшения качества и расширения ассортимента керамического кирпича для действующих заводов полусухого прессования

Представлены результаты исследований пригодности атыухтинского глинистого сырья для производства керамического кирпича способом компрессионного формования. Определено, что для получения керамического черепка высокой морозостойкости необходимо вводить в шихту минеральную кальцийсодержащую добавку. Выпущены опытные партии лицевого кирпича красного и светло-желтого цветов. Выполнены проектные работы по техническому перевооружению Шахтинского кирпичного завода. Определены дальнейшие шаги для повышения качества производимой продукции.

Ключевые слова: керамический кирпич, полусухое прессование, компрессионное формование, техническое перевооружение, морозостойкость, минеральная модифицирующая добавка, переработка массы.

A.A. NAUMOV¹, Candidate of Sciences (Engineering), I.V. TRISHHENKO¹, Candidate of Sciences (Engineering); N.G. GUROV, General Director

¹ Rostov State University of Civil Engineering (162, Sotcialisticheskaya Street, Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation)

² ZAO «Southern Scientific Research Institute of Building Materials» («YuzhNIStrom») (105/1, Nansen Street, Rostov-on-Don, 344038, Russian Federation)

On the issue of improving quality and diversification of ceramic brick for operating factories of semi-dry pressing

Results of the study of suitability of Atyukhtinsk argillous raw materials for manufacturing ceramic brick using the method of compression molding are presented. It is determined that for producing the ceramic body of high frost-resistance it is necessary to introduce a mineral calcium-containing additive into the batch. Pilot lots of facing brick of red and pale yellow colors have been produced. Design works for technical re-equipment of Shakhhtinsky brick factory have been done. Further steps for improving the quality of products manufactured are determined.

Keywords: ceramic brick, semi-dry pressing, compression molding, technical re-equipment, frost resistance, mineral modifying additive, mass treatment.

В связи с возросшими требованиями к качеству керамического кирпича и конкуренцией на рынке строительных материалов повышение физико-механических и декоративных свойств кирпича является актуальной задачей.

Запасы качественного глинистого сырья, обладающего хорошими керамическими свойствами, позволяющими использовать наиболее распространенные технологии при подготовке глиномассы для производства керамического кирпича, с каждым годом истощаются, а новые месторождения в основном пригодны для производства рядового кирпича или требуют особого подхода и новых технологических решений для улучшения качества керамической массы.

Если рассматривать производство керамического кирпича способом полусухого прессования, то при традиционной технологии подготовки пресс-порошка с использованием сушильного барабана и дезинтегратора для большинства типов глинистого сырья невозможно получить качественный кирпич, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 530–2012.

Дополнительная переработка глинистого сырья как в пластическом, так и полусухом виде с последующей грануляцией пресс-порошка различными методами улучшает внешний вид кирпича, однако зачастую незначительно увеличивает морозостойкость изделий, особенно полнотелых [1].

Научно-исследовательские работы, проведенные для шести видов монтмориллонито-гидрослюдистого сырья, показали, что существенное повышение морозостойкости кирпича полусухого прессования возможно только при изменении структуры керамического камня за счет создания резервной пористости. Увеличение резервной пористости в 1,5–2 раза позволяет повысить морозостойкость обожженных образцов до 128–212 циклов [2].

Результаты проведенных исследований были положены в основу при определении пригодности глинистого сырья Атыухтинского месторождения для производства кирпича способом полусухого прессования.

Исследованное глинистое сырье относится к умеренно пластичному, высокочувствительному к сушке, по степени спекаемости и огнеупорности – к неспекаю-

Таблица 1

Наименование материала	SiO ₂ свободный кварц	Химический состав, %										
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ общ.	CaO	MgO	SO ₃ общ.	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	ППП
Атыухтинское глинистое сырье	30,73	58,76	10,76	5,4	8,51	2,86	0,03	0,7	1,14	2,06	–	9,89
Минеральная добавка	–	0,68	1,04	0,44	45,97	2,13	4	0,13	0,01	0,03	0,99	44,08

Таблица 2

Наименование материала	Частные остатки, % / Размер ячеек сит, мм				Влажность в воздушно-сухом состоянии, %	Насыпная плотность в воздушно-сухом состоянии, кг/м ³
	0,25	0,1	0,063	менее 0,063		
Минеральная добавка	0,3–0,8	23,6–25,2	28,1–30,7	42,4 – 47,3	0,1–0,2	1390–1410

Таблица 3

Состав масс, %	Температура обжига, °С	Прочность, МПа		Водопоглощение, %	Резервная пористость, %	Морозостойкость, циклы
		при сжатии	при изгибе			
Глинистое сырье – 100	1050	24,1	6,1	13,2	2,3	4
Глинистое сырье – 96 Шлам «Сатен» – 4	1050	17,6	5,8	17,3	3,4	15
Глинистое сырье – 95 Минеральная добавка – 5	1050	35,7	8,5	13,7	4,9	152

шемуся, легкоплавкому сырью с преобладанием глинистых минералов монтмориллонито-гидролюдистого типа. Химический состав атюхтинского глинистого сырья приведен в табл. 1.

Лабораторными исследованиями было установлено, что обожженные образцы полусухого прессования, изготовленные из атюхтинского глинистого сырья, как в чистом виде, так и с 4% топливосодержащей добавки — шлама «Сатен» — неморозостойки.

Для повышения морозостойкости керамического камня, учитывая результаты ранее проведенных исследований, в качестве компонента шихты, способствующего увеличению резервной пористости, использовали минеральную добавку — кальцийсодержащие отходы, образующиеся в процессе производства минеральных удобрений [3]. Данный материал представляет собой тонкодисперсный порошок с зернами сферической формы, не диспергирующими в воде. Химический состав минеральной добавки представлен в табл. 1, зерновой состав и насыпная плотность — в табл. 2.

В табл. 3 приведены физико-механические характеристики обожженных образцов, полученные при проведении экспериментальных работ из глиномасс как в чистом виде, так и с введением добавок. Перерабатывали массы в пластическом состоянии, гранулировали, а после подсушки измельчали до заданных размеров.

Введение карбонатосодержащих отходов позволило увеличить прочность изделий как при сжатии, так и при изгибе — до 35,7 и 8,5 МПа соответственно и повысить морозостойкость опытных образцов до 152 циклов. Также можно отметить, что по внешнему виду и значению водопоглощения полученные изделия можно отнести к лицевым [2].

С целью расширения ассортимента изделий были опробованы составы масс для производства кирпича светлых тонов. Для получения обожженных образцов светло-желтого цвета в состав шихты были добавлены: мел — 9 %, кальцийсодержащая добавка — 3% и модификатор ЮНС — 2 % [4]. На основе данного состава в лаборатории получены образцы светло-желтого цвета высокой морозостойкости, по внешнему виду соответствующие лицевым изделиям.

Положительные результаты лабораторных исследований по получению морозостойкого керамического камня различных цветов позволили рекомендовать рациональный состав и технологические параметры производства для выпуска опытных партий керамического кирпича в производственных условиях.

Были выпущены партии керамического кирпича красного и светло-желтого цветов, содержащих минеральную добавку [5].

Результаты физико-механических испытаний опытных образцов представлены в табл. 4. Для сравнения также приведены показатели кирпича, изготовленного из заводского состава на основе атюхтинского сырья (с топливосодержащей добавкой).

Опытный кирпич, содержащий минеральную добавку, характеризуется более высокими физико-механическими показателями, а по внешнему виду и морозостойкости относится к лицевым изделиям. После испытания на капиллярный подсос и пропаривание высолов на поверхности и отколов от карбонатных включений не наблюдалось.

По результатам выпуска опытных партий изделий, для повышения конкурентоспособности производимой продукции, руководством шахтинского завода было принято решение о техническом перевооружении предприятия. Проектные работы выполнил институт «ЮжНИИСтром».

На первом этапе техперевооружения завода на участке массопереработки взамен камневыведительных валцов, установленных перед сушильным барабаном, проектом были вписаны в линию две новые единицы оборудования — глиномес СМК-126 и «Каскад-14» [6] (разработчик и производитель ООО «ИНТА-Строй», Омск), которые позволяют обеспечить требуемое качество смешивания сырьевых компонентов и получить гомогенизированную шихту в виде гранул перед подачей в сушильный барабан.

При модернизации кольцевой печи обжига со съёмным сводом были проведены следующие мероприятия:

- усилена термоизоляция печи, что позволяет повысить температуру обжига до 1100°С;
- увеличен рабочий объем обжигового канала примерно на 15%;

Таблица 4

Наименование	Температура обжига, °С	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность, МПа		Водопоглощение, %	Морозостойкость, циклы
			при сжатии	при изгибе		
Кирпич с минеральной добавкой	1050	1870	16,4	2,8	13,7	52
Кирпич светло-желтого цвета с минеральной добавкой	1050	1850	15,5	2,9	13,5	58
Кирпич с топливосодержащей добавкой	1050	1828	13,2	2,5	15,1	18

— улучшена аэродинамика внутренних тепловых потоков в печи;

— газоснабжение печи переведено на новую элементную базу. Установлены двухпроводные газовые горелки и система управления, обеспечивающие автоматизированный процесс обжига продукции [7].

Завершение работ *первого этапа* позволит заводу выпускать строительный и лицевой кирпич, соответствующий ГОСТ 530-2012.

На втором этапе проектом предусматривается строительство участка приема и складирования сырьевых компонентов, системы их дозирования и подачи в технологическую линию.

Завершение этого этапа позволяет перейти к полноценному производству лицевого высококачественного керамического кирпича широкой цветовой гаммы, по всем параметрам соответствующего требованиям ГОСТ 530-2012.

На третьем этапе будет решаться задача перевода завода на круглогодичную работу.

Известно, что узким местом заводов полусухого прессования остается повышенная начальная влажность прессованных изделий, которые, как правило, сразу подаются в печь с влажностью 8,5–11%, что чревато потерей качества продукции. Поэтому тема промежуточной подсушки кирпича-сырца тоже будет решаться при комплексном техническом перевооружении завода.

Помимо этого для снижения зависимости от влияния человеческого фактора будет предусмотрена меха-

низация (роботизация) процессов съема от прессов и укладки в пакеты кирпича-сырца на участке прессования и укладки готовой продукции на поддоны.

Предложенный вариант технического перевооружения завода отвечает направлениям развития отрасли, сформулированным Стратегией развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения на период до 2020 г. Ее реализация повлечет частичную модернизацию предприятий керамической промышленности и рост уровня обновления их основных фондов. Продукция, выпускаемая этими предприятиями из низкосортного глинистого сырья, будет конкурентоспособной. Региональный строительный рынок пополнится керамическими материалами расширенного ассортимента и повышенного качества, так как при использовании предлагаемой технологии возможно получение полнотелого кирпича повышенной морозостойкости и лицевого кирпича различных цветов. Все это послужит повышению инвестиционной привлекательности отрасли.

Накопленный отечественный опыт по совершенствованию технологий производства керамического кирпича методом полусухого прессования (компрессионного формования) и отраженный как в настоящей статье, так и в работах [8, 9], позволяет гарантировать организацию производства высококачественного и морозостойкого лицевого кирпича практически на любом действующем заводе после его технического перевооружения.

Список литературы

1. Гуров Н.Г., Наумов А.А., Иванов Н.Н. Пути повышения морозостойкости кирпича полусухого прессования // *Строительные материалы*. 2012. № 3. С. 40–42.
2. Гуров Н.Г., Наумов А.А., Юндин А.Н. Повышение морозостойкости керамического камня полусухого прессования минеральной модифицирующей добавкой // *Строительные материалы*. 2012. № 5. С. 78–80.
3. Патент РФ 2455257. *Керамическая масса*. Гуров Н.Г., Наумов А.А., Иванов Н.Н., Гуров Р.Н.; Заявл. 22.10.2009. Опубл. 10.07.2012. Бюл. № 19.
4. Гуров Н.Г., Котлярова Л.В., Иванов Н.Н. Производство керамического кирпича светлых тонов из красножгущегося глинистого сырья // *Строительные материалы*. 2005. № 9. С. 58–59.
5. Наумов А.А., Юндин А.Н. Морозостойкий керамический кирпич полусухого прессования из глинистого сырья Шахтинского завода // *Инженерный вестник Дона: научный интернет-журнал*. 2012. № 3. С. 638–642. http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/2012_3_112.pdf_960.pdf (дата обращения 30.03.2014).
6. Шлегель И.Ф., Рукавицын А.В., Андрианов А.В. Использование установок серии «Каскад» в технологии полусухого прессования кирпича // *Строительные материалы*. 2010. № 4. С. 58–59.
7. Курносое В.В., Вострикова С.Н., Милосердов А.В., Ярошок М.М. Опыт применения систем отопления с широким диапазоном регулирования при модернизации и строительстве керамических производств // *Строительные материалы*. 2004. № 2. С. 24–25.
8. Кондратенко В.А., Пешков В.Н., Следнев Д.В. Проблемы строительства и реконструкции кирпичных производств // *Строительные материалы*. 2004. № 2. С. 3–5.
9. Стороженко Г.И., Болдырев Г.В., Кузубов В.А. Механохимическая активация сырья как способ повышения эффективности метода полусухого прессования // *Строительные материалы*. 1997. № 8. С. 19–20.

References

1. Gurov N.G., Naumov A.A., Ivanov N.N. Ways to improve the frost resistance of brick dry pressing. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 3, pp. 40–42. (In Russian).
2. Gurov N.G., Naumov A.A., Jundin A.N. Improvement of frost resistance of semidry pressing ceramic stone with a mineral modifying additive. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 5, pp. 78–80. (In Russian).
3. Patent RF 2455257. *Keramicheskaja massa* [Ceramic mass]. Gurov N.G., Naumov A.A., Ivanov N.N., Gurov R.N. Declared 22.10.2009. Published 10.07.2012. Bulletin No. 19. (In Russian).
4. Gurov N.G., Kotljaraova L.V., Ivanov N.N. Production of a ceramic brick of light tones from the burning down is red clay raw materials. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2005. No. 9, pp. 58–59. (In Russian).
5. Naumov A.A., Jundin A.N. Frost-resistant ceramic brick of semidry pressing from clay raw materials of the Shakhty plant. *Inzhenernyj vestnik Dona: scientific Internet-journal*. 2012. No. 3, pp. 638–642. http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/2012_3_112.pdf_960.pdf (date of access 30.03.2014). (In Russian).
6. Shlegel' I.F., Rukavicyn A.V., Andrianov A.V. The use of plants of “Kaskad” series in technique of semidry pressing of brick. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 4, pp. 58–59. (In Russian).
7. Kurnosov V.V., Vostrikova S.N., Miloserdov A.V., Yaroshok M.M. Experience of use of systems of heating with a wide range of regulation at modernization and building of ceramic productions. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2004. No. 2, pp. 24–25. (In Russian).
8. Kondratenko V.A., Peshkov V.N., Slednev D.V. Problems of construction and reconstruction of brick productions. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2004. No. 2, pp. 3–5. (In Russian).
9. Storozhenko G.I., Boldyrev G.V., Kuzubov V.A. Mechanochemical activation of raw materials as way of increase of efficiency of a method of moist pressing. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 1997. No. 8, pp. 19–20. (In Russian).

Перспективы развития минерально-сырьевой базы для производства светложгущейся стеновой керамики на Юге России

Проведен анализ состояния и установлены перспективы развития минерально-сырьевой базы для производства светложгущейся стеновой керамики на Юге России. В настоящее время разведаны месторождения каолиновых и гидрослюдисто-каолиновых тугоплавких и огнеупорных глин среди юрских отложений на Северном Кавказе и неогеновых в Восточном Донбассе. Эти глины имеют низкое качество и ограниченные площади распространения. Рекомендуются для расширения сырьевой базы производства светложгущейся керамики кремнистые и кремнисто-карбонатно-глинистые породы палеоцен-эоцена, широко распространенные на Юге России. Установлено, что полученные на их основе обжиговые материалы обладают пониженной объемной массой, улучшенными теплофизическими свойствами и комфортностью, высокой прочностью, светлой окраской черепка.

Ключевые слова: глины, кремнистые породы, сырье, светложгущаяся керамика.

B.V. TALPA, Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy)

Southern Federal University (105/42 Bolshaya Sadovaya Street, Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation)

Prospects of development of mineral-raw material base for manufacture of wall ceramics becoming light color after burning in the South of Russia

The analysis of the state of mineral raw materials base for producing wall ceramics becoming light color after burning in the South of Russia is made; prospects of its development are defined. At present, the deposits of kaolin and hydromicaceous-kaolinite high-melting and refractory clays were found among Jurassic sediments in the North Caucasus and Neogene sediments in the Eastern Donbass. These clays are of low quality and their spread areas are limited. Siliceous and siliceous-carbonate-clay rocks of the Paleocene and Eocene widely spread in the South of Russia are recommended for expanding the raw material base of manufacturing of ceramics becoming light color after burning. It is established that fired materials produced on their base have the low volume weight, enhanced thermo-physical properties and comfortability, high strength and light color of the ceramic body.

Keywords: clays, siliceous rocks, raw materials, ceramics becoming light color after burning.

Расширение ассортимента и увеличение выпуска качественных стеновых изделий непосредственно связано с улучшением их эксплуатационных и декоративных свойств. Наибольшее значение среди широкой гаммы конструкционных стеновых материалов имеют керамические. Это объясняется их высокой долговечностью, улучшенными антикоррозионными, тепло- и звукоизоляционными свойствами, комфортностью и архитектурной выразительностью.

Между тем расширение производства лицевого стеновых керамических материалов на Юге России ограничено рядом причин, одной из которых является малая распространенность качественного светложгущегося глинистого сырья. В связи с этим большинство действующих предприятий стеновой керамики вынуждены работать на низкокачественном сырье, предопределяющем выпуск изделий, отличающихся невысокой прочностью, морозостойкостью, наличием высолов и плохим внешним видом. В настоящее время большинство предприятий лицевого кирпича Юга России используют глинистое сырье Владимировского месторождения, приуроченного к Сулинской свите, к которой отнесены песчано-глинистые аллювиальные отложения. Сулинские отложения развиты в виде останцев погребенных террас, врезаны или залегают на каменноугольных отложениях и тяготеют к осевым частям Сулино-Садкинской и Шахтинско-Несветаевской синклиналей.

Глины имеют линзовидную форму залегания в толще песков. Они являются пойменной фацией аллювия и залегают в виде останцев древней поймы в нижней части современных склонов и, как правило, стратиграфически в верхней части песчаной толщи. Глины имеют белую, темно-серую, часто желтоватую, зеленоватую, красноватую окраску, встречаются красные разности. Они имеют

смешанный каолинит-гидрослюдистый состав с примесью монтмориллонита. В них отмечаются примесь песчаного материала, включения крупных зерен кварца, известковых стяжений, гнезд и примазок гипса, включения марганцовистых минералов. Глины являлись предметом поисков на огнеупорное и керамическое сырье и изучены детально на многих месторождениях (Сулинское, Федоровское, Владимировское, Киреевское и др.). Особенности распространения литологических разностей пород Сулинской толщи подчинены закономерностям осадконакопления в речной системе с частыми колебаниями базиса эрозии, что обуславливало либо накопление сплошь песчаных отложений, либо многократную смену русловых песков пойменными опесчаненными глинами и, наконец, пластичными озерно-болотными глинами. Мощность Сулинской толщи составляет от нескольких метров до 16 м, мощность глин 2,7–6 м. В связи с этим ограничены площади распространения глинистых пород и их прогнозные ресурсы.

Гидрослюдисто-каолиновые глинистые породы на территории Северного Кавказа распространены только в его центральной части и приурочены к песчано-глинистым отложениям верхнего келловоя и титона. Прослеживаются первые у подножия Скалистого хребта от р. Большой Зеленчук до р. Березовой и представлены глинами серыми, темно-серыми, жирными на ощупь. По механическому составу они относятся в основном к глинам алевритистым. Структура глин алевропелитовая, текстура ориентированная и слабоориентированная. Глинистые породы залегают среди песчаников алевритисто-глинистых, глинисто-алевритистых, глинистых и имеют пластовую и линзовидную форму залегания. Имеют локальное распространение в долине р. Подкумок, мощность их не превышает 4 м. По грану-

лометрическому составу они относятся к глинам алевритистым, имеют алевропелитовую текстуру. При анализе результатов полуколичественных определений глинистых минералов из наиболее мощных пластов келловейских глин и локально распространенных титонских глин установлено, что основным породообразующим минералом является каолинит, а гидрослюда находится в подчиненном количестве.

При рентгеновском исследовании каолинитов в неориентированных препаратах зафиксированы кроме базальных отражений и рефлексы 020, 110, 111 пк, в области 19,5–24° 2 θ . Интенсивность этих отражений невысокая, что характерно для каолинитов несовершенной структуры. Степень совершенства структуры исследуемых каолинитов, определенная по методу Хинкли [1], составляет 0,16–0,26 относительных единиц. Таким образом, эти каолиниты относятся к несовершенным. Исследования фракции глин менее 0,001 мм под электронным микроскопом позволили установить, что преобладающим минералом является каолинит. Он представлен изометричными пластинками разной толщины, среди которых хорошо выраженные псевдогексагональные каолиниты встречаются редко, обычно они обломаны. Частицы имеют тенденцию к агрегированию. Кроме каолинита присутствует гидрослюда, морфологически трудноотличимая от каолинита.

На всех дифференциальных кривых нагревания глин регистрируются два эндотермических и один экзотермический эффекты. Первый эндотермический эффект связан с выделением межслоевой молекулярной воды в интервале от 70°С до 220°С максимум при 160°С, второй — с выделением гидроксильной воды, аморфизацией вещества и выделением конституционной воды в интервале 400°С до 730°С с максимумом при 600°С. Экзотермический эффект, образующийся в результате кристаллизации муллита, фиксируется в интервале от 930°С до 1010°С максимумом при 980°С. Потеря веса при первой реакции составляет 3–4%, при второй — 11–12%. Такое сочетание термических эффектов указывает на гидрослюдисто-каолинитовый состав исследуемых глин. К ним относится Красногорское месторождение тугоплавких и огнеупорных глин. Месторождение представлено пластообразной залежью глин, лежащих на песчано-глинистых отложениях средней юры и перекрытых песчаниками и известковыми конгломератами верхней юры и песчано-глинистыми аллювиальными четвертичными отложениями. Возраст глин келловейский. Мощность полезной толщи от 0,5 до 3,75 м. Суммарная мощность покрывающих пород 85–250 м, средняя — 120 м. Наибольшее распространение имеют жирные глины, редко встречаются песчаные. Жирные глины высокодисперсные, с содержанием фракции менее 0,001 мм 50–72%, песчаные — среднедисперсные, с содержанием фракции менее 0,001 мм 31–36%.

По химическому составу глины делятся на основные и полукислые. К основным отнесены глины, содержащие в прокаленном веществе $Al_2O_3 + TiO_2$ — от 30 до 36%; Fe_2O_3 , — не выше 2,5–4%; огнеупорность 1670–1700°С. К полукислым относятся глины с содержанием $Al_2O_3 + TiO_2$ не менее 22%; Fe_2O_3 не выше 4% и с огнеупорностью не ниже 1670°С. На месторождении выделено четыре сорта огнеупорных глин: I-й сорт — с содержанием (в прокаленных глинах) $Al_2O_3 + TiO_2$ 37% и выше; Fe_2O_3 не выше 2,5%; огнеупорность 1700°С. Глины I-го сорта по химическому составу и огнеупорности пригодны для производства ковшового кирпича, а частично и шамотных изделий, кроме того могут использоваться для производства светложгущего лицевого кирпича. Запасы утверждены ГКЗ (протокол № 456 от 21 апреля 1955 г.) по кат. А+В+С₁ в объеме 10150 тыс. т.

Необходима переоценка запасов в соответствии с современными требованиями стандартов и новых направлений использования, а также современной технологии эксплуатации месторождений (подземная добыча).

Каолины и каолинитовые глины распространены на плато Бечасын, в верховьях рек Таракул-Тюбе и Элиаурган. Слагают основную часть латеритной коры выветривания, развитой по эффузивам, и представлены глинами серыми, реликтовой структуры. Кора выветривания мощностью 2–20 м, развитая по вулканогенным породам, во время своего формирования по-видимому, относилась к горному фациальному типу коры. В ее верхних зонах выветривания глинистые породы замещаются бокситами [2].

Глинистые породы рассматриваемого фациального типа на Северном Кавказе слагаются в основной своей массе несовершенным каолинитом, в виде примеси присутствуют: галлузит, кварц, гиббсит. Песчаная и алевритовая фракции глин (до 30%) состоят из сферолитов сидерита, обломков невыветренных эффузивов и фенокристаллов полевых шпатов лабрадор-андезиновое состава.

Глинистые породы, приуроченные к бокситоносной формации, разделяются на два типа: каолины и каолиновые глины. К первому принадлежат каолины, относящиеся к началу фациального ряда и развитые по вулканическим туфам шоанской свиты мощностью 0,1–18 м; ко второму — каолинитовые сахарные глины мощностью от 0,2 до 7,5 м, испытывающие незначительные перемещения, чаще всего в границах распространения элювиального покрова, по свойствам мало отличающиеся от остаточных каолинов. Они принадлежат к окончанию фациального ряда. Каолинитовые глины второго типа являются делювиально-пролювиальными, т. е. отложениями пологих склонов и их подножий. Макроскопически глины обоих видов серые, уплотненные, сахарные. Каолины сохраняют внешний облик первичной вулканогенной породы, а каолинитовые глины слоистые с остатками обугленной растительности.

Анализ петрографического состава каолинов позволил установить их реликтовую и порфириобластовую структуры, а также беспорядочную текстуру. Каолинитовые глины, как правило, пелитоморфные, микрослоистые и с незавершенной слоистостью и петельчатой (сетчатой) текстурой. Основным гипергенным минералом является каолинит, слагающий 90% пелитовой фракции. Кроме каолинита из других политипных форм минералов каолинитовой группы установлен галлузит. Изучение минерала каолинита из профиля выветривания эффузивов и продуктов переотложения на плато Бечасын показало незначительные колебания относительной степени совершенства или упорядоченности их структуры от 0,19 до 0,4. Таким образом, каолинит изученных образцов относится в основном к неупорядоченному. Сравнительный анализ морфологических особенностей и степени совершенства изученных каолинитов показал, что низкая упорядоченность каолинита обуславливает его слабую окристаллизованность. Сидерит, являющийся наложенным минералом в каолинитах и каолинитовых глинах, составляет значительную (до 20%) часть общей массы породы, подвергнувшейся сидеритизации. Он имеет достаточно высокое двупреломление, слегка окрашен в бурый цвет, образует сферолиты размером 0,3–2,5 мм, иногда агрегаты сферолитов до 1,5–2 см в диаметре.

Результаты исследований каолинов и каолинитовых глин позволяют отнести их к мономинеральным разновидностям глинистых пород. Сфера применения подобного сырья ограничена ввиду повышенного присутствия в нем оксида железа. Его использование возможно при изготовлении строительной керамики (облицо-

вочная плитка под глухую глазурь, плитки для пола, керамические трубы).

Приведенный обзор существующей минерально-сырьевой базы традиционного глинистого сырья для производства светложущейся керамики, ограниченность его распространения позволяют говорить о низкой перспективе расширения.

Анализ состояния минерально-сырьевой базы керамической промышленности на Юге России, а также постоянно возрастающая потребность в стеновых керамических материалах в качестве первоочередной выдвигают задачу расширения сырьевой базы этой отрасли промышленности за счет вовлечения в производство новых, в том числе и нетрадиционных, видов сырья. По нашему мнению, частично решить эту проблему возможно, используя новое нетрадиционное сырье — кремнистые опал-кristобалитовые породы (опоки, диатомиты, трепелы) и широкую гамму смешанных (хлидолитов) пород кремнисто-карбонатно-глинистого ряда [3].

Наибольший интерес в качестве сырья для производства стеновых керамических материалов представляют кремнистые и смешанные породы палеоцен-эоценовых отложений Ростовской, Волгоградской и Астраханской областей, а также Краснодарского и Ставропольского краев, Кабардино-Балкарии и Дагестана. Стеновые керамические изделия на их основе обладают рядом положительных свойств: легкостью, хорошими звуко- и теплоизоляционными свойствами, способностью выдерживать скоростную сушку без появления при этом трещин и деформаций и другими. Исследованное сырье может с успехом применяться на всех кирпичных заводах с полусухим способом подготовки сырья и формования. Проведенные испытания антикоррозионных, прочностных, декоративных и теплотехнических свойств новых эффективных керамических материалов показали, что они по этим показателям значительно лучше, чем выпускаемая в регионе продукция [4–6].

Анализ геологической ситуации на Юге России указывает на наличие смешанных пород (хлидолитов) морского генезиса на этой территории. Приурочены, как правило, эти породы к переходным частям разрезов от карбонатных пород верхнемелового возраста к кремнистым породам палеоцена. В это время в бассейнах осадконакопления еще не прекратилась садка карбонатного материала и уже начались процессы кремнеаккумуляции, сопровождаемые синхронным формированием глинистых минералов. Такие породы являются естественной природной шихтой с необходимой стехиометрией $\text{CaO}:\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ для производства светложущегося лицевого кирпича. Они выдержаны по качеству, распространены на десятки километров, прослеживаются в открытых обнажениях на малощельных и бросовых землях и имеют мощности до 100 м.

Правобережная часть Ростовской, Волгоградской, Астраханской областей, предгорья Кавказа, наиболее развитые в промышленном отношении, располагают

крупной сырьевой базой кремнистого опал-кristобалитового сырья и прогнозными ресурсами хлидолитов [7]. Запасы, разведанные по промышленным категориям (Баканское, Нагольновское, Масловское, Этокское, Красноярское, Мальчевское, Песковато-Лопатинское, Успенское, Авило-Федоровское, и другие месторождения), составляют более 25 млн м³. Прогнозные ресурсы в несколько сотен раз больше. Известны многочисленные проявления, перспективные участки и прогнозные площади для поиска и разведки новых месторождений [8, 4]. Однако использование кремнистых пород и хлидолитов промышленностью строительных материалов Юга России оставляет желать лучшего. Одной из причин этого, на наш взгляд, является широкий диапазон свойств данного вида сырья и слабая технологическая изученность. Кроме того, большинство месторождений было разведано в 50–60-е гг., и оценка качества сырья проводилась по ныне отмененным ГОСТам, вследствие чего все они нуждаются в доизучении. Поэтому первоочередной задачей в настоящее время является всестороннее изучение состава, свойств кремнистых пород и хлидолитов, выбор оптимальных путей их использования, разработка конкретных технологических схем и процессов.

Как свидетельствуют многочисленные анализы вещественного состава, кремнистые породы на юге России — это не чистые силициты, а многокомпонентные системы. Постоянной составляющей их наряду с аморфным кремнеземом являются глинистые минералы, содержащиеся в том или ином количестве. В качестве примеси могут присутствовать песчано-алевритовый и карбонатный материалы, частички которых обычно не превышают 0,01 мм. В связи с этим выделяются различные литологические разности кремнистых пород — глинистые, песчаные, карбонатные и смешанные. Разнообразие состава обуславливает широкий диапазон полезных свойств — различные физико-технические и технологические свойства и, как следствие, разносторонние области применения [9].

На кафедре минералогии и петрографии ЮФУ и кафедре «Строительные материалы» РГСУ на протяжении многих лет ведутся работы по изучению и использованию кремнистых и смешанных пород в строительной промышленности. Проведенные работы позволили выявить наиболее перспективные направления их использования для производства светложущегося кирпича [10]. Выявлены минералогические критерии их использования в производстве строительных материалов. Установлено, что полученные на их основе обжиговые материалы обладают пониженной объемной массой, улучшенными теплофизическими свойствами и комфортностью, высокой прочностью, светлой окраской черепка. В настоящее время спроектирован и действует кирпичный завод в г. Новочеркасске (ООО «Тандем-ВП») на базе Нагольновского месторождения, разведано Шевченковское месторождение и проектируется на его основе кирпичный завод в г. Новошахтинске.

Список литературы

1. Hinckley D.N. Variability in «crystallinity» values among the Realign deposits of the coastal of the Gorgia and South Carolina. *Proceedings 11th National Conference of clays and clay minerals*. 1963, pp.123–128.
2. Бойко Н.И., Седлецкий В.И., Талпа Б.В. Прогнозирование неметаллических полезных ископаемых на Северном Кавказе. Ростов-на-Дону: РГУ, 1986. 255 с.
3. Талпа Б.В., Бойко Н.И., Котляр В.Д. Опал-кristобалитовые породы (опоки) как новый вид сырья для керамики // *Известия вузов, Северо-*

References

1. Hinckley D.N. Variability in «crystallinity» values among the Realign deposits of the coastal of the Gorgia and South Carolina. *Proceedings 11th National Conference of clays and clay minerals*. 1963, pp.123–128.
2. Bogatyrev B.A., Delitsyn I.S. Predtoarskii lateritnyi profil' vyvetrivaniya na plato Bechasyn (Severnyi Kavkaz) [Predtoarsky lateritic weathering profile plateau Bechasyn (North Caucasus)]. In book *Weathering crust* (Vol. 16). Moscow: Nedra, 1978, pp. 161–171.
3. Talpa B.V., Boiko N.I., Kotlyar V.D. Opal-cristobalite rocks (flask) as a new raw material for ceramics. *Izvestiya*

- Кавказский регион. Естественные Науки.* 1995. № 2. С. 50–51.
4. Котляр В.Д., Талпа Б.В. Опоки – перспективное сырье для стеновой керамики // *Строительные материалы.* 2007. № 2. С. 31–33.
 5. Талпа Б.В., Котляр В.Д., Бондарюк А.Г. Стеновые керамические изделия на основе опок Баканского месторождения (Краснодарский край) // *Строительные материалы.* 2009. №4. С. 70–72.
 6. Талпа Б.В., Котляр В.Д., Терехина Ю.В. Оценка кремнистых опоковидных пород для производства керамического кирпича // *Строительные материалы.* 2010. № 12. С. 8–10.
 7. Дистанов У.Г. Кремнистые породы СССР. Казань: Татарское книжное издательство, 1976. 412 с.
 8. Бойко Н.И., Седлецкий В.И., Талпа Б.В. Прогнозирование неметаллических полезных ископаемых на Северном Кавказе. Ростов-на-Дону: РГУ, 1986. 255 с.
 9. Котляр В.Д. Классификация кремнистых опоковидных пород как сырья для производства стеновой керамики // *Строительные материалы.* 2009. № 3. С. 24–27.
 10. Talpa B.V, Kotlyar V.D. Siliceous clay is perspective raw materials for effective wall ceramic. *Proceedings the Second International Conference «Clays, clay minerals and layered materials 2013»* – CMLM. 2013, P. 107.
4. Kotlyar V.D., Talpa B.V. Flask – promising raw material for ceramic wall. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2007. No. 2, pp. 31–33. (In Russian).
 5. Talpa B.V., Kotlyar V.D., Bondaryuk A.G. Wall ceramic goods on the basis of the Bakan deposit's silica clays (Krasnodar Reg.). *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 4, pp. 70–72. (In Russian).
 6. Talpa B.V., Kotlyar V.D., Terekhina Yu.V. Evaluation of siliceous clay-like rocks for production of ceramic brick. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 12, pp. 8–10. (In Russian).
 7. Distanov U.G. Kremnistye porody SSSR [Siliceous rocks USSR]. Kazan: Tatar publishing house, 1976. 412 p.
 8. Boiko N.I., Sedletskii V.I., Talpa B.V. Prognozirovanie nemetallicheskih poleznykh iskopaemykh na Severnom Kavkaze [Prediction of non-metallic minerals in the North Caucasus]. Rastov-on-Don: Rostov State University, 1986. 255 p.
 9. Kotlyar V.D. Classification of siliceous opoka rocks as raw materials for production of wall ceramics. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 3, pp. 24–27. (In Russian).
 10. Talpa B.V, Kotlyar V.D. Siliceous clay is perspective raw materials for effective wall ceramic. *Proceedings the Second International Conference «Clays, clay minerals and layered materials 2013»* – CMLM. 2013, P. 107.

III Всероссийская (международная) конференция по бетону и железобетону

Московская международная строительная выставка MOSCONCRETE 2014

12-16 мая 2014 года Здание Президиума РАН

Программа конференции включает:

- пленарные заседания
- работу 24 секций
- 8 семинаров

Отличная платформа для налаживания контактов заказчиков, производителей и потребителей строительных работ и технологий

WWW.CONCRETE2014.MGSU.RU E-mail: concrete2014@onlinereg.ru Тел./Факс: +7(495)726-5135

Организаторы




РОССИЙСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ



При поддержке






В.Д. КОТЛЯР, д-р техн. наук, Ю.В. ТЕРЁХИНА, инженер, А.В. КОТЛЯР, инженер

Ростовский государственный строительный университет (344022, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162)

Методика испытания камневидного сырья для производства стеновых керамических изделий компрессионного формования (в порядке обсуждения)

Показаны перспективы производства изделий стеновой керамики способом компрессионного формования. Для обсуждения предлагается методика испытаний камневидного неразмокаемого сырья. Предлагается для испытаний измельчать сырье до фракционного состава 0–2,5 мм или 0–1,25 мм. Данные параметры достижимы в производственных условиях. При этом зерновой состав измельченного сырья должен приближаться к оптимальному для плотнейшей упаковки зерен при прессовании. Давление прессования при испытаниях предлагается изменять от 10 до 40 МПа с интервалом 5 или 10 МПа при различной влажности пресс-порошков. Для обработки данных необходимо строить компрессионные кривые, отражающие зависимость плотности прессовок в пересчете на твердую фазу и прочности от влажности пресс-порошка и давления прессования. Результатом испытаний должно являться установление зависимостей качественных характеристик образцов от технологических параметров и выбор наиболее приемлемых вариантов.

Ключевые слова: керамика, керамический кирпич, камневидное сырье, компрессионное формование, методика испытаний.

V.D. KOTLYAR, Doctor of Sciences (Engineering), Yu.V. TEREKHINA, Engineer, A.V. KOTLYAR, Engineer
Rostov State University of Civil Engineering (162, Socialisticheskaya Street, 344022, Rostov-on-Don, Russian Federation)

Methods of testing lithoidal raw materials for producing wall ceramic products of compression molding (as a discussion)

Prospects of the production of wall ceramic product by the method of compression molding are shown. Methods of testing the lithoidal, no-swelling raw materials are offered for discussion. It is proposed to crush the raw material up to the fraction composition of 0–2.5 or 0–1.25 mm. These parameters are achievable under production conditions. At the same, the grain composition of crushed raw material has to approach the optimal one for the most dense packing of grains during the pressing. It is proposed to change the pressing pressure for tests from 10 up to 40 MPa with an interval of 5 or 10 MPa at different moisture of press-powders. For data treatment it is necessary to build compression curves reflecting the dependence of compact density in recalculation for solid phase and strengths on the moisture of press-powder and pressing pressure. The test result should be the determination of dependences of qualitative characteristics of samples on technological parameters and selection of the most acceptable options.

Keywords: ceramics, ceramic brick, lithoidal raw materials, compression molding, testing methods.

Стеновые керамические изделия были и остаются одними из основных видов строительных материалов в гражданском строительстве. В последние годы российская промышленность стеновой керамики постепенно улучшает свои показатели как в количественном, так и в качественном отношении. Строятся новые заводы, расширяется ассортимент продукции, но происходит это в подавляющем большинстве за счет поставок импортных комплектных технологических линий пластического формования, а строительство новых заводов полусухого прессования – единичные случаи. Однако, как показывает отечественный и зарубежный опыт, а также проведенный авторами технико-экономический анализ, технология полусухого прессования имеет ряд преимуществ. Отметим, что она получает все большее развитие и в странах Западной Европы [1–5].

Следует подчеркнуть, что термин «полусухое прессование» является не совсем корректным в научном и техническом плане, и сложился он исторически. Более обоснованным является термин «компрессионное прессование», который предлагался Г.Д. Ашмаринным и другими исследователями [6]. Учитывая ряд факторов, а также то, что влажность пресс-порошков в зависимости от сырьевых материалов может значительно изменяться, достигая для опоковидного сырья 20% и этим вводя многих в заблуждение, для данной технологии более точным на наш взгляд является термин «компрессионное формование», который отражает процесс изготовления изделий в замкнутых формах при давлении выше 10 МПа.

В настоящее время у многих специалистов сложилось предвзятое отношение к данной технологии в основном из-за низкого качества кирпича. Это обусловлено рядом стратегических ошибок, которые весьма негативно повлияли на развитие отрасли и качество изделий [7]. Усиленно навязывалось мнение, что для данной технологии пригодно любое сырье, в том числе и пластичные глины. Хотя изначально технология компрессионного формования, что вполне обоснованно, предназначалась для малопластичного камневидного сырья: аргиллитов, глинистых сланцев, опоковидных пород, сухарных глин, алевролитов и различных отходов промышленности. Также укоренилось ошибочное убеждение, что чем выше давление прессования, тем лучше. Но оно не является обоснованным, как и то, что сушка отформованных изделий не рассматривалась как отдельная технологическая операция [8]. Производство было ориентировано на использование механических прессов с плохо управляемым процессом формования изделий.

Существенным сдерживающим фактором для развития технологии компрессионного формования является отсутствие общепринятой методики испытания сырья. И если в специализированных организациях хоть как-то могут оценить сырье для данной технологии, то в геологических организациях, являющихся, по сути, первым важным звеном в организации производства, этого сделать не могут в принципе. Это приводит к тому, что огромные объемы сырья, попутно добываемого при различных горных работах, просто уходят в отвалы. Например, в Ростовской области таких «отхо-

Оптимальный зерновой состав измельченного сырья

Общий фракционный состав, мм	Содержание фракций, мм, мас. %				
	2,5–1,25	1,25–0,63	0,63–0,315	0,315–0,16	< 0,16
0–2,5	29,3	20,5	14,7	10,2	25,3
0–1,25	–	29	20,8	14,4	35,8

дов» сотни миллионов тонн. Потенциально пригодное природное камневидное сырье даже не рассматривается как полезное ископаемое. В основном нормативном геологическом документе по глинистому сырью «Методические рекомендации по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Глинистые породы» записано: «В настоящее время единых регулируемых стандартами требований к качеству глинистого сырья для изделий строительной керамики не существует, пригодность сырья устанавливается по качеству готовых изделий и возможности получения стандартной продукции». В этом документе нет ссылки на какую-либо методику испытания сырья для стеновой керамики. Оценка проводится только по ГОСТ 21216.0-12-93 «Сырье глинистое. Методы анализа», испытания по которому не дают даже общего представления о технологических свойствах сырья при компрессионном способе формования изделий. Это касается и кремнистых опал-кристаллитовых пород.

Учитывая вышесказанное, нами предлагается методика лабораторно-технологических испытаний для камневидного сырья по схеме компрессионного формования изделий. Задачей лабораторно-технологических испытаний является определение потенциальной пригодности сырья, установление физико-механических характеристик лабораторных образцов и характеристик планируемых к производству изделий, а также базовых технологических параметров производства. Данная методика предназначена для камневидного неразмокаемого или трудноразмокаемого в воде керамического сырья – аргиллитов, глинистых сланцев, опок и опоковидных пород, сухарных глин, алевролитов, смешанных плотных глинисто-кремнисто-карбонатных пород и различных отходов промышленности.

Главным положением в разработке методики является то, что свойства получаемых изделий зависят от следующих основных факторов: химико-минералогического состава сырья, его структуры, зернового состава измельченного сырья, влажности пресс-порошка, давления прессования и температуры обжига. *Обязательными являются полужаводские и заводские испытания сырья на действующих предприятиях. По их итогам корректируются требуемые технологические параметры для обеспечения выпуска выбранной номенклатуры продукции с соответствующим уровнем качества.*

Методика лабораторно-технологических испытаний камневидного сырья с целью оценки его пригодности для производства керамических стеновых изделий по технологии компрессионного формования изделий включает шесть этапов.

На *первом этапе* после отбора и изучения точечных проб на месторождении или проявлении составляются лабораторно-технологические пробы – объединение исходных проб, их тщательное перемешивание и квартование для усреднения химического и минерального состава. Определяется карьерная влажность, химический, минералогический составы, физико-механические свойства. Обращается внимание на структуру породы, содержание основных оксидов и минералов,

соединений серы и т. д. Сырье подсушивается до естественной гигроскопической влажности.

На *втором этапе* сырье измельчается в лабораторных щековых или конусных дробилках, дезинтеграторах до фракционного состава 0–2,5 или 0–1,25 мм. В настоящее время данные параметры легко достижимы в производственных условиях. При этом зерновой состав измельченного сырья должен приближаться к оптимальному для плотнейшей упаковки зерен при прессовании. Учитывается, что гранулы пресс-порошка, состоящие из отдельных зерен, отличаются малой структурной прочностью и разрушаются в начальный период прессования при минимальном давлении, то для достижения наибольшей плотности прессовок первостепенное значение имеет не гранулометрический, а зерновой состав пресс-порошка. Также имеется в виду, что получение порошков с прерывистым зерновым составом, дающих более плотные упаковки, в производственных условиях достаточно затруднительно. Ориентироваться можно на зерновой состав (см. таблицу), обеспечивающий наибольшую плотность прессовок при непрерывной укладке, полученный по формуле Фуллера:

$$A = 100 \sqrt{\frac{d}{D}},$$

где A – массовая доля фракции меньше данного размера частицы, мас. %; D – максимальный размер частиц в порошке, мм; d – диаметр частиц порошка, мм.

Достижение оптимального зернового состава пресс-порошка не должно быть самоцелью. На уплотняемость в большей степени оказывают влияние и другие технологические факторы, тем не менее следует придерживаться рекомендуемых зерновых составов. Также надо иметь в виду, что, с одной стороны, для плотнейшей упаковки нужен определенный зерновой состав, а с другой – надо учитывать, что степень измельчения является важнейшим фактором спекания и чем больше тонких фракций, тем больше степень спекания при заданной температуре.

На *третьем этапе* необходимо определить интервалы влажности пресс-порошка и давления прессования для получения бездефектных образцов с пределом прочности при сжатии более 1,5 МПа. Для этого прессуются образцы-цилиндры с размерами 50×50 мм или образцы-кубы с размерами стороны 50 мм. При формовании образцов надо стараться выдерживать отношение диаметра к высоте 1:1. Для формования образцов используются лабораторные гидравлические прессы и специальные пресс-формы, обеспечивающие двухстороннее приложение нагрузки.

Для прессования готовятся пресс-порошки с выдержанным гранулометрическим составом и различной влажностью в возможно широком интервале. Интервал влажности зависит от свойств исходного сырья. Для плотных глинистых сланцев влажность может быть в интервале 6, 8, 10 и 12%, для опоковидного сырья – 6, 10, 14, 18 и 22%. Широкий интервал влажности обусловлен микропористостью кремнистых пород. Желательно иметь не менее четырех возможных вариантов влажности пресс-порошка.

Значения давления формования изменяются от 10 до 40 МПа с интервалом 5 или 10 МПа. Сразу после формовки определяются размеры, средняя плотность и прочность свежесформованных образцов на 3–5 образцах, фиксируются дефекты прессования. Оставшиеся 5–10 образцов находятся в естественных условиях в течение 24 ч, по истечении которых их осматривают, фиксируют размеры и дефекты прессования. Затем образцы высушивают в сушильном шкафу при температуре 100–105°C. Высушенные образцы также проверяют на наличие дефектов, определяют среднюю плотность и воздушную усадку, если она есть.

Для обработки данных составляют таблицы и строят компрессионные кривые, отражающие зависимость плотности и прочности сырца от влажности пресс-порошка и давления прессования. Наглядное представление в виде графиков позволяет установить оптимальное соотношение давления прессования и влажности пресс-порошка для получения бездефектного сырца с необходимой прочностью, максимально возможной равноплотностью, зависящей в основном от влажности пресс-порошка, и наибольшей плотностью образцов в пересчете на твердую фазу. Как правило, наибольшая плотность образцов в пересчете на твердую фазу соответствует и максимальной прочности обожженных изделий [9–11]. На этом же этапе возможно установление зависимости прочности и плотности образцов от зернового состава измельченного сырья для фракций 0–2,5 мм и 0–1,25 мм.

Следующим, **четвертым этапом** является определение режима обжига для данного сырья с целью получения зависимости показателей прочности, плотности и водопоглощения образцов от температуры обжига. На основании установленного оптимального соотношения влажность–давление прессования для максимальной плотности образцов в пересчете на твердую фазу при условии отсутствия дефектов формуют образцы. После подсушки образцы обжигаются в лабораторной печи. Максимальная температура обжига принимается от 900 до 1100°C с интервалом 50°C. Ориентировочный режим обжига: нагрев образцов 10–12 ч; выдержка при конечной температуре 2 ч; охлаждение 8–12 ч. После обжига определяется средняя плотность образцов, огневая усадка, общая усадка, водопоглощение и прочность при сжатии. По полученным данным определяется зависимость предела прочности при сжатии, средней плотности, водопоглощения от режима обжига.

Результатом проведенных экспериментов является установление зависимостей качественных характеристик образцов от технологических параметров и выбор наиболее приемлемых вариантов. В общем виде можно говорить, что если предел прочности при сжатии обожженных образцов достигается не менее 20 МПа, то сырье можно считать потенциально пригодным для производства стеновой керамики.

Пятым этапом является изготовление полнотелого или пустотелого керамического кирпича стандартных

размеров 250×120×65 мм в лабораторных условиях с использованием специальных пресс-форм, обеспечивающих двустороннее приложение нагрузки по установленным технологическим параметрам. Для свежесформованных образцов-кирпичей определяют сырцовую прочность, среднюю плотность, плотность в пересчете на твердую фазу. После подсушки образцы-кирпичи обжигают по заданному режиму, после чего определяют их среднюю плотность, предел прочности при сжатии и изгибе, водопоглощение и морозостойкость по стандартным методикам и устанавливают соответствие полученных показателей требованиям ГОСТ 530–2012. На данном этапе определяют максимальную скорость обжига в лабораторной печи с программируемым режимом обжига для одного отдельного изделия. Для подтверждения и сопоставления результатов определяют коэффициент соотношения данных, полученных на образцах-цилиндрах и образцах-кирпичах.

На **шестом этапе**, после проведения вышеприведенного комплекса испытаний и получения положительных результатов можно приступить к оптимизации технологических параметров производства, вводить добавки в состав шихты, корректировать степень измельчения сырья, изучать структурные особенности получаемых изделий и т. д. С помощью математических методов планирования эксперимента определяют области технологических параметров производства для получения изделий с заданными свойствами.

Подтверждением результатов лабораторно-технологических исследований должны быть полужаковские испытания сырья на действующих предприятиях. Полужаковские испытания состоят из подготовки в лабораторных условиях пресс-порошка установленного состава и оптимальной влажности с последующим прессованием полученной массы на заводских прессах при заданных режимах прессования и последующем обжиге. Если данные, полученные в промышленных условиях, не соответствуют лабораторным, выясняют причины несоответствия, проводят анализ полученных результатов и корректировку технологических параметров.

Предложенная методика позволяет оценить исходное сырье, установить его пригодность в качестве основного для производства керамического кирпича по технологии компрессионного формования, определить технологические параметры производства продукции: степень измельчения исходного сырья, влажность пресс-порошка, давление прессования и режим обжига, а также предварительно оценить качественные показатели изделий. На основании проведенных лабораторно-технологических испытаний проводят подбор оборудования для обеспечения технологических параметров производства и составляют проект технологической линии. Предлагаемая методика требует широкого обсуждения и может быть полезна для технологов кирпичных заводов, сотрудников испытательных лабораторий и проектных организаций и особенно геологам, изучающим нерудное сырье.

Список литературы

1. Ашмарин Г.Д., Курносов В.В., Беляев С.Е., Ласточкин В.Г. Обоснование эффективности компрессионного формования керамических строительных материалов // *Строительные материалы*. 2011. № 2. С. 8–9.
2. Ашмарин Г.Д., Ласточкин В.Г., Курносов В.В. Теоретические основы и пути совершенствования технологии компрессионного формования керамических стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2009. № 4. С. 26–29.

References

1. Ashmarin G.D., Kurnosov V.B., Belyaev S.E., Lastochkin V.G. Evaluation of the effectiveness of compression molding of ceramic building materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 2, pp. 8–9. (In Russian).
2. Ashmarin G.D., Lastochkin V.G., Kurnosov V.B. Theoretical bases and ways to improve the technology of compression molding of ceramic wall materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 4, pp. 26–29. (In Russian).

3. Котляр В.Д., Терехина Ю.В., Небежко Ю.И. Перспективы развития производства керамического кирпича полусухого прессования // *Строительные материалы*. 2011. № 2. С. 6–7.
4. Fernandez J. Material Architecture: Emergent materials for innovative buildings and ecological construction. Architectural Press. 2006. 332 p.
5. Deplazes A. Constructing architecture: materials, processes, structures. EU.: Publishers for Architecture. 2005. 508 p.
6. Ашмарин Г.Д. Производство керамических стеновых изделий методом полусухого прессования. Аналитический обзор. М.: ВНИИ НТИиЭПСМ, 1990. 58 с.
7. Шлегель И.Ф. Проблемы полусухого прессования кирпича // *Строительные материалы*. 2005. № 2. С. 18–19.
8. Шлегель И.Ф. Некоторые аспекты полусухого прессования кирпича // *Строительные материалы*. 2012. № 6. С. 6–8.
9. Котляр В.Д. Особенности прессования керамических порошков на основе опок при производстве стеновой керамики // *Строительные материалы*. 2009. № 12. С. 28–32.
10. Попильский Р.Я., Пивинский Ю.Е. Прессование порошковых керамических масс. М.: Металлургия, 1983. 176 с.
11. Котляр В.Д. Прессуемость порошкообразных масс на основе опок // *Инженерный вестник Дона*. Научный интернет-журнал. 2012. № 3. <http://www.ivdon.ru> (дата обращения 12.03.2014).
3. Kotlyar V.D., Terehina Y.V., Nebejko Y.I. Prospects for the development of ceramic bricks dry pressing. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 2, pp. 6–7. (In Russian).
4. Fernandez, J. Material Architecture. Emergent materials for innovative buildings and ecological construction. Netherlands: Architectural Press. 2006. 331 p.
5. Deplazes, A. Constructing architecture: materials, processes, structures. EU.: Publishers for Architecture. 2005. 508 p.
6. Ashmarin G.D. Proizvodstvo keramicheskikh stenovih izdiliy metodom polysyhogho pressovania. Analiticheskii obzor [Production of ceramic wall products by dry pressing. Analytical review]. Moscow: VNIi NTii ETiiEPSM VNIi NTiiETiiEPSM. 1990. 58 p.
7. Shlegel' I.F. Dry-pressed brick problem. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2005. No. 2, pp. 18–19. (In Russian).
8. Shlegel' I.F. Some aspects of dry-pressed brick. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 11, pp. 6–8. (In Russian).
9. Kotlyar V.D. Features pressing ceramic powders on the basis of the flasks in the production of ceramic wall. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 12, pp. 28–32. (In Russian).
10. Popilskii R.A., Pivinskii Y.E. *Pressovanie poroshkovih keramicheskikh mass* [Pressing powder porcelains]. Moscow: Metalyrgia. 1983. 176 p.
11. Kotlyar V.D. Compressibility powdery masses on the basis of flasks. *Inzenemii vestnik Dona*. 2012. No. 3. <http://www.ivdon.ru> (date of access 12.03.2014). (In Russian).

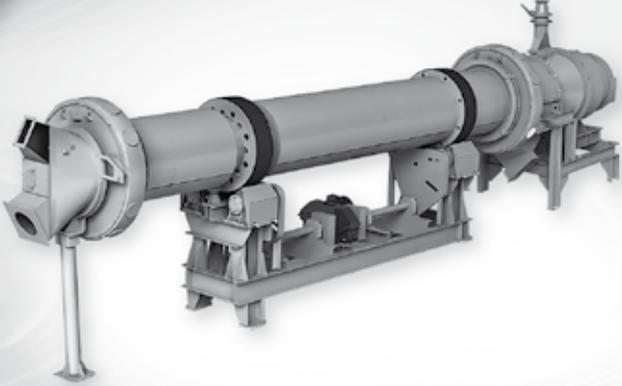


**ТОРГОВЫЙ ДОМ
ИНТА-СТРОЙ**

ООО «ТД «ИНТА-СТРОЙ», 644113, Омск, ул. 1-я Путьевая, 100
Тел.: (3812) 35 65 44, 35 65 45. E-mail: info@inta.ru. [Http: www.inta.ru](http://www.inta.ru)

ОБОРУДОВАНИЕ «ИНТА-СТРОЙ» ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

СУШИЛЬНЫЙ БАРАБАН ШЛ 402



Назначение

- Сушка в технологии полусухого прессования кирпича и других отраслях промышленности.

Преимущества:

- снижение затрат на сушку;
- увеличенное соотношение длины барабана к его диаметру повышает эффективность сушки;
- противоточное движение газов и сырья, с использованием рециркулята;
- герметичность торцевых уплотнений;
- теплоизоляционный материал, уложенный между продольными стрингерами жесткости;
- автоматизация и датчики контроля;
- обрешеченные приводные катки снижают шум и вибрацию;
- высокая степень заводской готовности;
- поставляется с топкой и горелками.

Основные характеристики:

- производительность (при сьеме 10% влажности), кг/час – 700;
- габариты (дл., шир., выс.), мм – 8500, 1300, 2200;
- установленная мощность, кВт – 3;
- масса, кг – 3900.

МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ

Н.Д. ЯЦЕНКО, канд. техн. наук, А.П. ЗУБЕХИН, д-р техн. наук

Южно-Российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И. Платова (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132)

Научные основы инновационных технологий керамического кирпича и управление его свойствами в зависимости от химико-минералогического состава сырья

Приведены результаты исследований физико-химических процессов, происходящих при формировании структуры керамического кирпича на основе глинистого сырья различного химико-минералогического состава в процессе обжига и способы их интенсификации с целью управления технико-эксплуатационными и декоративными свойствами.

Ключевые слова: керамический кирпич, окислительно-восстановительный обжиг, низкотемпературный обжиг, фазовый состав, осветление, цвет, коэффициент отражения, ядерная гамма-резонансная спектроскопия.

N.D. YATSENKO, Candidate of Sciences (Engineering), A.P. ZUBEKHIN, Doctor of Sciences (Engineering)

South-Russian State Polytechnic University (Novocherkassk polytechnical institute) named after M.I. Platov (132 Prosveshcheniya Street, Novocherkassk, Rostov Region, 346428, Russian Federation)

Scientific bases of innovative technologies of ceramic bricks and the management of its properties depending on chemical and mineralogical composition of materials

The features of physico-chemical processes in low-temperature firing of the ceramic brick, providing formation of phase composition in different redox conditions and properties ready products.

Keywords: ceramic brick, redox firing, phase composition, lighting, low-temperature roasting, color, reflection coefficient, nuclear gamma-resonance spectroscopy.

Россия стала хозяйкой крупномасштабных спортивных мероприятий мирового уровня. После проведения XXII Олимпийских зимних игр в Сочи в 2014 г. следующим мероприятием станет XXI Чемпионат мира по футболу ФИФА. В Ростове-на-Дону будут проводиться матчи Южного кластера. Это потребует проведения большого объема капитального строительства – стадион, новый аэропорт, объекты инфраструктуры. Для реализации этих объектов необходимо иметь развитую базу производства строительных материалов, к числу которых относится керамический кирпич.

Активная модернизация действующих и строительство новых заводов по производству керамического кирпича позволили расширить внедрение автоматизированных технологических линий, что повысило производительность и качество готовой продукции, но не решило основной проблемы, связанной с сырьевой базой, – истощения запасов качественного глинистого сырья.

Вовлечение в производство новых видов сырьевых материалов, в том числе нетрадиционных и низкосортных, требует научного подхода, особенно к процессам, происходящим при низкотемпературном обжиге.

Как известно, особенностью производства керамического кирпича является использование легкоплавких глин, преимущественно гидрослюдисто-каолинитовых или гидрослюдисто-монтмориллонитовых с повышенным содержанием примесей (кварцевых, карбонатных и железистых), обжиг которых проводится при температуре до 1000°C. В результате формируется полиминеральная структура керамического камня, предопределяющая фазовый состав, строение и свойства [1] в виде кристаллических (β -кварц, гематит) и рентгеноаморфных (метакаолинит, стеклофаза) фаз. Стеклофаза образуется из расплава и выполняет роль связки, обеспечивающей формирование конгломерата, обуславливающего прочность керамического кирпича. При повышенном содержании кальция в глинах при взаимодействии с метакаолинитом образуются кальцийсодержащие кристаллические фазы – геленит или анортит. Кристаллические фазы

и стеклофаза определяют не только физико-технические свойства, но и цвет керамического кирпича.

При использовании опоковидных пород или техногенных материалов наиболее оптимальным является компрессионное формование в производстве кирпича. Однако известно, что одной из главных проблем этого способа является низкое качество продукции, связанное в том числе с неизученностью процессов, происходящих при спекании. Даже тщательное регулирование составов массы за счет ввода глинистых добавок и ПАВ, а также технологических факторов – степени измельчения, давления прессования, режимов обжига [2] не обеспечивает необходимых условий для получения продукции высокого качества.

В настоящее время определяющим фактором для широкого использования кремнистых пород в производстве кирпича является возможность получения изделий различной, в том числе светлой, окраски и высокой прочности.

Как известно [3], осветление керамического камня при использовании сырья с высоким содержанием оксида железа происходит при вводе в шихту значительного количества карбонатов кальция, что обеспечивает формирование анортита, уменьшающего интенсивность окрашивания керамического камня. Однако отмечается нестабильность окраски, значительное снижение прочности, а иногда и отсутствие осветления.

В связи с этим основная задача исследований заключается в рассмотрении следующих основных факторов, обеспечивающих получение керамического кирпича с высокой прочностью и различной цветовой гаммы:

- фазовый состав глинистых и глинисто-карбонатных шихт, формирующийся в условиях окислительного и восстановительного обжига;
- влияние фазового состава на эксплуатационные и декоративные свойства кирпича;
- управление процессами фазообразования за счет интенсификации процессов твердофазного и жидкофазного спекания в условиях низкотемпературного обжига.

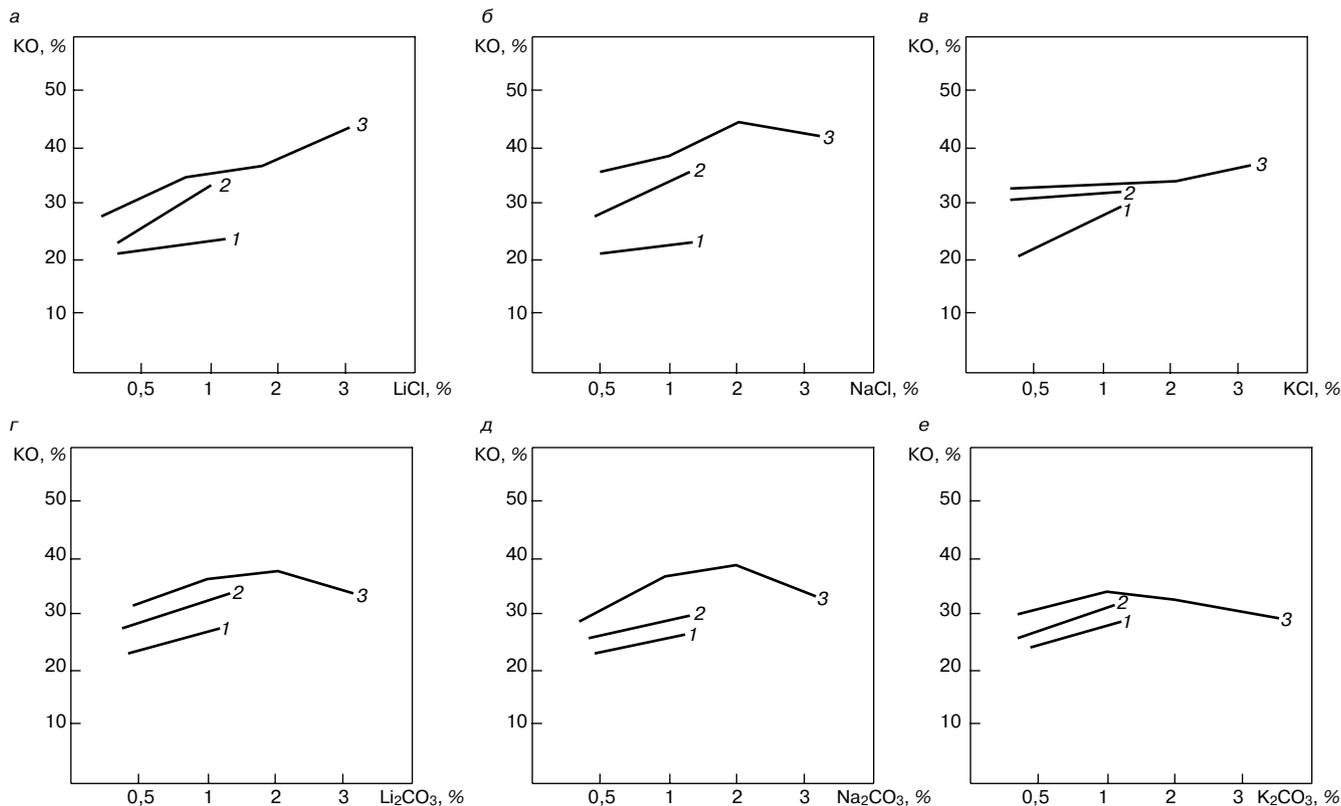


Рис. 1. КО образцов в зависимости от вида и количества минерализующей добавки и мела: 1 – 10%; 2 – 15%; 3 – 20%

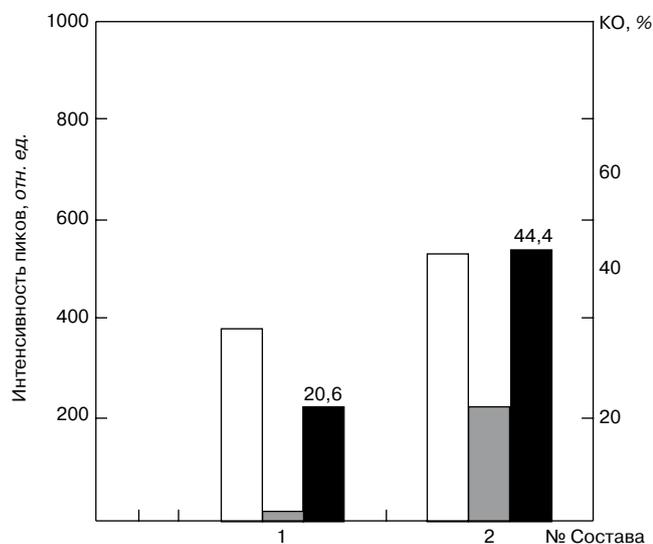


Рис. 2. Интенсивность дифракционных максимумов, соответствующих содержанию: □ – анортита; ▒ – геденбергита; ■ – КО

В технологии керамического кирпича наиболее распростран низкотемпературный (до 1000°C) обжиг в окислительной среде, что обуславливает его физико-технические свойства и один из важнейших показателей – цвет. Для получения проектируемого цвета кирпича светло-бежевой или розовой окраски необходимо использовать глинистое сырье с содержанием Fe₂O₃ не более 2% и содержанием Fe₂O₃ более 4% – для красной, красно-коричневой окраски при обязательном применении окислительного обжига. В этом случае независимо от состава железосодержащих примесей в сырье при обжиге образуются гематит α-Fe₂O₃ и ионы Fe³⁺ в структуре стеклофазы и метакаолинита, что определено с помощью прецизионного и высокочувствительного к Fe метода ядерной гамма-резонансной спектроскопии (ЯГРС) (табл. 1).

Осветление красно-коричневой окраски кирпича, т. е. увеличение его коэффициента отражения (КО), на основе высокожелезистых глин происходит только в условиях окислительного обжига при содержании в шихте не менее 15–20% CaCO₃ (за счет примесей или ввода карбонатных материалов) и минерализующей добавки.

Использование для осветления в каолинито-гидро-слоистой высокожелезистой глине Владимировского месторождения (ВКВ-2) мела в количестве от 10 до 20%, а в качестве минерализующих добавок – хлоридов и карбонатов LiCl, NaCl, KCl, Li₂CO₃, Na₂CO₃, K₂CO₃ (от 0,5 до 2%) позволило установить зависимость КО от их содержания (рис. 1) и механизм осветления керамического камня, выявленного с помощью РФА и ЯГРС.

Максимальное осветление керамического камня происходит в массе с содержанием 20% мела и 2% NaCl, КО которого составляет более 44% (рис. 1, б; состав 2). Фазовый состав образца представлен анортитом, геденбергитом и кварцем в отличие от красно-розовых (КО менее 30%) с содержанием мела 10% (состав 1), в фазовом составе которых присутствует гематит, что подтверждается результатами рентгеноструктурного анализа.

Снижение интенсивности окраски керамического камня происходит в результате образования анортита, в котором растворяется часть Fe₂O₃. В связи с низкой растворимостью Fe₂O₃ в анортите 0,75–0,78%, установленной ранее с помощью ЯГРС [4], осветление керамического камня будет происходить при увеличении образования кристаллической фазы анортита и, следовательно, его большей растворимостью. Другая часть Fe₂O₃ идет на формирование кальцийжелезосодержащего твердого раствора типа геденбергита, в котором происходит фиксация Fe₂O₃, в результате чего свободного Fe₂O₃ в виде гематита также не образуется.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что образование кальцийсодержащих кристаллических фаз – анортита и геденбергита происходит только при наличии в керамической массе избытка

Таблица 1

Параметры ЯГРС при окислительном и восстановительном обжиге кирпича

Среда обжига	Вид спектра	Параметры ЯГРС, мм/с			N _{эфф.} кЭ	Кристаллографическая позиция иона Fe	Доля иона Fe, %	Фазовое состояние Fe
		δ	ΔE _Q	Γ				
Окислительная	Секстет 1	0,373	-0,212	0,559	500,1	[Fe ³⁺ O ₆]	38,65	Fe ₂ O ₃
	Дублет 1	0,281	0,661	0,594	–	[Fe ³⁺ O ₄]	52,19	В стеклофазе
	Дублет 2	0,329	0,783	0,566	–	[Fe ³⁺ O ₆]	9,16	В метакаолините
Восстановительная	Секстет 1	0,369	-0,191	0,733	498,3	[Fe ³⁺ O ₆]	25,71	Fe ₂ O ₃
	Секстет 2	0,26	0	0,733	460	[Fe ³⁺ O ₄]	5,61	Fe ²⁺ Fe ₂ ³⁺ O ₄ (Fe ₃ O ₄)
	Секстет 3	0,67	0	0,733	449,2	[Fe ²⁺ O ₆]	6,45	
	Дублет 1	0,293	0,635	0,594	–	[Fe ³⁺ O ₄]	53,6	В стеклофазе и метакаолините
	Дублет 2	0,849	1,736	0,642	–	[Fe ³⁺ O ₆]	8,62	Fe ₂ SiO ₄ фаялит

Таблица 2

Параметры ЯГРС и состояние Fe

Цвет образца	Вид спектра	Параметры ЯГРС, мм/с			N _{эфф.} кЭ	КЧ Fe	Доля иона Fe, %	Фазовое состояние Fe
		δ	ΔE _Q	Γ				
Красно-розовый	Секстет 1	0,37	-0,22	0,52	502,4	[Fe ³⁺ O ₆] ⁹⁻	52,29	Fe ₂ O ₃
	Секстет 2	0,37	-0,22	0,52	466,9			
	Дублет 1	0,35	0,99	0,74	–	[Fe ³⁺ O ₆] ⁹⁻	47,71	Твердый раствор (Al _{2-x} Fe _x O ₃) 2SiO ₂ и в стеклофазе
Светло-бежевый	Дублет 1	0,37	0,88	0,54	–	[Fe ³⁺ O ₆] ⁹⁻	70,36	Твердый раствор (Al _{2-x} Fe _x O ₃) 2SiO ₂
	Дублет 2	0,25	1,59	0,54	–	10(Ca ²⁺)	29,64	Твердый раствор CS ₂ A ₂ O ₈ :F

CaO и определенного количества минерализующей добавки, содержание которой будет зависеть от химико-минералогического состава глинистого сырья.

Влияние вида и количества формирующихся кристаллических фаз на КО образцов составов № 1, 2 можно проследить на гистограмме (рис. 2).

Действие минерализующих добавок также неоднозначно. При одинаковом содержании мела и минерализующих добавок цвет образцов различен.

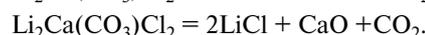
Конкретные качественные и количественные показатели как самостоятельных железосодержащих фаз, так и в виде твердых растворов и в стеклофазе, полученные с помощью прецизионного высокочувствительного к Fe метода ядерной гамма-резонансной спектроскопии (ЯГРС), позволили установить формирование в этих образцах структур, различающихся по фазовому составу (табл. 2).

В образце красно-розового черепка идентифицированы фазы: гематит α-Fe₂O₃ и ионы Fe³⁺ в стеклофазе и метакаолините. Это предопределяет красный цвет с преобладающим содержанием кристаллической фазы гематита α-Fe₂O₃=52,29%. Светло-бежевый цвет образца, в котором, по данным ЯГРС, вообще отсутствует фаза гематита α-Fe₂O₃, обусловлен внедрением Fe³⁺ в анортит и в твердый раствор геденбергита и диоксида состава Ca(Mg_{0,41}Fe_{0,59})[Si₂O₆] в количестве 29,64%, а также в твердые растворы типа (Al_{2-x}Fe_xO₃)·2SiO₂ в значительном количестве – 70,36%.

Следовательно, решающую роль в процессах осветления цвета керамики играют минерализующие добавки, в данных исследованиях NaCl и Na₂CO₃, обеспечивающие внедрение Fe³⁺ в структуру твердых растворов анортита и геденбергита.

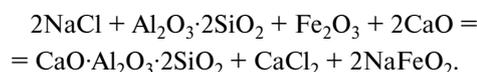
Эффективность действия добавок NaCl и Na₂CO₃ по сравнению с литийсодержащими минерализаторами можно объяснить с учетом температуры их плавления. Так, температура плавления NaCl и Na₂CO₃ составляет 800 и 852°C, а LiCl и Li₂CO₃ – 607 и 782°C. Согласно механизму взаимодействия CaCO₃ с минерализующими добавками в высококальциевых силикатных технологи-

ях [5] образование двойных солей в твердофазовых процессах обуславливает снижение температуры декарбонизации CaCO₃ и образование CaO при температуре 800–830°C, что на 50–70°C ниже, чем при декарбонизации мела без действия минерализаторов:



Однако в связи с низкой температурой плавления LiCl и Li₂CO₃ уже не присутствуют в виде соединений и расплавляются. Так как содержание добавки относительно небольшое, в наших исследованиях 2%, количество образующегося расплава не оказывает существенного влияния на процесс кристаллизации.

Совершенно по-другому происходят процессы кристаллизации при вводе NaCl. Наличие в массе метакаолинита, CaO, Fe₂O₃ и минерализующей добавки NaCl обеспечивает при температуре 800–850°C образование новых фаз при более низкой температуре:



Количество формирующихся в момент образования анортита легкоплавких соединений CaCl₂ и NaFeO₂, расплавляющихся и способствующих увеличению содержания анортита, обуславливает растворение оксида железа и образование других железосодержащих соединений, и осветление керамического камня.

Регулирование цвета в железосодержащих массах при восстановительном обжиге имеет специфику. В восстановительной среде за счет частичного восстановления Fe³⁺ до Fe²⁺ образуются: феррошпинель Fe²⁺Fe²⁺O₄, магнетит Fe₃O₄, фаялит Fe₂SiO₄; невосстановленная часть Fe³⁺ фиксируется в виде гематита α-Fe₂O₃ и в виде твердого раствора в стеклофазе и метакаолините (рис. 1), что обуславливает темный до черного цвет керамического камня.

Фазовый состав обеспечивает различные прочностные свойства и цвет образцов. Высококачественный лицевой кирпич марки М150, М175 темно-коричневого до черного цвета формируется при использовании высокожелезистых, преимущественно гидрослюдистых, глин в условиях восстановительной газовой среды в зоне спекания. Керамический кирпич красно-коричневого цвета с показателями свойств образцов: водопоглощением 9,6–13,1%, пределом прочности при сжатии 12,5–15 МПа и морозостойкостью более 55 циклов образуется при обжиге в окислительной среде при температуре 1000°C и обусловлен наличием сильно окрашивающей железосодержащей фазы гематита $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ с $\text{КО}=6,5\%$.

Список литературы

1. Зубехин А.П., Яценко Н.Д., Веревкин К.А. Влияние окислительно-восстановительных условий обжига на фазовый состав оксидов железа и цвет керамического кирпича // *Строительные материалы*. 2011. № 8. С. 8–11.
2. Котляр В.Д. Стеновая керамика на основе кремнистых опал-кristобалитовых пород – опок. Ростов н/Дону: Ростиздат, 2011. 277 с.
3. Корнилов А.В. Причины различного влияния известковых глин на прочностные свойства керамики // *Стекло и керамика*. 2005. № 12. С. 30–32.
4. Зубехин А.П., Яценко Н.Д. Теоретические основы инновационных технологий строительной керамики // *Строительные материалы*. 2014. № 1–2. С. 89–92.
5. Лугинина И.Г. Химия и химическая технология неорганических вяжущих материалов: В 2 ч. Белгород: БГТУ, 2004. Ч. 1. 240 с.



Технология производства стеновых цементно-песчаных изделий

Ю.И. Балакшин, В.А. Терехов

Справочное пособие
М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,
2012. 276 с.

Авторы многие годы отдали работе в промышленности строительных материалов и накопили значительный объем знаний и технических документов производстве стеновых материалов не только из опыта работы промышленности в СССР и России, но и многих предприятий Европы, Америки и Азии.

В книге описано производство и применение стеновых материалов методом вибропрессования из цементно-песчаных бетонов. Рассмотрена существующая и перспективная номенклатура изделий и их свойства. Описаны сырьевые материалы для производства цементно-песчаных изделий. Сформулированы специфические требования к сырьевым материалам, а также рекомендации по подбору состава бетонной смеси. Подробно представлена технология производства цементно-песчаных вибропрессованных стеновых изделий. Особое внимание уделено технологическому контролю на производстве и техническому контролю и обслуживанию оборудования.

Книга предназначена для организации производственнотехнического обучения на предприятии, будет полезна инженерно-техническому персоналу.

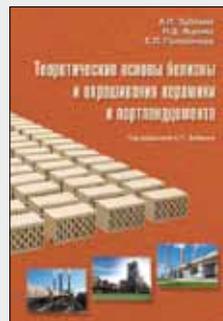
Тел./факс: (499) 976-22-08; 976-20-36
www.rifsm.ru

Таким образом, окрашивание и осветление керамического кирпича происходит в результате формирования фазового состава, обеспечивающего в результате различных окислительно-восстановительных условий образование сильноокрашенных самостоятельных железосодержащих фаз, в том числе черных – магнетита, а при осветлении их полном исключении в результате окислительного обжига за счет внедрения оксида железа в структуру железосодержащих твердых растворов.

Результаты работы получены при поддержке проекта № 2867 «Разработка полученных основ синтеза эффективных силикатных функциональных материалов архитектурно-строительного назначения», выполняемого в рамках базовой части государственного задания № 2014/143.

References

1. Zubekhin A.P., Yatsenko N.D., Verevkin K.A. Influence of oxidation-reduction conditions of roasting on phase composition of oxides of iron and color ceramic brick. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials]. 2011. No. 8, pp. 8–11. (In Russian).
2. Kotlyar V.D. *Stenovaia keramika na osnove kremnistykh opal-kristobalitovykh porod – opok* [Wall ceramics based on siliceous rock opal-cristobalite – flasks]. Rostov on Don: Rostizdat, 2011. 277 p. (In Russian).
3. Kornilov A.V. Causes different effects of limy clays on the strength properties of ceramics. *Steklo i keramika*. 2005. No. 12, pp. 30–32. (In Russian).
4. Zubekhin A.P., Yatsenko N.D. Theoretical bases of innovative technologies of construction ceramics // *Stroitel'nye materialy* [Construction materials]. 2014. No. 1–2, pp. 89–92. (In Russian).
5. Luginina I.G. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya neorganicheskikh vyazhushchikh materialov* [Chemistry and chemical technology of inorganic binders]: 2 PM. Belgorod: BSTU, 2004. Part 1, 240 p.



Теоретические основы белизны и окрашивания керамики и портландцемента

Зубехин А.П., Яценко Н.Д.,
Голованова С.П.

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,
2014. 152 с.

В книге представлены теоретические основы белизны и окрашивания керамических строительных материалов и белого портландцемента (БПЦ) с позиции теории цветности силикатных материалов в зависимости от их фазово-минерального состава, структуры, содержания хромофоров Fe, Mn и Ti, условий обжига и охлаждения (окислительных или восстановительных).

В результате исследований авторов и других ученых с применением комплекса физико-химических методов состояния окрашивающих примесей и ионов хромофоров в силикатах и алюминатах кальция, в алюмосиликатных минералах и подобных стеклофазах.

Установлены закономерности зависимости белизны, цвета и особенности окрашивания как пигментов, так и твердых растворов бесцветных фаз ионами-хромофорами от структуры, изовалентного или гетеровалентного изоморфизма, образования окрашивающих кластеров. Разработаны эффективные способы управления белизной и декоративными свойствами строительных керамических материалов (фарфора, фаянса, облицовочной плитки, кирпича) и белого портландцемента.

Книга предназначена для научных сотрудников, инженерно-технических работников промышленности, преподавателей, аспирантов, студентов.

Тел./факс: (499) 976-22-08; 976-20-36
www.rifsm.ru

Национальное партнерство Ассоциаций и Союзов предприятий промышленности строительных материалов расширяет свое участие в жизни отрасли

В декабре 2009 г. редакция журнала «Строительные материалы»[®] выступила инициатором встречи руководителей отраслевых объединений промышленности строительных материалов России. В ней приняли участие руководители действующих на тот период объединений подотраслей ПСМ, с которыми сотрудничала редакция.

В результате первого собрания было принято решение проводить такие встречи регулярно, так как коллеги сошлись во мнении, что наряду с узкоотраслевыми проблемами каждое отраслевое объединение ПСМ вынуждено заниматься стратегическими задачами, общими для всех подотраслей промышленности (см. статью «Один в поле не воин: необходимость объединения отрасли назрела» в журнале «Строительные материалы» №1–2010, С. 26–27)..

Так было положено начало неформальному объединению ассоциаций и союзов промышленности строительных материалов, которое сами участники назвали Круглый стол Ассоциаций и Союзов предприятий промышленности строительных материалов.

Несколько лет Круглый стол Ассоциаций и Союзов предприятий промышленности строительных материалов общими усилиями решал различные проблемы отраслевого сообщества. Однако со временем стала очевидной необходимость формализации объединения отраслевых ассоциаций и союзов для повышения эффективности совместной работы. Было создано НП «Национальное партнерство Ассоциаций и Союзов предприятий промышленности строительных материалов» (Национальное партнерство производителей строительных материалов), учредителями которого выступили Ассоциация «Недра» и АПКСМ.

21 февраля 2014 г. состоялось общее собрание, на котором решался ряд важных вопросов.

Полноправными участниками партнерства стали: Ассоциация предприятий каменной отрасли «Центр камня» (Екатеринбург); Ассоциация производителей керамических материалов (Москва); Ассоциация производителей силикатных изделий (Нижегородская обл.); Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона (Санкт-Петербург); Российская гипсовая ассоциация (Самара); СтеклоСоюз России (Москва), Хризотиловая ассоциация (Москва).

Президентом Национального партнерства производителей строительных материалов вновь избран Александр Андреевич Журавлёв. Руководителем аппарата партнерства назначен В.А. Сергеев.

Первым значимым шагом партнерства стало сотрудничество с Экспертно-консультативным Советом Академии горных наук (ЭКС АГН) по правовым проблемам недрополь-

зования. О его основных задачах и ближайших планах доложил **руководитель ЭКС АГН Е.И. Панфилов.** Он отметил, что основным направлением деятельности совета является создание свода взаимоувязанных законодательных актов прямого действия с целью повышения эффективности функционирования минерально-промышленного комплекса страны, исключающие разработку подзаконных актов (сводящих к минимуму их использование), а также экспертная оценка современного состояния, тенденций и перспектив развития горного, налогового и иных законодательных актов и подзаконных актов, связанных с деятельностью МПК.

Во 2 квартале 2014 г. планируется проведение семинара по правовым проблемам с участием депутатов Государственной Думы, представителей Совета Федерации, властных структур и бизнеса с целью принятия и дальнейшей практической реализации оптимальных решений. Национальное партнерство производителей строительных материалов представит предложения о необходимости корректировки законодательных актов федерального и регионального уровня и решений муниципальных образований, постановлений Правительства, региональных властей, министерств и ведомств, а также действующих инструкций, регламентов, методик и иных нормативно-правовых документов, препятствующих эффективной работе предприятий промышленности строительных материалов.

В рамках ЭКС АГН по правовым проблемам недропользования создан сектор «Природные строительные материалы», который возглавил А.А. Журавлёв. Решением совета Национального партнерства производителей строительных материалов в состав сектора ЭКС АГН было предложено включить представителей партнерства, чья профессиональная деятельность имеет отношение к проблемам недропользования: В.Н. Герашенко, директора АПКСМ; В.А. Галицына, исполнительного директора Хризотиловой Ассоциации; В.И. Осипова, президента СтеклоСоюза России; Н.В. Сомова, председателя правления АПСИ. Также в состав сектора включен В.А. Гуськов, директор департамента горных работ ЗАО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп», которое не вошло в НП «Национальное партнерство Ассоциаций и Союзов предприятий промышленности строительных материалов».

У руководителей отраслевых объединений промышленности строительных материалов прибавилось хлопот. Пожелаем, чтобы они были на пользу общему делу возрождения и укрепления базы строительного комплекса России – промышленности строительных материалов.





Beralmar

ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОЕКТЫ



ЗАВОДЫ ПОД КЛЮЧ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КИРПИЧА И ЧЕРЕПИЦЫ



ПРОФЕССИОНАЛИЗМ, ТЕХНОЛОГИИ И КОМАНДА ТЕХНИКОВ



BERALMAR TECNOLOGIC, S.A.
 Avda. Polígono del Vallés, 304
 P.O. BOX 559 - 08227 TERRASSA
 (BARCELONA-SPAIN)

телефон: +34 93 731 22 00/факс: +34 93 731 44 83
 емейл: info@beralmar.com
 Перейдите на нашу веб страницу и зарегистрируйтесь
 бесплатно на наш ежемесячный информационный
 бюллетень. www.beralmar.com

Группа предприятий



Компания SABO S.A. самая старшая из предприятий группы, уверенно работает на рынке в течение 30 лет, являясь одним из лидирующих производителей оборудования для кирпично-черепичной промышленности. SABO S.A. проектирует и запускает кирпичные заводы по всему миру, и считается одним из надежных и проверенных временем поставщиков заводов «под ключ» по всем видам кирпича и черепицы, а также оказывает послепродажную поддержку уже построенным предприятиям. SABO S.A. удается адаптировать каждый проект к требованиям, предъявляемым конкретным клиентом. Компания производит и устанавливает заводы «под ключ» по всему миру: в Европе, Азии, Африке. В настоящее время компания продолжает расширять географию своего присутствия на рынках Латинской Америки (Бразилия). Достаточно сказать, что клиентами компании являются такие фирмы, как Wienerberger, Chalki, Sacmi, Al Watania, Gigas и многие другие.

SABO S.A. (подразделение промышленного производства) осуществляет проектирование, производство и установку систем роботизации и сопутствующего вспомогательного оборудования, необходимых для транспортировки, сортировки, упаковки и укладки на паллеты продукции самых различных линий промышленного производства (включая изделия из дерева, стекла, пластика, продукты питания, косметику и многое другое), а также для функционирования складских помещений во всех секторах промышленности.

SABO ELECTRIC осуществляет всевозможные электроустановки с использованием компонентов PLC и SCADA, низко- и средневольтных распределительных щитов. Компания выполняет все необходимые электротехнические работы для систем автоматизации, устанавливаемых SABO S.A. на заводах своих клиентов.

SICAP занимается выполнением различных инженерно-строительных работ для возведения заводов, реконструкции существующих производственных помещений, гражданского строительства. Компания располагает собственной линией производства асфальта и оборудованием для дорожного строительства.

SABO FILIERE занимается проектированием и производством шнеков, мундштуков, кернов и др. Фактически, компания обеспечивает всеми необходимыми запчастями остальные производства, входящие в объединение SABO GROUP, с целью достижения максимально возможных стандартов качества и рационального использования рабочей силы.

SABO ENERGY разрабатывает комплексные решения по созданию и установке солнечных парков, а также фотоэлектрических модулей, солнечных батарей и другого сопутствующего оборудования для рационального использования солнечной энергии как в промышленности, так и в быту.

SABO S.A. имеет сертификат соответствия стандартам ISO 9001:2008. Вся продукция несет маркировку стран-производителей ЕС. Компания также имеет сертификат соответствия продукции в системе ГОСТ Р для экспорта в Россию. Все оборудование проходит испытания в цехах компании SABO с использованием сырья заказчика для обеспечения должного функционирования, а также для последующей минимально возможной затраты времени при проведении установки оборудования на месте. Компания инвестировала значительный капитал в совершенствование своей материальной базы (SABO располагает различными программируемыми станками CNC последней технологии) для производства высококачественной продукции в своих цехах и на своем оборудовании.

Адрес офиса в Москве:

SABO S.A.
Москва, Ленинский проспект, 146,
Аструс Отель, 10-й этаж
Тел. +79177639569
sb_sales@sabo.gr

SABO GROUP
www.sabo.gr



Робот-сажчик. Завод Думулин (Бельгия)



Вентиляторы для сушилки. Завод Думулин (Бельгия). Аналогичный проект – группа «Терекс» (Калуга, Россия)



Линия загрузки сырой продукции на поддоны сушилки роботом. Винербергер (Кипрево II, Россия)

После 65 завершённых проектов по всему миру в течение последних пяти лет...

1984-2014

30
XPONIA
ЛЕТ
YEARS



...мы все еще продолжаем сильнее!

**27 ПРОЕКТОВ
В СТАДИИ
РЕАЛИЗАЦИИ**

РОССИЯ

- Мелеузавский кирпичный завод
- Киинель Черкасский кирпичный завод
- Куганакский кирпичный завод
- Кирпичный завод на Закаменной

АЛЖИР

- BMSD
- Briqueterie Amouri
- Sarl Briqueterie Des Oasis
- Briqueterie Sarl Boumerdes
- Briqueterie Djabri 1 & 2
- Briqueterie Sarl Ettu
- Sarl El-Barakate
- Grand Briqueterie Des Oasis
- Sarl BGO
- Trust - Hadjout

ЛИВИЯ

- Al Nuebat
- Alkalaa Alsoughra
- Sarah Company

МАРОККО

- Soly Briq Sarl
- Briqueterie Samarra

ПЕРУ

- Latercer

САУДОВСКАЯ АРАВИЯ

- Al Watania

РУМЫНИЯ

- Cemacon

СУДАН

- Urban Development Co

ШВЕЙЦАРИЯ

- ZZ Wancor, Wienerberger Group

ТУНИС

- Societe Maghrebine de produit Ceramiques

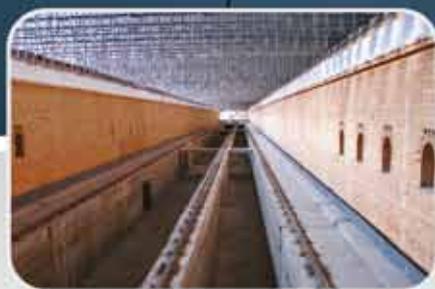
ТУРЦИЯ

- Ipek Tugla

Завершённые проекты в 2014 году

• Кипрево 1 - Винербергер (Россия) • Briqueterie Sarl Edhaia (Алжир) • Halabja Group (Курдистан) • Basak (Турция) • Laminados De Varro (Мексика)

Спасибо за доверие и добро пожаловать в нашу семью!



Доверьтесь надёжному партнеру!

SABO S.A.
brick & tile

SABO S.A. 34002 Василико - Халкис - Эвбея - Греция, Тел.: +30 22210 51805-9, Факс: +30 22210 54073
SABO S.A. в России: Москва, Ленинский проспект 146, Аструс Отель, 10 этаж, Тел.: +7-917-763-95-69

e-mail: sb_sales@sabo.gr
www.sabo.gr

И.А. ЖЕНЖУРИСТ, канд. техн. наук

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1)

Перспективные направления наномодифицирования в строительной керамике

Проведена оценка возможности использования в качестве модифицирующих добавок в глинистое сырье гидрозолей оксидов кремния и алюминия. Введение этих модификаторов в глинистые суспензии привело к увеличению набухания глин, изменению pH раствора и после обжига повышению прочности образцов из огнеупорной и бентонитовой глин. Показано влияние поля СВЧ на микроструктуру обработанных гидрозолеом оксида алюминия бентонитовой глины, кварцевого песка и диатомита, изменение пластичности обработанных гидрозолями оксида алюминия новониколаевской и калининской глин.

Ключевые слова: нанодисперсные частицы, гидрозоли оксидов кремния и алюминия, электромагнитное поле СВЧ.

I.A. ZHENZHURIST, Candidate of Sciences (Engineering)

Kazan State University of Architecture and Construction (1, Zelenaya Street, Kazan, 420043, Russian Federation)

Prospective directions of nano-modification in building ceramics

The assessment of the possibility to use the hydrosols of silica and aluminum oxides as modifying additives to clay raw materials is made. Introducing these modifiers into clay suspensions leads to increase of clay swelling, change of solution pH and, after burning, to improvement of strength of samples made of refractory and bentonite clay. The influence of the ultra-high frequency field on the microstructure of bentonitic clay, quartz sand and diatomite treated with hydrosol of aluminum oxide, the change of plasticity of Novonikolaevskoy and Kalininskoy clays treated with hydrosols of aluminum oxide are shown.

Keywords: nano-disperse particles, hydrosols of silica and aluminum, electromagnetic field of ultra-high frequency.

Разработки в области нанотехнологий могут быть связаны с введением наноразмерных компонентов в первичную сырьевую композицию с целью улучшения технологических характеристик формовочной смеси и повышения физико-механических показателей материала, достижение которых возможно при совершенствовании структуры керамики. Эффективность использования наномодифицирования в этом материале может быть достигнута при возможности управлять механизмом структурообразования, изучение которого позволит контролировать процесс и получить максимальный эффект от минимального количества используемого модификатора [1].

Высокое качество керамических строительных материалов достигается повышением их физико-механических показателей, которое возможно при использовании качественного сырья и отлаженной технологии. В настоящее время актуально использование имеющегося отечественного глинистого сырья в различных областях керамической промышленности, учитывая, что источники высококачественного сырья остались за пределами России.

Целью работы явилась оценка возможности использования в качестве модифицирующих добавок в глинистое сырье гидрозолей оксидов кремния и алюминия, производство которых освоено в отечественной промышленности.

Полиминеральный состав глин различается содержанием глинообразующих минералов, имеющих различный тип алюмосиликатной слоистой структуры, дисперсность и, как следствие, различные технологические свойства. Технологические параметры глинистых композиций и конечные свойства обожженных изделий можно корректировать, изменяя структурные особенности исходных глинистых минералов.

Структурообразование в глинах, представляющих собой полимерно-коллоидные и композиционные системы, описывается в рамках физико-химической механики дисперсных структур, лежащих в наноразмерном диапазоне. Специфика структуры материала начинает формироваться на межмолекулярном (наноразмерном) уровне. Учитывая, что подготовка полуфабриката изделия основана на обработке, создании и сохранении

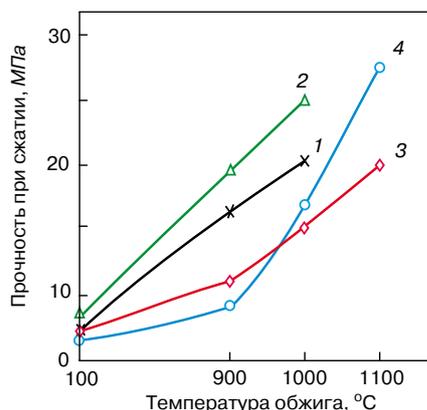


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии образцов от составов масс и температуры обжига: 1 – бентонитовая глина; 2 – бентонитовая глина + 0,1% КЗ + 0,1% АЗ-1; 3 – огнеупорная глина; 4 – огнеупорная глина + 0,1% КЗ + 0,1% АЗ-1 [6]

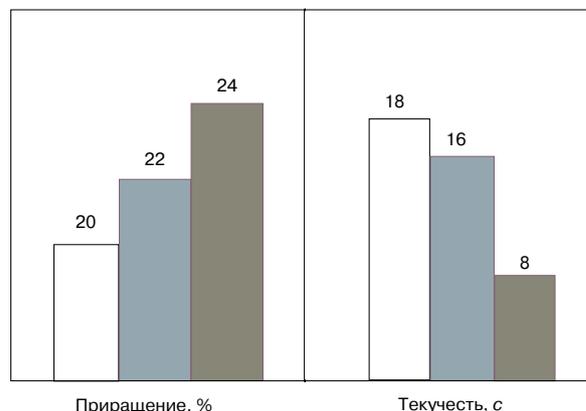


Рис. 2. Зависимость приращения и текущести от состава 46% водной суспензии: □ – бентонитовой глины; ■ – бентонитовой глины + 0,1 % КЗ; ■ – бентонитовой глины + 0,1 % КЗ + 0,1% АЗ-1

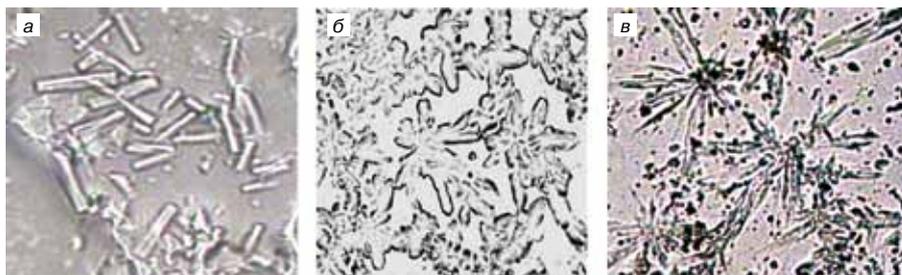


Рис. 3. Микроструктуры золей 10% водных суспензий: а – бентонитовой глины с добавкой 0,1% АЗ-1; б – бентонитовой глины, обработанной полем СВЧ (3 мин) с добавкой 0,1% АЗ-1; в – огнеупорной глины ×1000. Свет отраженный.

в системе структур, аккумулирующих энергию, которая будет использована на последующей стадии спекания материала, модификация материала на первичной стадии формирования структуры частицами наноразмерного уровня может быть наиболее эффективной.

В последние годы появились работы по наномодифицированию слоистых силикатов с целью создания нанокмозитов [2, 3] и изучения физико-химических закономерностей, протекающих при формировании гидроалюмосиликатных образований, называемых геополимерами [4, 5]. Установлено, что модифицированные глины, имеющие несовершенную структуру слоя модификатора, сформированного в галереях слоистых силикатов, обладают большей активностью [2].

Поскольку слоистые структуры глинистых минералов состоят из параллельных слоев кремнекислородных тетраэдров и катион-кислородных октаэдров, было бы эффективно модифицировать алюмосиликатные композиции наноразмерными оксидами кремния и алюминия, которые реализуются в гидрозолях оксидов этих элементов.

Для экспериментальной работы были выбраны в качестве модельной системы близкие по химическому составу бентонитовая глина Нурлатского месторождения и нижеуфельская огнеупорная глина с содержанием основных оксидов: SiO₂ (53,6–56,4)% и Al₂O₃ (20–27,9)%.

В качестве наноразмерных частиц были использованы кремнезоль (КЗ) с диаметром частиц 8 нм и рН 9,9; гидрозоль оксида алюминия (АЗ-1) со структурой кристаллита типа бемита размером 3,5–4 нм и рН 4. Гидрозоли были синтезированы в ОАО «Казхим НИИ».

Влияние гидрозолей оксидов кремния и алюминия на процессы формирования структуры, некоторые технологические свойства водных суспензий глин и обожженных изделий опубликованы в работах [6–9].

Исследования показали, что добавление гидрозолей в глинистые суспензии привело к увеличению набухания глины, изменению рН раствора и после обжига к повышению прочности образцов (рис. 1). Предварительная термоактивация глин способствует образованию стойкого глинистого золя, а после модификации гидрозолями оксидов кремния и алюминия – увеличению набухания глины и текучести суспензии (рис. 2).

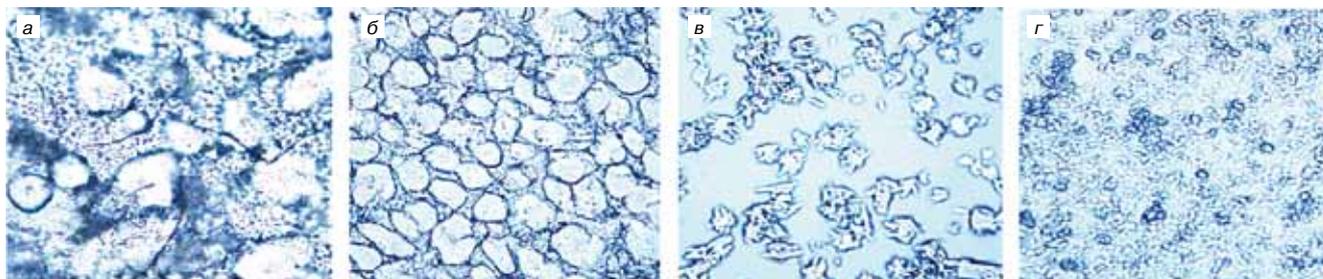


Рис. 5. Микроструктура золей 10% водных суспензий: а – кварцевого песка с добавкой 0,1% АЗ-1; б – кварцевого песка, обработанного полем СВЧ (3 мин) с добавкой 0,1% АЗ-1; в – диатомита с добавкой 0,1% АЗ-1; г – диатомита, обработанного полем СВЧ (3 мин) с добавкой 0,1% АЗ-1 ×1000. Свет отраженный.

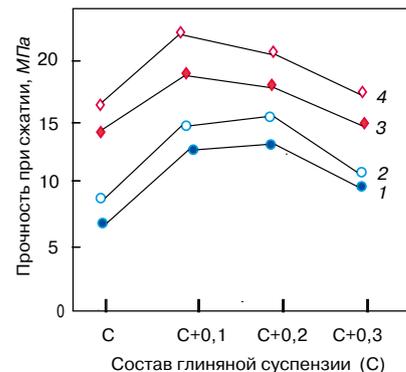


Рис. 4. Зависимость прочности при сжатии обожженных при 1000°С образцов от добавки гидрозоля оксида алюминия АЗ-1(сверх 100%) и действия поля СВЧ (3 мин): 1 – огнеупорная глина; 2 – огнеупорная глина (СВЧ); 3 – бентонитовая глина; 4 – бентонитовая глина (СВЧ)

В литературе обсуждаются исследования действия излучений различной энергии, особенно сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения [10, 11], на оксиды металлов, которые являются основой керамических материалов. Отмечены широкие перспективы для использования концентрированных потоков энергии электромагнитных полей с целью усиления химических реакций, процессов сушки и спекания различных изделий.

Золи водных суспензий глин формируются из частиц глинистых минералов, которые являются самой тонкой фазой глинистой композиции и обладают повышенной энергией и активностью при формировании структуры керамического минерала. Выступая в качестве начальной стадии кристаллизующейся глинистой суспензии, они могут влиять на последующий процесс формирования системы, структурные особенности которой проявятся в изменении конечных свойств материала. Способствовать процессам структурообразования, особенно в наноразмерной области, могут волновые излучения различной мощности [10, 11].

Обработка глин электромагнитным полем (мощность 800 Вт, частота 2450 МГц) перед увлажнением водным раствором гидрозоля оксида алюминия приводит к изменению структуры золя (рис. 3). Видно, что обработка бентонитовой глины полем СВЧ перед увлажнением гидрозолями АЗ-1 приводит к формированию структуры, близкой к структуре огнеупорной глины, и увеличению прочности обожженных образцов (рис. 4).

Действие электромагнитного поля на силикатную систему можно продемонстрировать на кварце и диатомите (рис. 5). Видно, что модификация гидрозолями АЗ-1 предварительно активированной полем СВЧ силикатной системы способствует формированию равномерной структуры алюмосиликата.

Был проведен дифференциально-термический анализ (ДТА) сухих масс и рентгенофазовый анализ (РФА) обожженных образцов. Кривые ДТА для обеих глин показали снижение температуры разложения для составов

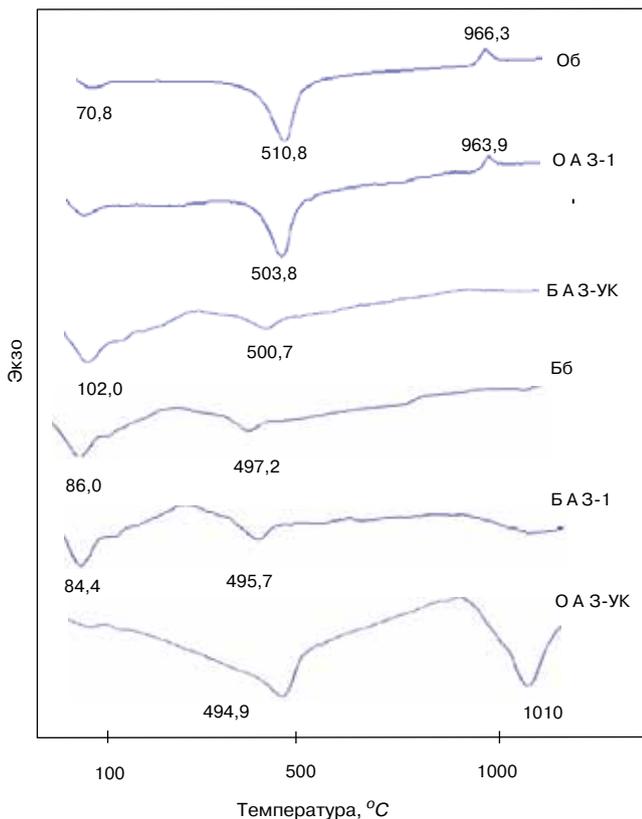


Рис. 6. Термограммы ДТА огнеупорной и бентонитовой глин: в естественном состоянии, базовые (Об и Бб) и модифицированные гидрозолями оксида алюминия (О АЗ-1, О АЗ-УК и Б АЗ-1, Б АЗ-УК)

с добавкой АЗ-1 (рис. 6). Экзотермический пик в диапазоне 900–1000°C наблюдается у массы огнеупорной глины с АЗ-1 при более низкой температуре, что может быть вызвано перестройкой метакаолинита в муллит [12]. По данным анализа РФА, для этого состава отмечено усиление рефлекса 39,27–39,36° угла отклонения. Кривая ДТА, состава огнеупорной глины с АЗ-1 подобна кривой ДТА огнеупорной глины, кроме состава с АЗ-УК. Состав огнеупорной глины с АЗ-1 ближе к чистой огнеупорной глине, но интенсивность экзотермического пика выше и температура его смещена в зону более низких температур, что говорит о более ранних структурных преобразованиях. Этот состав по прочности выше, чем состав из чистой огнеупорной глины.

Изучено действие гидрозоля оксида алюминия, стабилизированного уксусной кислотой (добавка АЗ-УК). Наблюдаются существенные изменения поведения модифицированной огнеупорной глины в процессе нагревания в диапазоне 900–1100°C (рис. 6). Дифрактограммы обожженных образцов показали небольшие различия в интенсивности и форме спектров при дифракционном

Список литературы

1. Королев Е.В. Принцип реализации нанотехнологии в строительном материаловедении // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 60–64.
2. Герасин В.А., Zubova T.A., Bakhov F.N., Barannikov A.A., Merekalova N.D., Korolev Yu.M., Antipov E.M. Структура нанокompозитов полимер/Na⁺ – монтмориллонит, полученных смешением в расплаве // *Российские нанотехнологии*. 2007. Т. 2. № 9. С. 90–105.
3. Леонтьев Л.Б., Шапкин Н.П., Леонтьев А.Л., Шкуратов А.Л., Васильева В.В. Влияние состава минеральных и орга-

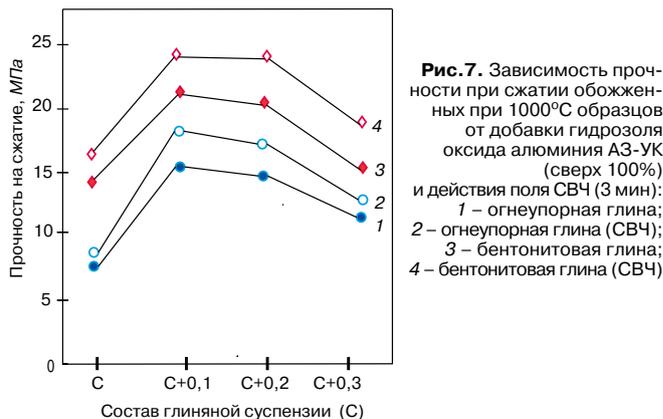


Рис. 7. Зависимость прочности при сжатии обожженных при 1000°C образцов от добавки гидрозоля оксида алюминия АЗ-УК (сверх 100%) и действия поля СВЧ (3 мин): 1 – огнеупорная глина; 2 – огнеупорная глина (СВЧ); 3 – бентонитовая глина; 4 – бентонитовая глина (СВЧ)

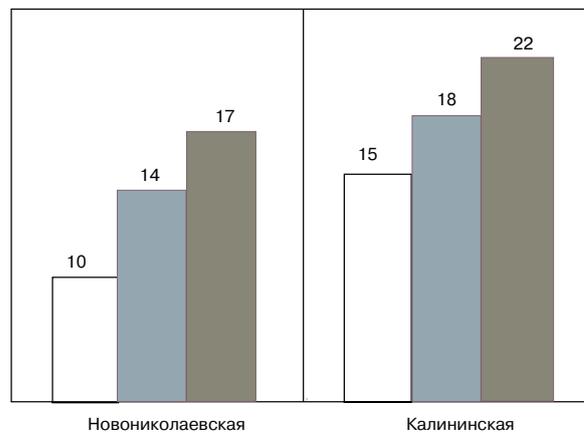


Рис. 8. Зависимость пластичности глины от состава массы: □ – глина 100%; ■ – глина + 0,1% АЗ-1; ■ – глина + 0,1% АЗ-УК

угле 2θ, равном 25, 35, 36, 39 и 42°. Наличие структурных изменений для массы с добавкой АЗ-УК, вероятно, вызывает повышение прочности (рис. 7).

Добавка гидрозолей оксида алюминия к обработанным в поле СВЧ суглинкам Калининского и Новониколаевского месторождений, содержание кварца у которых находится в диапазоне (67–74)%, показала увеличение пластичности образцов (рис. 8).

На данной стадии исследования можно сделать вывод, что обработка глин наноразмерными гидрозолями оксидов кремния и алюминия, а также электромагнитным, полем позволяет регулировать структуру глинистых суспензий, корректировать параметры системы и в итоге повышать прочностные показатели керамического материала на 20–25%.

Исследование взаимодействия гидрозолей оксидов кремния и алюминия с природными силикатами и алюмосиликатами позволит понять механизм формирования слоистых алюмосиликатов и разработать энергетически рациональную технологию получения керамических материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками.

References

1. Korolev E.V. Principle of Realization of Nanotechnology in Building Materials Science. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2013. No. 6, pp. 60–64. (In Russian).
2. Gerasin V.A., Zubova T.A., Bakhov F.N., Barannikov A.A., Merekalova N.D., Korolev Yu.M., Antipov E.M. The structure of the polymer nanocomposites/Na⁺ – montmorillonite received by melt mixing. *Rossiiskie nanotekhnologii*. 2007. Vol. 2. No. 9, pp. 90–05. (In Russian).
3. Leont'ev L.B., Shapkin N.P., Leont'ev A.L., Shkuratov A.L., Vasil'eva V.V. Influence of mineral and organ-

- номинеральных смесей на трибохимические характеристики пар трения // *Неорганические материалы*. 2013. Т. 49. № 9. С. 961–965.
4. Rowles M., O'Connor B. Chemical Optimisation of the Compressive Strength of Aluminosilicate Geopolymers Synthesised by Sodium Silicate Fctivation of Metakaolinite // *Journal of Materials Chemistry*. 2003. Vol. 13, pp. 1161–1165.
 5. Кнотко А.В., Кравченко С.С., Путляев В.И. Особенности формирования «геополимерных» алюмосиликатных материалов // *Неорганические материалы*. 2013. Т. 49. № 5. С. 521–527.
 6. Женжурист И.А., Зарипова В.М., Мубаракшина Л.Ф., Хозин В.Г. Влияние нанодисперсных частиц гидрозолей оксидов кремния и алюминия на структурообразование глинистых минералов в водной среде // *Стекло и керамика*. 2010. № 7. С. 28–32.
 7. Женжурист И.А. Активизация алюмосиликатного комплекса Нурлатского бентонита добавками гидрозолей алюминия и электромагнитным полем // *Литейное производство*. 2013. № 3. С. 9–11.
 8. Женжурист И.А., Карасева И.П. Зависимость технологических характеристик Нижнеуельской глины от добавок гидрозолей алюминия и влияния электромагнитного поля // *Огнеупоры и техническая керамика*. 2013. № 3. С. 50–54.
 9. Женжурист И.А., Богданов А.Н. Влияние добавок гидрозолей алюминия и электромагнитного поля на структуру и технологические свойства глинистых минералов // *Стекло и керамика*. 2013. № 11. С. 24–28.
 10. Пушкарев О.И., Шумячер В.М., Мальгинова Г.М. Микроволновая обработка порошков тугоплавких соединений электромагнитным полем СВЧ // *Огнеупоры и техническая керамика*. 2005. № 1. С. 7–9.
 11. Park S.S., Meek T.T. Characterization of $ZrO_2-Al_2O_3$ composites sintered in a 2,45 GHz electromagnetic field // *Journal of Materials Science*. 1991. Vol. 26, pp. 6309–6313.
 12. Сергиевич О.А., Дятлова Е.М., Малиновский Г.Н., Баранцева С.Е., Попов Р.Ю. Особенности химико-минералогического состава и свойства каолинов белорусских месторождений // *Стекло и керамика*. 2012. № 3. С. 25–31.
 - ic-mineral mixtures tribochemical characteristics of friction pairs. *Neorganicheskie materialy*. 2013. Vol. 49. No. 9, pp. 961–965. (In Russian).
 4. Rowles M.O., Connor B. Chemical optimisation of the compressive strength of aluminosilicate geopolymers synthesised by sodium silicate activation of metakaolinite. *Journal of Materials Chemistry*. 2003. Vol. 13, pp. 1161–1165.
 5. Knotko A.V., Kravchenko S.S., Putlyayev V.I. Features of formation of geo polymer aluminosilicate materials. *Neorganicheskie materialy*. 2013. Vol. 49. No. 5, pp. 521–527. (In Russian).
 6. Zhenzhurist I.A., Zaripov V.M., Mubarakshin L.F., Hozin V.G. Influence the nanokhispersnykh of particles of hydrosols of oxides of silicon and aluminum on structuration of clay minerals in the water environment. *Steklo i keramika*. 2010. No. 7, pp. 28–32. (In Russian).
 7. Zhenzhurist I.A. Activation of aluminosilicate complex Nurlatsky additives bentonite and alumina hydrosol electromagnetic field. *Liteinoye proizvodstvo*. 2013. No. 3, pp. 9–11. (In Russian).
 8. Zhenzhurist I.A., Karasyova I.P. Zavisimost of technical characteristics on Nizhneuelsky clay from additives of hydrosols of aluminum and influence of an electromagnetic field. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*. 2013. No. 3, pp. 50–54. (In Russian).
 9. Zhenzhurist I.A., Bogdanov A.N. Influence of additives of hydrosols of aluminum and electromagnetic field on structure and technological properties of clay minerals. *Steklo i keramika*. 2013. No. 11, pp. 24–28. (In Russian).
 10. Pushkarev O.I., Shumyacher V.M., Mal'ginova G.M. Microwave processing powders of refractory compounds microwave electromagnetic field. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*. 2005. No. 1, pp. 7–9. (In Russian).
 11. Park S.S., Meek T.T. Characterization of $ZrO_2-Al_2O_3$ composites sintered in a 2,45 GHz electromagnetic field. *Journal of Materials Science*. 1991. Vol. 26, pp. 6309–6313.
 12. Sergiyevich O.A., Dyatlova E.M., Malinovsky G.N., Barantseva S.E., Popov R.Yu. Features of chemical and mineralogical structure and property of kaolins of the Belarusian fields. *Steklo i keramika* 2012. No. 3, pp. 25–31. (In Russian).

21-я КАЗАХСТАНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА "СТРОИТЕЛЬСТВО"

ufi
Approved
Event

KazBuild

2-5 сентября • 2014

АТАКЕНТ • АЛМАТЫ • КАЗАХСТАН

• СТРОИТЕЛЬСТВО
• ИНТЕРЬЕР

• КЕРАМИКА И КАМЕНЬ
• ОКНА,
ДВЕРИ И ФАСАДЫ

пройдет параллельно

aqua
THERM
ALMATY

ITE

Итека

Алматы, Казахстан, 050057, ул.Тимирязева, 42, 8 этаж
World Trade Center Almaty; Тел.: +7 727 2583434;
Факс: +7 727 2583444; E-mail: build@iteca.kz

 www.kazbuild.kz

made in Italy

MARCHELUZZO

LEADER NELLA REALIZZAZIONE DI IMPIANTI COMPLETI PER LA PRODUZIONE DI LATERIZI, LA MARCHELUZZO IMPIANTI GARANTISCE SEMPRE NUOVE SOLUZIONI AFFIDABILI NEL TEMPO.

Лидер по проектированию и выпуску автоматизированных линий "под ключ" для производства керамического кирпича. "Marcheluzzo Impianti" гарантирует передовые технологические решения, надежность которых проверена временем.

MARCHELUZZO IMPIANTI

MARCHELUZZO IMPIANTI s.r.l.
via Brenta, 7 - 36033 - Castelnuovo di Isola Vicentina (VI) ITALY
Tel. +39 0444 975385 - Fax +39 0444 977893
www.marcheluzzo.com - info@marcheluzzo.com

BERNINI IMPIANTI
Страсть для сжигания

Системы сжигания для печи и сушилки

Более 50 лет качества, надежности, инновации и исследования

Виа Мичелло 77 - 40127 Болонья (BO) - ИТАЛИЯ | Тел: +39051511216 - Факс: +39051511032 - info@bernini-impianti.it - www.bernini-impianti.it

УДК 691.421:658.5.012.7

Ю.В. ТЕРЁХИНА, инженер, В.Д. КОТЛЯР, д-р техн. наук, А.В. КОТЛЯР, инженер

Ростовский государственный строительный университет (344022, Российская Федерация, Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162)

Применение инструментов управления качеством в производстве керамического кирпича

Рассмотрены проблемы качества продукции и организации производства, возникающие на кирпичных заводах, и использование современных инструментов управления качеством в производстве стеновых керамических материалов, таких как причинно-следственная диаграмма Исикавы, контрольный листок, контрольные карты, гистограмма, диаграмма Парето, диаграмма разброса для решения задач предприятия. Приведены примеры использования инструментов управления качеством на стадиях жизненного цикла продукции, их роль в формировании качества готовой продукции, оценке состояния производства, оценке принятия решений и разработке эффективных корректирующих мероприятий на кирпичном заводе. Показано, что эффективность инструментов оценивается системным использованием в течение времени, отражает результативность проведенных мероприятий, позволяет выявить новые факторы и процессы, нуждающиеся в проработке и улучшении.

Ключевые слова: кирпич, качество, инструменты управления качеством, причинно-следственная диаграмма Исикавы, контрольный листок, контрольные карты, гистограмма, диаграмма Парето, диаграмма разброса.

Yu.V. TEREKHINA, Engineer, V.D. KOTLYAR, Doctor of Sciences (Engineering), A.V. KOTLYAR, Engineer
Rostov State University of Civil Engineering (162, Socialisticheskaya Street, Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation)

The use of quality management tools in production of ceramic brick

The problems of production quality and production organization arising at brick factories and the use of up-to-date tools of quality management in production of wall ceramic materials, such as the cause-and-effect diagram of Ishikawa, a control form, control charts, histogram, Pareto diagram, a scattergram for solution of enterprise's tasks are considered. Examples of the use of quality management tools at stages of product life cycle, their role in formation of finished product quality, assessment of production conditions, assessment of decision-making and development of efficient, corrective actions at the brick factory are also considered. It is shown that the efficiency of tools is estimated by system usage over time, it reflects the effectiveness of actions taken, makes it possible to reveal new factors and processes which are in need of working out and improvement.

Keywords: brick, quality, quality management tools, cause-and-effect diagram of Ishikawa, control form, control charts, histogram, Pareto diagram, scattergrams.

Отрасль стеновых керамических материалов в настоящее время развивается с учетом современных технологий строительства, научных исследований в области материаловедения, доступности сырьевой базы, возможностей машиностроительного комплекса, и, самое главное, совокупность перечисленных тенденций направлена на удовлетворение запросов потребителя. Проблема создания системы управления качеством и выпуск качественной продукции с минимальными затратами в настоящее время являются актуальной задачей для производства керамического кирпича. Для выявления и оценки «узких мест» технологии и организации производства, факторов, влияющих на качество продукции, предлагается использование инструментов управления качеством и статистические методы контроля [1–3].

На формирование качества готовой продукции оказывает влияние комплекс взаимосвязанных факторов, и очень важно рассмотреть каждый фактор отдельно, его значение и единичное влияние, сочетания единичных факторов, объединенных назначением, а также совокупность всех факторов и результат их действия на качество продукции [4, 5]. Для выявления факторов, определения их значений, оценки степени влияния, целесообразности их использования применяются инструменты управления качеством, к которым относятся: причинно-следственная диаграмма Исикавы, контрольный листок, контрольные карты, гистограмма, диаграмма Парето, диаграмма разброса. Рассмотрим возможность использования каждого инструмента для управления качеством в процессе производства керамического кирпича.

Причинно-следственная диаграмма Исикавы используется для анализа причинно-следственных связей, облегчает решение проблемы от ее признака до причины. Возможное количество причин классифицируют по группам их влияния на качество продукции и распределяют в зависимости от их принадлежности к той или иной группе [6]. Конечная цель диаграммы — как можно полнее рассмотреть факторы, влияющие на качество продукции, их взаимосвязь и эффект влияния. Актуально использование как для существующих технологий, так и для проектируемых.

Для керамических материалов группы причин следующие: сырье, технологии, оборудование, персонал, внешние факторы, измерение. Причинами в группе «сырье» могут быть: качественные характеристики, технологические особенности сырья, экологические показатели, отношения с поставщиками, доставка, постоянство качества. В «технологии» рассматривают технологические операции производства кирпича от склада сырья до склада готовой продукции как с точки зрения вклада в формирование качества продукции, так и роли в формировании брака продукции. К группе «оборудование» относят: ремонтпригодность, сервисное обслуживание, частоту отказов, надежность. К категории «персонал» относят его квалификацию (наличие и ее повышение), личностные характеристики, поощрение, мотивацию. К группе «внешних факторов» относят рынок сбыта, рекламу, рекламации и т. д. К «измерениям» относят точность получаемых данных о качестве продукции — наличие лаборатории, поверенного и аттестованного оборудования, статистические способы обработки информации. Для составления диаграммы и ее наполне-

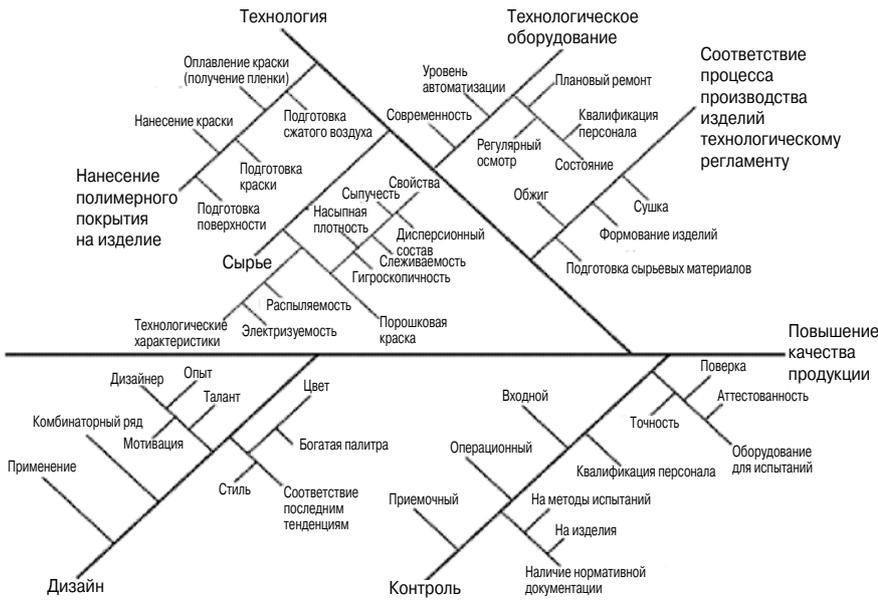


Рис. 1. Диаграмма Исикавы для керамического кирпича с полимерным покрытием

ния проводят «мозговой штурм» компетентными сотрудниками путем сбора данных. На основании построенной диаграммы хорошо просматривается взаимосвязь объектов, в дальнейшем на основе укрупненной диаграммы строятся частные диаграммы для более детального рассмотрения отдельных процессов и факторов. Также рекомендуется обновлять диаграмму с течением времени для фиксации динамики развития производства и эффективности мероприятий, направленных на повышение качества продукции, улучшения условий труда и получения экономического эффекта. Пример построения причинно-следственной диаграммы Исикавы представлен на рис. 1. Данная диаграмма разработана для керамического кирпича с полимерным покрытием.

Контрольный листок — таблица-протокол первичной регистрации данных о контролируемом объекте. Он отражает природу, сущность контролируемого объекта и задачи контроля, но в то же время имеет простую форму для удобства использования. В контрольном листе обязательно должно быть отражено: объект контроля; место контроля; ФИО контролера; ФИО контролируемого; продолжительность контроля; средства измерения; количество дефектов.

Этот инструмент используется для сбора данных по отдельным технологическим операциям, для управления дефектами как на стадии производства, так и готовой продукции. Производство керамического кирпича — это сложный и многостадийный процесс, в ходе которого по целому ряду причин могут возникать дефекты и брак продукции. Качество изделий, поставляемых потребителю, регламентируется ГОСТ 530–2012 «Кирпич и камни керамические. Технические условия». Данный нормативный документ рассматривает следующие виды дефектов внешнего вида: трещины, отколы, песочки, отбитости, шелушение, растрескивание, недожог, пережог и в зависимости от назначения изделия — рядовой или лицевой кирпич, устанавливает допустимое количество дефектов на изделии. На основании контрольных листов составляется сводная ведомость по этапам технологической линии с указанием видов образующихся дефектов, их процентного отношения к общему количеству, причин образования. На основании данного документа разрабатываются корректирующие мероприятия по устранению «узких мест» с учетом очередности и технологичности, а так-

же материальных и временных затрат [7].

Одним из наглядных инструментов управления качеством является технологическая карта процесса — графическое представление этапов производства. Для составления **технологической карты** необходимы следующие шаги.

1. Определить начало и конец идеального процесса.
2. Определить этапы процесса (входящие и выходящие факторы) — возможно использование диаграммы Исикавы.
3. Сравнить существующую технологическую карту процесса и идеальную.
4. Улучшение существующей карты и приближение процесса к идеальному варианту.

Данный инструмент интересен как для нового производства на этапе пуска наладки, так и для существующих заводов, планирующих

реконструкцию, модернизацию, расширение и увеличение производительности или ассортимента продукции.

Следующий инструмент — **контрольная карта** — инструмент, позволяющий оценить стабильность технологического процесса, его управляемость и контроль, подтвердить улучшение процессов и технологии. Контрольная карта используется для разграничения отклонений на вызванные установленными или специальными причинами и случайные отклонения, свойственные процессу. В качестве установленных факторов и причин могут быть особенности технологического процесса (влажность, давление формования, длительность и режим сушки и обжига), в качестве специальных факторов обычно рассматривают отклик процесса на корректирующие мероприятия (изменение сырья, ввод добавок, новое оборудование, новый под-процесс, новые специалисты, корректировка режима производства). В качестве отклонений могут быть рассмотрены показатели готовой продукции и их зависимость от погодных условий. Построение контрольных карт основано на математической статистике, сборе данных, установлении допустимых пределов и оценке причин, влияющих на возникновение результатов за границей пределов.

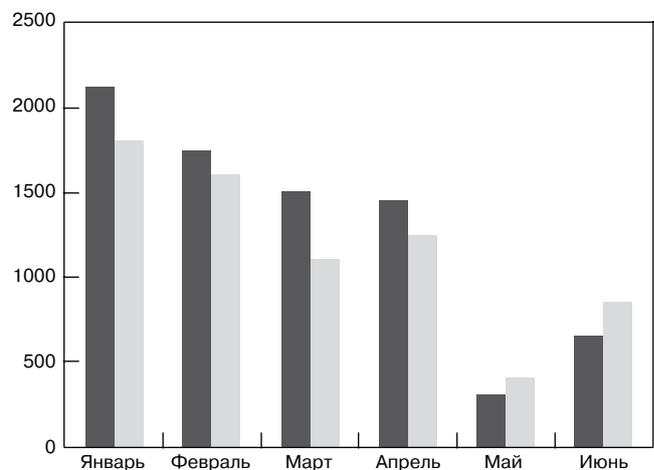


Рис. 2. Гистограмма динамики брака кирпича за два квартала 2013 г.: ■ — количество брака; □ — трещины

Гистограмма – графический инструмент представления информации о показе характера изменчивости показателей, сообщение информации о ходе процесса. На основании гистограммы реализуются решения, направленные на улучшение факторов, влияющих на качество или снижение действия дефектообразующих причин. Гистограмма является продолжением процесса использования контрольных листов: ширина столбцов диаграммы – интервал диапазона данных, а высота – численное значение или частота фактора внутри интервала. Характер изменения высоты показывает распределение данных и их изменения под воздействием корректирующих мероприятий, направленных на повышение качества продукции. На рис. 2 показан пример использования гистограммы, отражающей зависимость количества бракованных изделий и количества изделий с трещинами по месяцам 2013 г., построенной на основе данных наблюдения на одном из кирпичных заводов компрессионного формования Ростовской области. На основании полученных зависимостей была проведена корректирующие мероприятия для устранения причин и снижения процента брака на заводе.

Диаграмма Парето используется для распределения важности каждого фактора в формировании качества керамического кирпича и позволяет классифицировать возможности по увеличению важности того или иного фактора. Диаграмма Парето представляет собой простое графическое представление факторов от наиболее частых до менее частых. Принцип Парето гласит, что только 20% факторов оказывают решающее влияние, а оставшиеся 80% имеют второстепенный характер, и их воздействие только на 20% будет иметь эффект. Построение диаграммы Парето направлено на выявление 20% факторов, на которые стоит направить энергию и ресурсы для получения значительных результатов и экономического эффекта. В использовании данного инструмента очень важно выбрать пункты для анализа, единицы измерения, пери-

од времени. Рекомендуется определить временной период, через который процесс построения диаграммы Парето будет повторяться. Для кирпичных заводов применение данного инструмента особенно актуально, так как в организации процесса возникает огромное количество факторов, которыми нужно заниматься, и ограниченные финансовые возможности, а с использованием диаграммы Парето и ранжированием факторов возможно эффективное распределение финансовых потоков для получения максимального результата и качества продукции. Иногда очень незначительные факторы и затраты играют большую роль в решении глобальных проблем качества, например ограждение зоны формовки пресса полиэтиленовой пленкой для снижения влияния потоков воздуха на кирпич-сырец.

Диаграмма разброса используется для выявления и демонстрации зависимости между двумя связанными наборами данных и для подтверждения предполагаемых зависимостей между ними. Например, связь между влажностью и прочностью, температурой обжига и морозостойкостью, личностью оператора и количеством брака. Выбираются факторы X и Y, устанавливается зависимость между ними: если зависимость положительная, значит, изменение фактора X влечет за собой изменение фактора Y, а если отрицательная, то факторы между собой не связаны или их связь носит хаотический характер.

Области применения инструментов управления качеством затрагивают весь жизненный цикл как кирпичного завода в целом, так и отдельного кирпича в частности [8]. Применение вышеперечисленных инструментов управления качеством не должно носить случайный характер, эффективность их использования оценивается системным применением в течение времени, его анализ позволяет отразить результаты, эффективность проведенных мероприятий, выявить новые факторы и процессы, нуждающиеся в проработке и улучшении.

Список литературы

1. Котляр В.Д., Терехина Ю.В. Управление качеством при организации производства кирпича керамического полусухого прессования // *Строительные материалы*. 2011. № 4. С. 26–27.
2. Терехина Ю.В., Котляр В.Д., Серебряная И.А., Черенкова И.А. Контрольный лист качества – инструмент сбора и анализа данных при производстве кирпича керамического // *Инженерный вестник Дона*. Научный интернет-журнал. 2013. № 4. <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2109> (дата обращения 15.03.2014).
3. Котляр В.Д., Терехина Ю.В., Небежко Ю.И. Перспективы развития производства керамического кирпича полусухого прессования // *Строительные материалы*. 2011. № 2. С. 6–7.
4. Etethen G. Total Quality Management. New-York, 1995. 286 p.
5. Atkinson A., Epstein M. Measure for measure: Realizing the power of the balanced scorecard // CMA Management. 2000. September. pp. 22–28.
6. Ефимов В.В. Средства и методы управления качеством. М.: КНОРУС, 2012. 232 с.
7. Терехина Ю.В., Котляр В.Д. Система управления качеством на кирпичном заводе: *Сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии»*. Томск: ТПУ, 2013. Т. 3. С. 160–161.
8. Котляр В.Д. Стеновая керамика на основе кремнистых опал-кристобалитовых пород – опок. Ростов н/Д: Ростиздат. 2011. 277 с.

References

1. Kotlyar V.D., Terekhina Yu.V. Quality management at the organization of production of a brick of ceramic moist pressing. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 4, pp. 26–27. (In Russian).
2. Terekhina Yu.V., Kotlyar V. D., Serebryanaya I.A., Cherenkova I.A., Control leaf of quality – the instrument of collecting and the analysis of data by production of a brick ceramic. *Inzhenernyi vestnik Dona*. Scientific Internet-journal 2013. No. 4, <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2109> (date of access 15.03.2014). (In Russian).
3. Kotlyar V.D., Terekhina Yu. V., Nebjeko Yu. I. Prospects of development of production of a ceramic brick of moist pressing. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials] 2011. No. 2, pp. 6–7. (In Russian).
4. Etethen, G. Total Quality Management. New-York, 1995. 286 p.
5. Atkinson, A. Measure for measure: Realizing the power of the balanced scorecard. CMA Management. September 2000. pp. 22–28.
6. Efimov V.V. Sredstva i metody upravleniya kachestvom. [Means and methods of control over quality]. Moscow: KNORUS. 2012. 232 p. (In Russian).
7. Kotlyar V.D., Terekhina Yu.V. Control system of quality at brick-works. *Collection of works XIX of the International conference of students, graduate students and young scientists “Modern equipment and technologies”*. Tomsk: TPU. 2013. Vol. 3, pp. 160–161. (In Russian).
8. Kotlyar V.D. Stenovaya keramika na osnove kremnistykh opal-kristobalitovykh porod – opok [Wall ceramics based on siliceous rocks opal-cristobalite – flasks]. Rostov-on-Don. Rostizdat. 2011. 277 p. (In Russian).



*Фасадные панели
компании «ПРИОР групп»*



*Кабина лифта компании
«Унгерт Элеваторз» выполнена
по заказу одной из фирм Новосибирска*



*Металлические ограды, сваи и другие
конструкции также являются
непрерывным атрибутом строительной выставки*

SibBuild

Крупнейшая в Сибири международная строительная выставка СибБилд (SibBuild) прошла в конце января – начале февраля 2014 г. в Новосибирске. По традиции, чтобы охватить весь спектр материалов, технологий и услуг в строительстве, организаторам – компании ИТЕ-Сибирь пришлось разделить мероприятие на две части. С 28 по 31 января прошла неделя архитектуры и строительства СибБилд, в рамках которой были представлены строительные материалы, технологии производства, оконные и профильные системы, архитектурное стекло и фасады, алюминиевые и стальные конструкции, ворота и автоматика, инструменты и крепеж и др. С 10 по 13 февраля прошла неделя отделочных материалов и интерьерных решений СибБилд, где были продемонстрированы краски и сухие строительные смеси, двери и замки, керамика и сантехника, натуральный и искусственный камень, освещение и электрика, ткани.

В выставке СибБилд-2014 приняли участие более 500 компаний из 17 стран: России, Казахстана, Беларуси, Германии, Великобритании, Турции, Италии, Франции, Чехии, ОАЭ, Канады, Латвии, Китая, Южной Кореи, Польши, Словакии, Швеции. Общая площадь экспозиции составила более 21 тыс. м². За две недели выставку посетило более 15,5 тыс. специалистов. Согласно статистическим данным компании ИТЕ-Сибирь, наибольшее количество посетителей представляли Новосибирскую область (72,6%), Кемеровскую область (7%), Алтайский край (6%) и Томскую область (5%).

Инженерное оборудование для отопления, водоснабжения, вентиляции и кондиционирования, которое ранее входило в экспозицию второй недели СибБилд, в этом году впервые выделено в самостоятельную выставку «Аква-Терм Новосибирск» (Aqua-Therm Novosibirsk), которая прошла 19–21 февраля 2014 г.

Журнал «Строительные материалы»[®] по традиции является участником первой недели выставки СибБилд.

Следует отметить, что наряду с постоянными участниками, стенды которых являются непременным атрибутом СибБилд, в экспозиции 2014 г. появились новые экспоненты.

Впервые с экспозицией в Новосибирске участвовало ООО «Унгерт Элеваторз» (Владивосток), запустившее производство лифтов в декабре 2012 г. В настоящее время компания производит пассажирские лифты грузоподъемностью 400 и 1000 кг. В конструкции предусмотрено применение безредукторных лебедок на постоянных магнитах, контроллеры с интегрированными частотными преобразователями, что позволяет обеспечить плавность хода, низкий уровень шума (в машинном помещении не превышает 55 дБ), высокую точность позиционирования (±5 мм). Оборудование адаптировано под российскую систему диспетчеризации «ОБЪ». Потребление энергии снижено на 60% по сравнению с традиционными лифтами. Приятно отметить, что специалисты компании позиционируют свои лифты эконом-класса в среднем ценовом сегменте.

Фасадные панели, сочетающие повышенную теплоизоляцию и декоративные качества, представила производственная компания «ПРИОР групп» (Новосибирская обл.). Панели выполняются из пенополистирола на оборудовании собственной разработки для резки ППС. Наружную сторону панелей покрывают защитно-декоративным составом, который обеспе-

чивает и повышенные прочностные свойства. Также производятся наличники, молдинги и карнизы, необходимые для дизайна здания.

Монтаж фасадов производится с помощью клея и крепежных элементов с последующей заделкой мест крепления соответствующим цветным шпаклевочным составом.

Теплоизоляция по-прежнему является одним из наиболее востребованных материалов в строительстве. Широкий ассортимент минераловатных плит различной плотности и назначения представила компания «Эковер» (г. Асбест Свердловской обл.). Производство базальтового волокна расположено на производственной площадке ОАО «Ураласбест». Создание предприятия было обусловлено растущим спросом на высокотехнологичную теплоизоляцию, а также необходимостью диверсификации градообразующего предприятия ОАО «Ураласбест».

Технологии производства строительных материалов также нашли отражение в выставке СибБилд. Отрицательная температура в зимний период вносит свои коррективы в работу многих предприятий, использующих песок, песчано-гравийную смесь и щебень. Сырье смерзается, его подача затрудняется. Решение подобных задач предложила компания «ИЦЭТ» (Уфа, Республика Башкортостан). В активе компании также разработки технологий термовлажностной обработки железобетонных изделий, воздушного отопления промышленных помещений, выставочных залов и др. и сушки древесины.

Впервые в выставке приняло участие научно-производственное предприятие «Баскей Керамик». Более 20 лет назад компания была организована молодыми учеными новосибирского Академгородка. Компания специализируется на разработке технологий сушки, помола, активации и обогащения минерального сырья, в том числе глинистого, а также установок сжигания пылевидного топлива в печах кирпичных заводов.

Технологическое оборудование и заводы «под ключ» также представляли итальянские компании, впервые выступившие на СибБилд под патронатом Итальянской ассоциации производителей оборудования для керамической отрасли Ачимак (АСИМАС), которая объединила восемь компаний этого профиля.

Выставка сопровождалась обширной деловой программой, которая открылась пленарным заседанием «О работе строительного комплекса Новосибирской области в 2013 году. Постановка задач на 2014 год». С докладом на нем выступил министр строительства и ЖКХ Новосибирской области Д.В. Вершинин.

На саммите строителей Сибири, организованном министерством строительства и ЖКХ Новосибирской области, обсуждались вопросы нормативно-правового регулирования, улучшения предпринимательского климата в сфере строительства, доступности энергетической инфраструктуры. С докладами выступили министр юстиции Новосибирской области Н.В. Омелёхина, начальник управления архитектуры и строительства министерства строительства и ЖКХ Новосибирской области И.В. Бокова, главный градостроитель института ОАО «СибНИИ градостроительства» (Новосибирск) С.А. Заусаев и др.

Совместно Новосибирским государственным аграрным университетом и Томским государственным архитектурно-строительным университетом была организована научно-техническая конференция «Инновационные разработки и новые технологии в строительном материаловедении». В рамках мероприятия собрались ученые и преподаватели вузов из различных регионов России – Новосибирска, Томска, Красноярска, Республики Татарстан, Новокузнецка, Барнаула и др. Доклады вызвали оживленную дискуссию коллег.

В 2015 г. Неделя архитектуры и строительства СибБилд будет проходить с 3 по 6 февраля. Неделя отделочных материалов и интерьерных решений СибБилд пройдет одновременно с выставкой инженерного оборудования Аква-Терм Новосибирск с 17 по 20 февраля.



Минераловатные материалы из г. Асбест



Активная работа кипела на стенде НПП «Баскей Керамик»



Во время конференции «Инновационные разработки и новые технологии в строительном материаловедении»



Лидеры оконного производства

А.Ю. СТОЛБОВУШКИН¹, канд. техн. наук, А.И. ИВАНОВ¹, инженер;
С.В. ДРУЖИНИН², генеральный директор; В.Н. ЗОРЯ¹, инженер, В.И. ЗЛОБИН¹, инженер

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

² ООО «Спецремонт» (654063, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Рудокопровая, 28, корп. 6)

Особенности поровой структуры стеновых керамических материалов на основе углеотходов

Представлены результаты исследования поровой структуры стеновых керамических материалов на основе отходов обогащения угля методами растровой электронной микроскопии, петрографии и ртутной порометрии. Приведены химический, минеральный, вещественный состав и содержание тонкодисперсных фракций техногенного сырья и добавок. Установлено, что на форму и размеры пор оказывают существенное влияние количество углистых частиц в отходах, тонина помола исходного сырья, способ формирования матричной структуры сырцовых изделий, состав корректирующих добавок и другие факторы. Выявлены особенности пористой текстуры керамического черепка, при этом большая часть морозобезопасных пор имеет размеры 0,04–4,4 мкм, а макропоры, формирующиеся преимущественно на границе гранул, частично или полностью заполнены аморфизованным веществом – продуктом твердофазных реакций при обжиге, что положительно влияет на водопоглощение и морозостойкость изделий.

Ключевые слова: отходы обогащения угля, стеновые керамические материалы, поровая структура, керамический матричный композит, морозостойкость.

A.YU. STOLBOUSHKIN¹, Candidate of Sciences (Engineering), A.I. IVANOV¹, Engineer; S.V. DRUZHININ², Director-General; V.N. ZORYA¹, Engineer, V.I. ZLOBIN¹, Engineer

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

² ООО «Spetzremont» (Building 6, 28, Rudokoprovaya Street, Kemerovo region, Novokuznetsk, 654063, Russian Federation)

Pore structure characteristics of wall ceramics made from waste coal

The investigation results of the pore structure of wall ceramic materials made from waste coal by scanning electron microscopy, petrography and mercury porosimetry are provided. Chemical, mineral, material composition and the con-tent of fine fractions of technogenic raw materials and additives are given. It was established that shapes and sizes of pores are significantly affected by number of carbonaceous particles in the waste as well as by fineness of grind, formation method of matrix structure of mudbricks, composition of the corrective additives and other factors. The features of the porous texture of the ceramic crock are identified, majority of the frost resistant pores have sizes of 0,04–4,4 μm, and macropores formed mainly on the grain boundaries are partially or completely filled with amorphized material – a product of solid state reactions during firing, which positively affects the water absorption and frost resistance of products.

Keywords: waste coal, wall ceramic material, pore structure, ceramic matrix composite, frost resistance.

Поровая структура стеновых материалов во многом определяет их физико-механические свойства и влияет на прочность, теплопроводность и морозостойкость изделий. При этом существенную роль играют равномерность распределения пор, их концентрация, форма и размеры. Повышение пористости стеновой керамики, с одной стороны, улучшает теплотехнические характеристики наружных стен, с другой – снижает их прочность и морозостойкость. Наиболее опасными с точки зрения морозостойкости изделий являются поры размером от 0,025 до 0,14 мкм [1]. Поэтому формирование рациональной поровой структуры керамического черепка, обеспечивающей наилучшее сочетание его эксплуатационных характеристик, является актуальной задачей строительного материаловедения, решение которой позволит увеличить долговечность стеновых керамических материалов.

Пористость керамических изделий существенно зависит от вещественного состава исходного сырья и складывается уже на стадиях массоподготовки, так как тонина помола, количество и состав корректирующих добавок, способ формирования структуры сырцовых изделий являются факторами, определяющими в результате структуру черепка. В связи с расширением сырьевой базы производства керамического кирпича за счет использования различных видов техногенного сырья [2], в частности отходов углеобогащения с высоким содержанием углерода, возникает потребность в про-

The pore structure of ceramic wall materials largely determines their physicomachanical properties and affects the strength, thermal conductivity and frost resistance of products. Uniformity of distribution of pores, their concentration, shapes and sizes play an important role. The increased porosity of wall ceramics, on the one hand, improves thermal performance of the exterior walls, on the other hand, reduces their strength and frost resistance. The most dangerous from the viewpoint of frost resistance of products are pores with sizes from 0,025 up to 0,14 μm [1]. Therefore, formation of a rational pore structure of ceramic crock, that provides the best combination of its performance, is an urgent problem in building materials, solution of which will increase durability of ceramic wall materials.

Porosity of ceramic products depends significantly on the chemical components of the initial raw material and is formed at the stage of mass preparation because fineness of grind, quantity and composition of corrective additives, formation method of mudbrick structure are the factors that influence the crock structure. Due to the expansion of raw material base for the production of ceramic bricks through the use of various types of technogenic materials [2], in particular waste coal with high carbon content, there is a need to conduct studies of the effect of waste coal and technological factors of production on the pore structure of products.

The aim of this study was to investigate the porous structure of wall ceramic materials made from waste coal of Abashevo Central Enrichment Plant (CEP) (Novokuznetsk) represented by shales of argillite-siltstone composition with

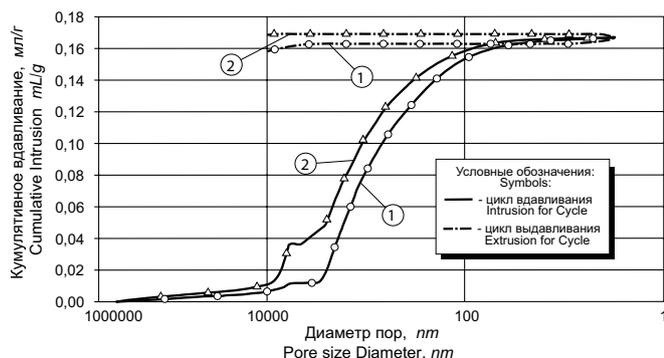


Рис. 1. Отношение совокупного проникновения ртути к размеру пор в керамическом кирпиче на основе отходов углеобогащения Абашевской ЦОФ (1) и отходов обогащения углистых аргиллитов Коркинского месторождения (2)

Fig. 1 Ratio of the cumulative mercury intrusion to the pore size in the ceramic crock produced from waste coal of Abashevo CEP (1) and waste carbonaceous argillites of Korkinskiy deposit (2)

ведения исследований влияния состава углеотходов и технологических факторов производства на поровую структуру изделий.

Целью настоящей работы являлось изучение поровой структуры стеновых керамических материалов на основе отходов углеобогащения Абашевской ЦОФ (г. Новокузнецк), представленных сланцами аргиллит-алевролитового состава с прослойками песчаников, и отходов обогащения углистых аргиллитов Коркинского бурогольного разреза (Челябинская обл.), которые сложены аргиллитами, алевролитами, углистыми аргиллитами и сланцами. В работе исследовались представительные пробы отходов углеобогащения Абашевской ЦОФ класса +13 мм и углистые аргиллиты класса 13–40 мм. В качестве добавки, используемой для формирования ячеисто-заполненной структуры керамических изделий, был выбран новокузнецкий суглинок, который относится к умеренно-пластичному сырью гидрослюдисто-монтмориллонитового типа с низким содержанием крупнозернистых включений. Химический состав сырьевых материалов представлен в табл. 1, содержание тонкодисперсных фракций – в табл. 2.

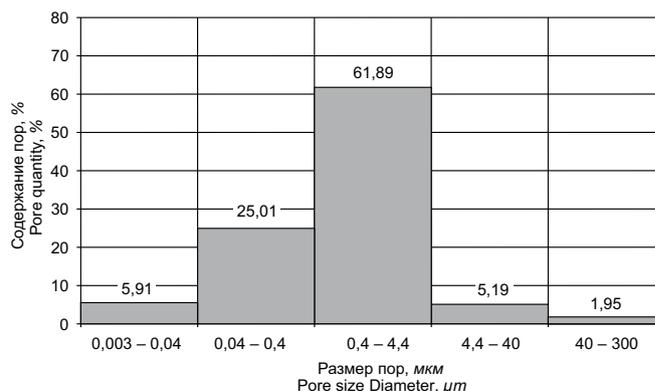


Рис. 2. Гистограмма распределения пор по размерам в керамическом черепке из отходов углеобогащения Абашевской ЦОФ

Fig. 2 Histogram of pore size distribution in the ceramic crock produced from waste coal of Abashevo CEP

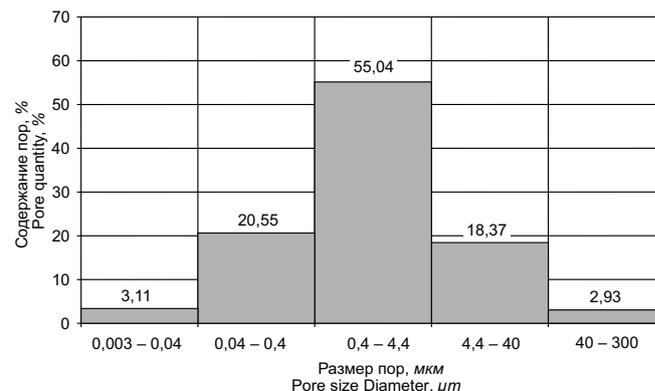


Рис. 3. Гистограмма распределения пор по размерам в керамическом черепке из коркинских углистых аргиллитов

Fig. 3 Histogram of pore size distribution in the ceramic crock produced from Korkinskiy carbonaceous argillites

layers of sandstone and carbonaceous argillite tailings of Korkino lignite open pit (Chelyabinsk region) which consist of argillites, siltstones, carbonaceous argillites and shales. We investigated the representative samples of waste coal from Abashevo CEP – class +13 mm and carbonaceous argillites of class 13–40 mm. As an additive used to form the cell-filled

Таблица 3

Наименование сырья Name of raw material	Массовая доля компонентов, % (на абсолютно сухое вещество) Mass fraction of the components in % per absolutely dry weight									
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	R ₂ O	SO ₃	ППП Loss on ignition
Отходы углеобогащения Абашевской ЦОФ Waste coal from Abashevo CEP	54,18	0,71	16,65	3,64	–	1,96	5,55	3,62	0,29	13,4
Отходы углеобогащения Коркинского разреза Waste coal from Korkinskiy open pit mine	43,47	1,04	17,14	10,11	0,2	2,84	3,4	2,18	0,13	19,49
Новокузнецкий суглинок Novokuznetsk loam	62,03	0,93	14,71	5,07	0,21	2,49	4,56	3,94	0,47	5,59

Таблица 2

Наименование сырья Name of raw material	Содержание фракций в %, размер частиц в мм Fraction content in %, particle size in mm				
	>0,063	0,063–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,0001
Отходы углеобогащения Абашевской ЦОФ Waste coal from Abashevo CEP	39,9	26,2	7,2	12,2	14,5
Отходы углеобогащения Коркинского разреза Waste coal from Korkinskiy open pit mine	57,5	9,7	8,3	12,4	12,1
Новокузнецкий суглинок Novokuznetsk loam	–	3,8	63,8	4,2	28,2

Минеральная часть отходов углеобогащения Абашевской ЦОФ представлена гидромусковитом, кварцем, плагиоклазом, монтмориллонитом, хлоритом, сидеритом и кальцитом. Угольный остаток содержит свободный углерод в количестве от 8 до 22%.

Углистые аргиллиты Коркинского месторождения содержат кварц, каолинит, сидерит, мусковит; присутствуют также доломит, гематит и полевой шпат; содержание углерода может достигать 18%. Уголь в отходах находится в основном в тонкодисперсном состоянии, что дает возможность в процессе массоподготовки провести вторичное обогащение отходов сухим способом для получения угольной пыли, которую можно использовать при обжиге керамического кирпича [3].

Как сырье для производства стеновой керамики отходы углеобогащения являются малопластичными (число пластичности ≈ 6), малочувствительными к сушке (коэффициент чувствительности < 1) и неспекающимися породами.

В работе исследовался керамический кирпич из углеотходов, выпущенный в условиях Бердского (Новосибирская обл.) и Шарыповского (Красноярский край) кирпичных заводов, которые показали высокие значения морозостойкости, нехарактерные для изделий полусухого прессования. Особенностью изучаемых керамических изделий явилось то, что все они были изготовлены на основе тонкодисперсных механоактивированных отходов углеобогащения, предварительно загранулированных и покрытых тонким слоем глинистого порошка из новокузнецкого суглинка. Технология получения керамических матричных композитов ячеисто-заполненной структуры ранее была описана в [4].

Исследования поровой структуры проводилось методами растровой электронной микроскопии, петрографии и ртутной порометрии, используемой для анализа пор с размерами 3–300000 нм. Использовалась классификация пор по размерам, рекомендованная Международным союзом по теоретической и прикладной химии IUPAC, согласно которой пористые тела классифицируют по преимущественному размеру пор на микропористые (поры до 2 нм), мезопористые (от 2 до 50 нм) и макропористые (св. 50 нм) [5].

Для экспериментальной оценки общего (удельного) объема пор (V_α) применялась формула [6]:

$$V_\alpha = \frac{1}{\delta_\alpha} - \frac{1}{\rho_\alpha},$$

где δ_α – кажущаяся, ρ_α – истинная плотность гранулированных композиционных материалов.

Водопоглощение кирпича составило 9,7–11,5%, средняя (кажущаяся) плотность – 1,65–1,81 г/см³; истинная плотность – 2,43 г/см³. Общий объем пор $V_\alpha = 0,167$ см³/г, и этот показатель практически всегда совпадал с данными ртутной порометрии (0,16–0,163 см³/г). Отдельные несовпадения можно объяснить наличием ультрамакропор в некоторых образцах (более 200 мкм),

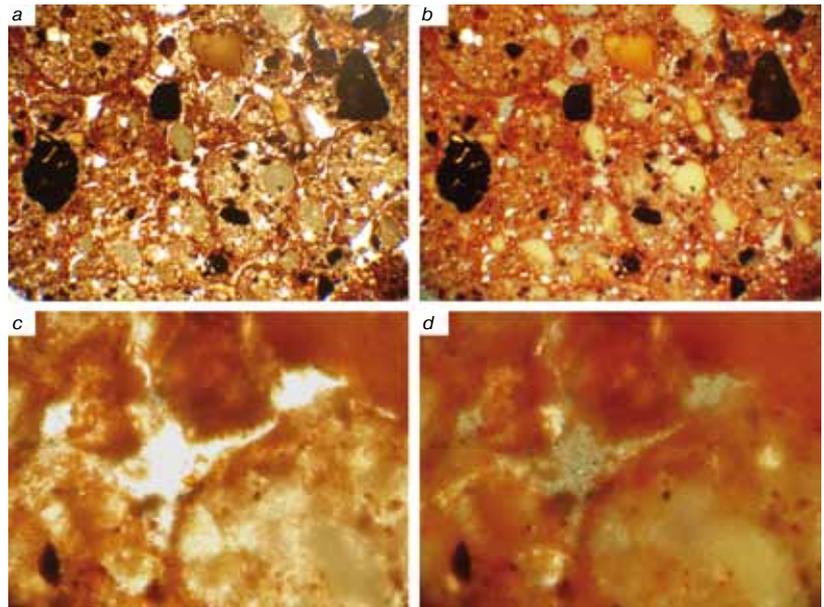


Рис. 4. Поровая структура керамического кирпича на основе отходов углеобогащения Абашевской ЦОФ: увеличение 25×: николи II (а); николи + (b); 250×: николи II (c); николи + (d)
Fig. 4 Pore structure of the ceramic brick produced from waste coal of Abashevo CEP: magnification 25×: nicols II (a); nicols + (b); 250×: nicols II (c); nicols + (d)

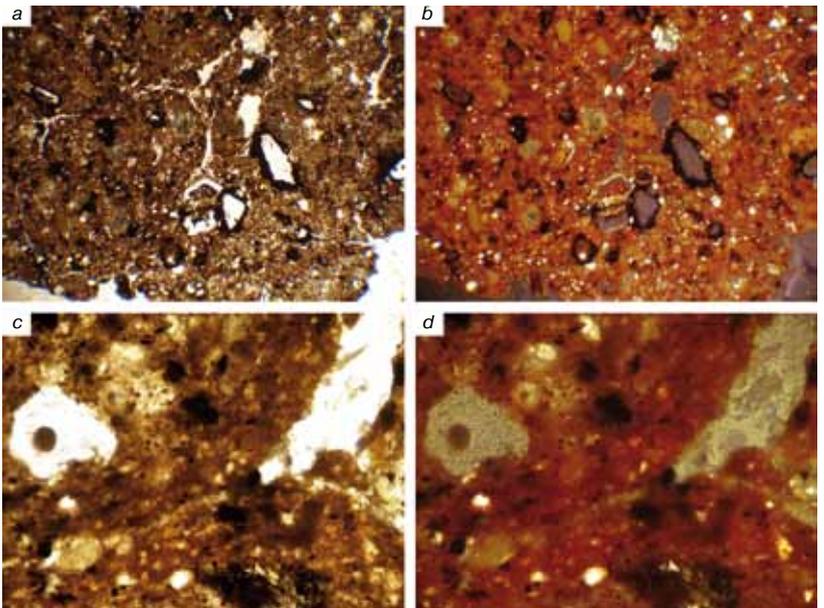


Рис. 5. Поровая структура керамического кирпича на основе отходов обогащения углистых аргиллитов Коркинского угольного разреза: увеличение 25×: николи II (а); николи + (b); 200×: николи II (c); николи + (d)
Fig. 5 Pore structure of the ceramic brick produced from waste carbonaceous argillites of Korkinskiy open pit: magnification 25×: nicols II (a); nicols + (b); 200×: nicols II (c); nicols + (d)

structure of ceramic products Novokuznetsk loam was chosen which refers to moderate plastic raw material of illite and montmorillonite type with low content of coarse inclusions. Chemical composition of raw materials is shown in Table 1, the content of fine fractions in Table 2.

The mineral part of waste coal from Abashevo CEP is represented by hydromuscovite, quartz, plagioclase, montmorillonite, chlorite, siderite and calcite. Carbon residue contains free carbon in an amount of 8 up to 22%.

Carbonaceous argillites from Korkino deposits contain quartz, kaolinite, siderite, muscovite, also dolomite, hematite and feldspar are found, carbon content can reach 18%. Waste coal is mainly in a fine dispersed state which allows to conduct the secondary waste enrichment during the process of mass preparation by dry method for producing coal dust, that can be used in ceramic brick firing [3].

Таблица 3

Наименование Name	Удельная поверхность, м ² /г Specific surface, m ² /g	Объем пор, см ³ /г Pore volume, cm ³ /g
Керамический кирпич из отходов углеобогащения Абашевской ЦОФ Ceramic brick from waste coal of Abashevo CEP	3,47	0,16
Керамический кирпич из коркинских углистых аргиллитов Ceramic brick from Korkinskiy carbonaceous argillites	1,82	0,163

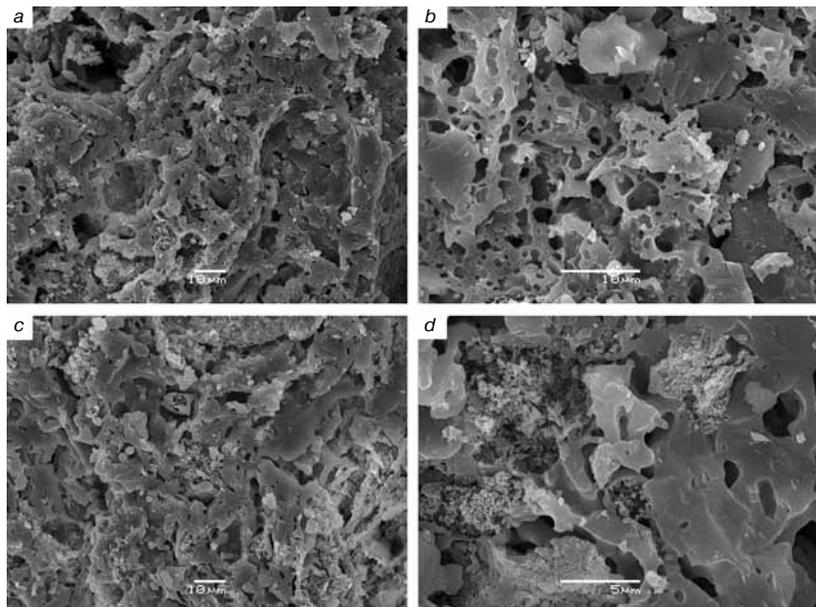


Рис. 6. Растровые электронные микроснимки структуры черепка из отходов углеобогащения Абашевской ЦОФ (a, b) и отходов обогащения углистых аргиллитов Коркинского угольного разреза (c, d): увеличение 750× (a); 1500× (b); 750× (c); 3000× (d)
Fig. 6 Scanning electron micrograph of the crock structure produced from waste coal of Abashevo CEP (a, b) and waste carbonaceous argillites from Korkinskiy open pit (c, d): magnification 750× (a); 1500× (b); 750× (c); 3000× (d)

самопроизвольно заполняющихся даже при минимальном давлении ртути [7].

На рис. 1 представлены итоговые данные проникновения ртути в образцы керамического кирпича на основе углеотходов. Характер кривых кумулятивного вдавливания ртути показывает, что в керамическом кирпиче на основе отходов углеобогащения формируются микропоры размером менее 100 нм. Причинами образования нанопор в керамическом черепке являются тонкий помол и механоактивация исходного сырья, в результате чего остатки угля переходят в тонкодисперсное состояние, а грануляция порошка обеспечивает плотную упаковку при прессовании сырья.

Известно, что при изменении дисперсности сырья химический потенциал системы меняется на величину $\Delta\mu = \alpha \cdot \omega / R$ (где R – радиус кривизны; α – поверхностная энергия на границе фаз; ω – объем, приходящийся на 1 частицу в сосуществующих фазах) [8]. Таким образом, с уменьшением размера частиц более предпочтительным будет образование фаз с меньшей поверхностной энергией и с более плотной упаковкой. Очевидно, что морфология частиц получаемого после активации сырья, а также изменения в структуре основных породобразующих минералов оказывают решающее влияние на процессы спекания при производстве керамического кирпича из углеотходов.

Полученные результаты в целом согласуются с экспериментальной оценкой общего (удельного) объема пор (V_α). Исключение составляет кирпич на основе коркинских углистых аргиллитов, показавший повышенное содержание опасных пор размером от 4 до 40 мкм (более 25%), вызвавших снижение морозостойкости изделий (марка кирпича F25).

Waste coal as a raw material used for the ceramic wall production is low-plastic (plasticity ≈ 6), low-sensitive to drying (coefficient of drying sensitivity < 1) and non-coking.

In this paper we studied ceramic bricks made from waste coal at Berdsky (Novosibirsk region) and Sharypovskiy (Krasnoyarsk Krai) brick plants. They showed high values of frost resistance not typical for products of dry pressing. The peculiarity of the studied ceramic products was the fact that they were all made from fine dispersed mechanoactivated waste coal, granulated in advance and coated with a thin layer of clay powder from Novokuznetsk. In [4] we have already described the production technology of ceramic matrix composites with the cell-filled structure.

The studies of the pore structure was carried out by scanning electron microscopy, petrography and mercury porosimetry used for analysis of pores with sizes 3–300000 nm. Classification of pore sizes recommended by the International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC, was used according to which the porous bodies are classified depending on their predominant sizes into microporous (pores up to 2 nm), mesoporous (from 2 to 50 nm) and macroporous (above 50nm) [5].

For experimental evaluation of the total (specific) pore volume (V_α) well-known formula was used [6]:

$$V_\alpha = \frac{1}{\delta_\alpha} - \frac{1}{\rho_\alpha},$$

where δ_α – apparent, ρ_α – true density of the granulated composite materials.

Water absorption capacity of bricks was 9,7–11,5%, the average (apparent) density – 1,65–1,81 g/cm³, true density – 2,43 g/cm³. The total pore volume $V_\alpha = 0,167$ cm³/g, and this figure almost always coincided with the mercury porosimetry data (0,160–0,163 cm³/g). Certain mismatches can be explained by the presence of ultramakropores in some samples (more than 200 μ m), spontaneously filled up even at the minimum pressure of mercury [7].

In Fig. 1 the final data on the mercury intrusion into the samples of ceramic bricks made from waste coal are presented. Curves of the mercury cumulative intrusion show that micropores under 100 nm are formed in the ceramic brick made from waste coal. Reasons for nanopores formation in the ceramic crock are the fine grinding and mechanoactivation of the initial raw material that results in transformation of coal residues into finely dispersed state, and powder granulation provides a tight pack during the adobe com-pression.

It is known that during the change of the raw material dispersion the chemical potential of the system changes by $\Delta\mu = \alpha \cdot \omega / R$ (where R – radius of curvature; α – the surface energy at the phase boundaries; ω – volume per one particle in the coexisting phases) [8]. Thus, with particle size decrease formation of phases with lower surface energy and denser packaging is more preferable. It is obvious, that particle morphology obtained after raw material activation, as well as

В табл. 3 и на рис. 2, 3 представлены удельная поверхность, объем и распределение пор по размерам в керамическом кирпиче на основе отходов обогащения угля Абашевской ЦОФ и коркинских углистых аргиллитов, рассчитанные по данным ртутной порометрии.

При одинаковом объеме пор их удельная поверхность более развита (в 1,9 раза) в кирпиче на основе отходов углеобогащения. В обоих случаях можно отметить наличие мезо-, макро- и ультрамакропор, причем черепок из отходов углеобогащения (рис. 2) имеет в 3,5 раза меньше опасных и в 2 раза больше морозобезопасных пор по сравнению с изделиями из углистых аргиллитов, что подтверждается более высокими показателями морозостойкости кирпича на основе отходов углеобогащения Абашевской ЦОФ.

Характер пор изучался на шлифах в проходящем поляризованном свете при параллельных и скрещенных николях (рис. 4, 5). Концентрация макропор возрастает по границам гранул керамических матричных композитов (рис. 4, а, б; 5, а, б) и вызвана частичной запрессовкой воздуха, а также выдавливанием воды в опудривающий слой при прессовании гранулята. Это подтверждает и радиальная вытянутость пор по отношению к центру гранул вследствие возникновения значительных внутренних компрессионных напряжений.

Текстура керамического черепка характеризуется порами круглыми, слегка вытянутыми, протяженными и петельчатыми. Последние располагаются на границе гранул и заполнены аморфизованным веществом, что можно обнаружить на микрофотографиях шлифов при скрещенных николях (рис. 4, д; 5, д). Такие поры не опасны и не снижают морозостойкости кирпича.

Электронно-микроскопические исследования поровой структуры (рис. 6) согласуются с результатами изучения шлифов. Макропоры в керамическом черепке большей частью вытянутые и заполнены криптокристаллическим веществом, которое препятствует проникновению воды в тело черепка, поэтому, несмотря на высокое содержание углистых частиц в отходах, изделия имеют низкое водопоглощение.

Результаты исследований поровой структуры стеновых керамических материалов на основе углеотходов позволили сделать следующие выводы:

- новая технология формирования матричной структуры керамических изделий обеспечивает безопасную с точки зрения морозостойкости гранулометрию пор;
- поскольку при грануляции тонкодисперсных отходов формируется плотная структура заполнителя будущего композита, большая часть пор в готовых изделиях имеет размеры 0,04–4,4 мкм. В таких порах вода становится по существу пристеночной адсорбированной влагой, температура замерзания которой ниже 20°C;
- опудривание гранул тонкодисперсным активированным глинистым веществом способствует заполнению макропор, сконцентрированных по границам гранул; аморфизованным веществом – продуктом твердофазных реакций при обжиге, что также положительно влияет на морозостойкость изделий.

Список литературы

1. Павлов В.Ф. Физико-химические процессы при скоростном обжиге и их регулирование // *Керамическая промышленность*. 1982. № 2. С. 30–45.
2. Рассказов В.Ф., Ашмарин Г.Д., Ливада А.Н. Производство строительных материалов с использованием техногенных отходов // *Стекло и керамика*. 2009. № 1. С. 5–9.

changes in the structure of the major rock-forming minerals have a decisive influence on the sintering processes in the manufacture of ceramic bricks from waste coal.

The results obtained are in general agreement with the experimental estimation of the total (specific) pore volume (V_{p}). The exception is the brick made from Korkinskiy carbonaceous argillites, which showed an excessive content of hazardous pores with size from 4 to 40 μm (over 25%) caused a decrease in frost resistance of products (bricks of make F25).

Table 3 and Fig. 2, 3 show the specific surface, volume, and distribution of pores according to their sizes in the ceramic bricks made from waste coal of Abashevo CEP and Korkinskiy carbonaceous argillites, calculated with use of mercury porosimetry data.

With the same pore volume their specific surface is more developed (in 1,9 times) in the brick from waste coal. In both cases the presence of meso-, macro- and ultramacropores can be seen, besides, the crock from waste coal (Fig. 2) has got 3,5 times fewer dangerous and 2 times more frost resistant pores compared with the products from carbonaceous argillites, that is proved by the high indicators of brick frost resistance made from waste coal of Abashevo CEP.

The character of pores was studied in thin sections in the transmitted polarized light with parallel and crossed nicols (Fig. 4, 5). Concentration of macropores increases at the grain boundaries of ceramic matrix composites (Fig. 4, а, б; 5, а, б) and is caused by a partial air pressing and water extrusion into the dusting layer during the granulate compaction. This is confirmed by radial elongation of the pore to the center of the pellets due to the occurrence of significant internal compressive stresses.

The texture of the ceramic crock is characterized by round pores, slightly elongated, extended and looped. The looped ones are located on the granule borders and filled with amorphized substance that can be found in the micrographs of thin sections under crossed nicols (Fig. 4, д; 5, д). These pores are not dangerous and do not reduce frost resistance of bricks.

The electron microscopic studies of the pore structure (Fig. 6) are consistent with the study of thin sections. Macropores in the ceramic crock are mostly elongated and filled with cryptocrystalline substance that prevents the penetration of water into the body of the crock, thus, despite the high content of carbonaceous particles in the waste the products have low water absorption capacity.

The investigation results of the pore structure of wall ceramic materials made from waste coal led to the following conclusions:

- new formation technology of ceramic matrix structure ensures safe pore granulometry from the viewpoint of frost resistance;
- as fine granulation of waste generates dense structure of the composite aggregate, the most of the pores in the finished product have the size of 0,04–4,4 μm . In such pores water becomes essentially the wall adsorbed moisture with the freezing temperature lower than 20°C;
- dusting of the granules by fine dispersed activated clay powder helps fill the macropores concentrated along the granule boundaries with amorphized material – a product of solid state reactions during firing, which also positively affects the frost resistance of products.

References

1. Pavlov V.F. Physico-chemical processes in high-speed burning and their regulation. *Keramicheskaya promyshlennost'*. 1982. No. 2, pp. 30–45. (In Russian)
2. Rasskazov V.F., Ashmarin G.D., Livada A.N. Production of building materials with use of technogenic waste. *Steklo i keramika*. 2009. No. 1, pp. 5–9. (In Russian)

3. 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.
4. Столбоушкин А.Ю., Столбоушкина О.А., Иванов А.И. и др. Опытнo-заводская апробация технологии керамического матричного композита на основе отходов обогащения углистых аргиллитов // *Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия промышленных регионов России: Сб. докладов IV Международной научно-практической конф. Новокузнецк*, 2012. С. 176–181.
5. Everett D.H. Manual of Symbols and Terminology for Physicochemical Quantities and Units: Appendix II: Definitions, terminology and symbols in colloid and surface chemistry – part 1: Colloid and surface chemistry. *Pure Applied Chemistry*. 1972. No 31, pp. 577–638.
6. Wilson S.J., Stacey M.H. The porosity of aluminum oxide phases derived from well-crystallized boehmite: correlated electron microscope, adsorption, and porosimetry studies. *Journal of Colloid and Interface Science*. 1981. Vol. 82. No. 2, pp. 507–517.
7. Тихов С.Ф., Фенелонов В.Б., Садиков В.А. Пористая Fe₂O₃/Al керамика, получаемая окислением порошкообразного алюминия в гидротермальных условиях с последующей термической дегидратацией. Состав и характеристика композитов // *Кинетика и катализ*. 2000. Т. 41. № 6. С. 907–915.
8. Морохов И.Д., Трусов Л.И., Чижик С.Л. Ультрасупердисперсные металлические среды. М.: Атомиздат, 1977. 212 с.
3. Storozhenko G.I., Stolboushkin A.Yu., Mishin M.P. Prospects of the domestic production of ceramic bricks from coal enrichment waste. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 4, pp. 57–61. (In Russian)
4. Stolboushkin A.Yu., Stolboushkina O.A., Ivanov A.I. et al. Pilot factory testing of technology ceramic matrix composite from coaly argillites enrichment waste. *Waste Management – the basis of restoring the ecological balance of industrial regions of Russia: the fourth collection of reports of the International Scientific and Practical Conference*. Novokuznetsk. 2012, pp. 176–181. (In Russian)
5. Everett D.H. Manual of Symbols and Terminology for Physicochemical Quantities and Units: Appendix II: Definitions, terminology and symbols in colloid and surface chemistry – part 1: Colloid and surface chemistry. *Pure Applied Chemistry*. 1972. No. 31, pp. 577–638.
6. Wilson S.J., Stacey M.H. The porosity of aluminum oxide phases derived from well-crystallized boehmite: correlated electron microscope, adsorption, and porosimetry studies. *Journal of Colloid and Interface Science*. 1981. Vol. 82. No. 2, pp. 507–517.
7. Tikhov S.F., Fenelonov V.B., Sadykov V.A. Fe₂O₃/Al porous ceramics obtained by oxidation of aluminum powder at hydrothermal conditions, followed by thermal dehydration. Composition and characteristics of composites. *Kinetika i kataliz*. 2000. Vol. 41. No. 6, pp. 907–915. (In Russian)
8. Morokhov I.D., Trusov L.I., Chizhik S.L. Ul'tradispersnye metallicheskie sredy [Superdispersed metal media]. M.: Atomizdat. 1977. 212 p.

СИБИРСКАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ НЕДЕЛЯ

Омск 2014
21-23 мая

В ОБЪЕДИНЕННОЙ ЭКСПОЗИЦИИ

СТРОЙПРОГРЕСС

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЖКХ

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ДЕРЕВО И МЕТАЛЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ДОРСТРОЙТЕХ. ДОРОГИ И МОСТЫ

ЛИФТЫ

Организатор:




При поддержке и участии:



Российский союз промышленников и предпринимателей

Министерство строительства и ЖКК Омской области

Омская торгово-промышленная палата

Союз строителей Омской области

генеральный
информационный
спосор



Тел./факс:
(3812) 25-84-87, 23-23-30
e-mail: stroy@intersib.ru
www.intersib.ru

А.П. ЗУБЕХИН¹, д-р техн. наук, А.В. ВЕРЧЕНКО¹, инженер; А.А. ГАЛЕНКО², канд. техн. наук

¹ Южно-Российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И. Платова (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132)

² Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного политехнического университета им. М.И. Платова (346500, Ростовская обл., г. Шахты, пл. Ленина, 1)

Получение керамического гранита на основе цеолитсодержащих шихт

Приведены результаты исследований возможности применения цеолитового туфа в качестве керамического плавня в керамогранитных шихтах. Для установления способности цеолитового туфа проявлять необходимое флюсующее воздействие на керамические шихты проведен его дериватографический анализ в сравнении с традиционно используемым в данной технологии материалом – полевым шпатом. Полученные данные позволяют предположить, что цеолит является более легкоплавким материалом, термические реакции в котором протекают при более низкой температуре, что способствует интенсификации процесса спекания керамического гранита при использовании цеолитового туфа в его составе. Проведенный анализ фазовых превращений, происходящих при нагревании полевого шпата и цеолитового туфа, показал идентичность проходящих реакций и образующихся фаз, что свидетельствует о возможности использования цеолитового туфа в качестве плавня при производстве керамогранита. На основании полученных данных разработан оптимальный шихтовый состав керамогранита на основе цеолитсодержащих шихт и изучены его послеобжиговые физико-механические свойства.

Ключевые слова: керамогранит, шихта, цеолит, полевой шпат, дериватографическое исследование.

A.P. ZUBEKHIN¹, Doctor of Sciences (Engineering), A.V. VERCHENKO¹, Engineer; A.A. GALENKO², Candidate of Sciences (Engineering)

¹ South-Russian State Polytechnic University named after M.I. Platov (132, Prosveshcheniya Street, Rostov Region, Novocherkassk, 346428, Russian Federation)

² Shakhinsky Institute (branch) of the South-Russian State Polytechnic University named after M.I. Platov (1, Lenina Square, Rostov region, Shakhty, 346500, Russian Federation)

Manufacture of ceramic granite on the basis of zeolite-containing batches

Results of the study of possibility to use the zeolite tuff as a ceramic flux in ceramic-granite batch are presented. To determine the ability of zeolite tuff to prove its required fluxing impact on ceramic batches, its derivatographic analysis in comparison with the traditionally used material in this technology – feldspar – has been made. Data received make it possible to suppose that zeolite is a more fusible material thermic reactions in which progress at lower temperature and this favours the intensification of the process of ceramic granite sintering when zeolite tuff is used in its composition. The conducted analysis of phase transformations taking place in the course of heating of feldspar and zeolite tuff shows the identity of passing reactions and forming phases that indicate the possibility to use zeolite tuff as a flux in ceramic granite manufacturing. On the basis of data obtained the optimal batch composition of ceramic granite has been developed on the basis of zeolite-containing batches; its after-burning physical-mechanical properties have been studied.

Keywords: ceramic granite, batch, zeolite, feldspar, derivatographic study.

Благодаря уникальным физико-механическим и эстетическим свойствам керамический гранит все прочнее занимает лидирующие позиции на рынке отделочных материалов, что способствует росту его производства. Увеличение количества производителей в условиях ограниченности сырьевой базы способствует проведению научных исследований, направленных на поиск альтернативных материалов, способных частично или полностью заменить традиционно используемое керамическое сырье. Наиболее остро для технологии производства керамогранита стоит проблема дефицита качественного полевошпатового сырья [1–3], российские месторождения которого из-за нежелательных примесей немногочисленны и в значительной степени исчерпаны. Ежегодный рост потребления полевошпатового сырья в России составляет 20–25%, тогда как рост его добычи всего 15–17%; образующийся дефицит покрывается за счет импорта [4].

Ограниченность запасов полевошпатового сырья обусловила использование различных видов его заменителей, а также нетрадиционных видов минерального сырья [5], и одним из перспективных материалов в этой области является цеолитовый туф, мощная сырьевая база которого имеется на территории Российской Федерации [6–8].

Цеолиты представляют собой водосодержащие алюмосиликаты, характеризующиеся высокой реакционной способностью. В настоящее время в научной литературе встречается информация об использовании цеолитов в технологии производства грубой строительной и тонкой керамики, однако данных о применении этого

материала в качестве плавня при производстве керамического гранита в настоящее время нет. В связи с этим большой научный и практический интерес представляет разработка шихтовых составов керамического гранита с использованием природного цеолита, выявление зависимости физико-механических свойств полученного керамического камня от количества ввода данного материала, а также изучение фазовых превращений, происходящих в керамограните на основе природного цеолита в рабочем диапазоне температуры его производства.

Для разработки составов керамических масс необходимо исследовать особенности физико-химических процессов, происходящих в отдельных компонентах смеси – плавнях. С этой целью были проведены дериватографические исследования применяемого полевого шпата и цеолитового туфа.

Анализ кривых позволил выявить следующие эндо- и экзотермические эффекты. На дериватограмме полевого шпата (рис. 1) зафиксирован эндотермический максимум в области температуры до 100°C, обусловленный удалением физической влаги. При 572,8°C наблюдается эндотермический эффект, соответствующий гидратации каолинита по реакции:



Эндотермический максимум при 843°C, по нашему мнению, соответствует температуре начала размягчения материала. При дальнейшем повышении температуры, в диапазоне 930–948°C наблюдается экзотермический

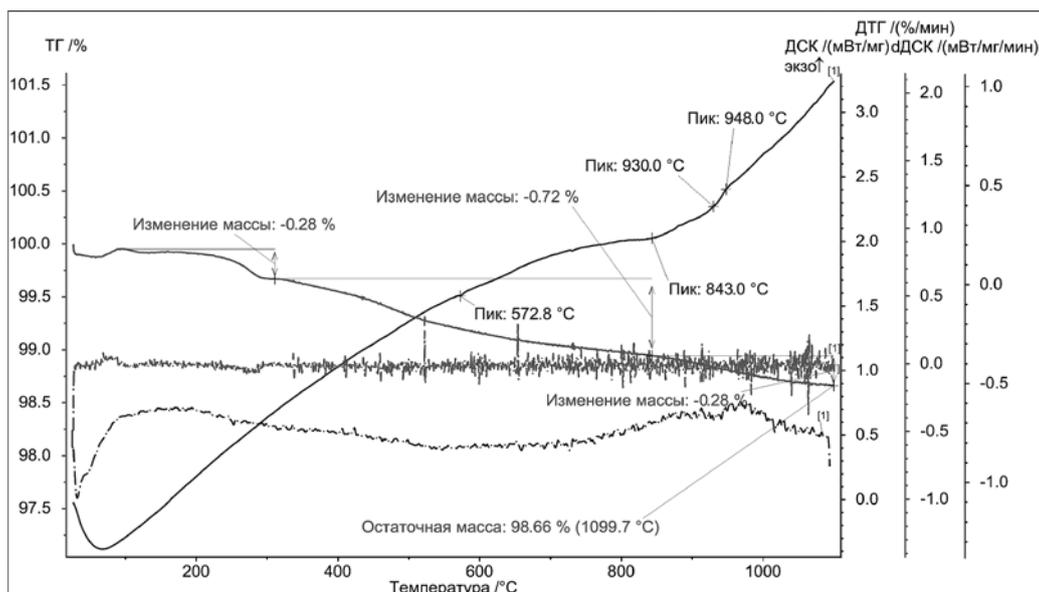


Рис. 1. Дериватограмма полевого шпата

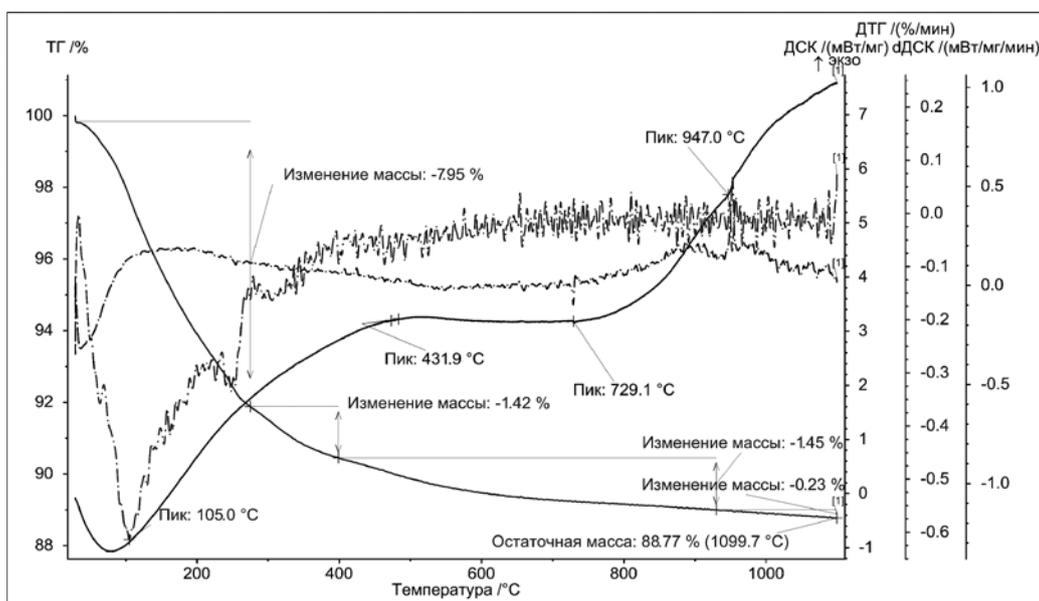


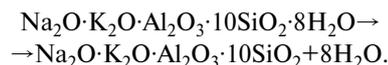
Рис. 2. Дериватограмма цеолита

Компонент	Содержание, мас. %	
	№ 0	№ 1
Глина ДН-2	35	35
Глина ВКН-2	10	10
Щелочной каолин	18	18
Полевой шпат	37	–
Цеолитовый туф	–	37
Сумма, %	100	100
Физико-механические свойства образцов		
Огневая усадка, %	7,12	11,98
Механическая прочность, R _{изг} , МПа	51,9	68,97
Водопоглощение, %	0,18	0,15

эффект малой интенсивности, обусловленный образованием первичного муллита по реакции:

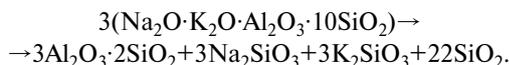


Анализ дериватограммы цеолитового туфа (рис. 2) позволяет выявить следующие превращения. Так же как и в полевом шпате, на кривых цеолитового туфа наблюдается эндотермический максимум в области температуры до 100°C, обусловленный удалением физической влаги. Дегидратация цеолита при температуре 431,9°C происходит по формуле:



При нагревании до 729,1°C, по нашему мнению, происходит размягчение цеолита, а при 947°C наблюдается интенсивный экзотермический эффект, харак-

теризующий образование первичного муллита по реакции:



Полученные данные дериватографического исследования позволяют предположить, что цеолитовый туф, являясь более легкоплавким при пониженной температуре в сравнении с полевым шпатом материалом, может интенсифицировать процесс спекания керамического гранита, так как все термические реакции протекают в нем при более низкой температуре. Кроме того, явно выраженный и более интенсивный эффект образования муллита свидетельствует об увеличении количества этой фазы при обжиге цеолита, что должно благоприятно влиять на физико-механические свойства керамического гранита, произведенного с использованием этого материала.

При проведении исследований по разработке составов керамического гранита за базовый был принят шихтовый состав одного из заводов Юга России (№ 0 в таблице), в котором была произведена полная замена полевого шпата на цеолитовый туф (№ 1 в таблице). Подготовка масс осуществлялась шликерным способом с последующей сушкой, размолом полученных коржей и прессованием сырья на лабораторном прессе с удельным давлением 14 МПа. Обжиг образцов проводили в электрической муфельной печи в течение 60 мин с пятиминутной изотермической выдержкой при температуре 1200°C. Полученные физико-механические свойства образцов приведены в таблице.

Список литературы

- Lewicka E. Conditions of the feldspathic raw materials supply from domestic and foreign sources in Poland // *Gospodarka surowcami mineralnymi*. 2010. T. 26, pp. 5–19.
- Гребенюк А.Н., Стрекозов С.Н., Козарь Н.А. Перспективы развития минерально-сырьевой базы полевошпатного сырья в Приазовье // *Наукові праці УкрНДМІ НАН України*. 2009. № 5. С. 200–205.
- Lewicka E., Wyszomirski P. Polish feldspar raw materials for the domestic ceramic tile industry – current state and prospects // *Materiały ceramiczne*. 2010. № 4 (62), pp. 582–585.
- Вельчева М.И. Современное состояние и разработка пегматитового месторождения Линнаваара (Северное Приладожье, Карелия) // *Материалы XVII молодежной научной конференции, посвященной памяти К.О. Кратца, «Геология, полезные ископаемые и геоэкология Северо-Запада России»*. Петрозаводск, 2006. С. 19–20.
- Солодский Н.Ф., Шамриков А.С., Погребенков В.М. Минерально-сырьевая база Урала для керамической, огнеупорной и стекольной промышленности: Справочное пособие. Томск: ТПУ, 2009. 179 с.
- Тарасов А.Г., Ларичкин В.А. Государственный баланс запасов полезных ископаемых РФ на 1 января 2008 г.: Цеолиты. М.: Росгеолфонд, 2008. 32 с.
- Зонхаева Э.Л. Экологические аспекты использования природных цеолитовых туфов // *Новые и нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых Прибайкалья и Забайкалья: материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Улан-Удэ: ЭКОС, 2010. С. 79.
- Назаренко О.Б., Зарубина Р.Ф. Применение Бадинского цеолита для удаления фосфатов из сточных вод // *Известия Томского политехнического университета*. 2013. Т. 322. № 3. С. 11–14.

Из полученных данных следует, что замена полевого шпата на цеолитовый туф обуславливает увеличение механической прочности камня, снижение его водопоглощения и увеличение огневой усадки.

В настоящее время в России нет единого нормативного документа, регламентирующего необходимые физико-механические свойства керамического гранита. Все предприятия, производящие данный материал, работают по разработанным ими техническим условиям. Однако согласно всем техническим условиям к керамическому граниту предъявляются следующие требования: механическая прочность при изгибе не менее 35 МПа; водопоглощение не более 0,5% для неглазурованного и не более 1% для глазурованного керамогранита.

На основании результатов исследования фазовых превращений, происходящих в цеолитовом туфе, а также послеобжиговых свойств керамического гранита, полученного на основе цеолитосодержащих шихт, установлено, что применение цеолитового туфа до 37% в опытно-ном составе обеспечивает повышение механической прочности при изгибе и снижение водопоглощения керамогранита, что подтверждает эффективность использования цеолитового туфа в качестве плавня в данной технологии. Однако огневая усадка керамогранитного камня, полученного на основе цеолитосодержащих шихт, является повышенной, что нежелательно для производства высококачественной продукции. Это требует проведения исследований по корректировке глинистой части шихты, использованию различных корректирующих добавок или изменению соотношений компонентов шихты.

References

- Lewicka E. Conditions of the feldspathic raw materials supply from domestic and foreign sources in Poland // *Gospodarka surowcami mineralnymi*. 2010. T. 26, pp. 5–19.
- Гребенюк А.Н., Стрекозов С.Н., Козарь Н.А. Aspects of development of the mineral resource base of feldspar in region of the Priazov'e // *Naukovi pratsi UkrNDMI NAN Ukraini*. 2009. No. 5, pp. 200–205. (In Russian).
- Lewicka E., Wyszomirski P. Polish feldspar raw materials for the domestic ceramic tile industry – current state and prospects. *Materiały ceramiczne*. 2010. No. 4 (62), pp. 582–585.
- Vel'cheva M.I. Current state and development of the pegmatite field Linnavaara (Northern Ladoga Karelia). *Materials XVII youth scientific conference dedicated K.O. Krattsa «Geology, Minerals and geoecology North-West of Russia»*. Petrozavodsk. 2006, pp. 19–20. (In Russian).
- Solodskii N.F., Shamrikov A.S., Pogrebekov V.M. Mineral'no-syr'evaya baza Urala dlya keramicheskoi, ognеupornoі i stekol'noi promyshlennosti. Spravochnoe posobie [Mineral resources base of the Urals for ceramic, refractory and glass industries. Handbook]. Tomsk: TPU. 2009. 179 p.
- Tarasov A.G., Larichkin V.A. Gosudarstvennyi balans zapasov poleznykh iskopaemykh RF na 1 yanvarya 2008 g.: Tseolity. [State balance of mineral reserves at 1st of January, 2008: Zeolites]. Moscow: Rosgeolfond. 2008. 32 p.
- E.L. Zonkhaeva. Environmental aspects of the use of natural zeolite tuffs. *New and innovative types of mineral deposits and Trans Baikal region: Materials of All-Russian Scientific and Practical Conference*. Ulan-Ude. EKOS. 2010, p. 79. (In Russian).
- Nazarenko O.B., Zarubina R.F. Use of Badinsky zeolite to remove phosphates from wastewater. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. 2013. T. 322. No. 3, pp. 11–14. (In Russian).

УДК 691.42

В.А. ГУРЬЕВА¹, д-р техн. наук; В.В. ПРОКОФЬЕВА², д-р техн. наук¹ Оренбургский государственный университет (460018, г. Оренбург, просп. Победы, 13)² Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4)

Структурно-фазовые особенности строительной керамики на основе техногенного магнезиального сырья и низкосортных глин

Показано влияние техногенных силикатов магнезия на структурно-фазовые изменения керамического камня на основе малокомпонентной шихты, состоящей из каркасообразующего непластичного компонента (магнийсодержащего техногенного сырья) и связующего компонента (низкосортной глины). Методами электронной микроскопией и рентгенофазового анализа установлена физико-химическая сущность процессов, протекающих в условиях низкотемпературного синтеза изделий строительной керамики.

Ключевые слова: техногенное сырье, силикаты магнезия, низкосортные глины, строительная керамика.

V.A. GUR'eva¹, Doctor of Sciences (Engineering); V.V. PROKOF'EVA², Doctor of Sciences (Engineering)¹ Orenburg State University (13, Pobedi Avenue, Orenburg, 460018, Russian Federation)² St. Petersburg State University of Civil Engineering (4, 2nd Krasnoarmeyskaya Street, St. Petersburg, 190005, Russian Federation)

Structural and phase characteristics of building ceramics based of industrial magnesium raw materials and low-grade clay

Shows the influence of man-made magnesium silicates on structural-phase changes based on ceramic stone malokomponentnoy charge, consisting of non-plastic frame forming component (magnesium-technogenic raw materials) and binder (low grade clay). By electron microscopy and X-ray analysis, the physical and chemical nature of the processes occurring in the low-temperature synthesis conditions constructed ceramics

Keywords: industrial materials, magnesium silicates, low-grade clay, building ceramics

Развитие отечественной строительной керамики сдерживается отсутствием запасов высококачественных пластичных глин в стране, вынужденным переходом в снабжении предприятий отрасли с украинских высококондиционных глин на российское глинистое сырье, а также отсутствием технологий, позволяющих получить конкурентоспособную по качеству продукцию на уровне мировых стандартов из низкосортного сырья. Вследствие этого замена традиционного сырья на более дешевое техногенное, научное обоснование инновационных технологий и разработка оптимальных составов новых керамических материалов приобретают особую актуальность.

Несмотря на широкое распространение в земной коре, магнийсодержащие силикаты имеют весьма ограниченное применение в промышленности. Одно из основных направлений использования высококачественного природного магнезиального сырья (оливиниты, дуниты, тальк и др.) – производство различных видов высокотемпературной керамики: форстеритовая, периклазовая, кордиеритовая и др. Однако система «глина+техногенное сырье, содержащее силикаты магнезия», прошедшая спекание в условиях низкотемпературного обжига (1000–1200°C), отличается от огнеупоров качеством исходного сырья, которое является продуктом обогащения горных пород ультраосновного состава, более сложной совокупностью

физико-химических процессов, формирующих фазовый состав и структуру керамического черепка, его свойства [1, 2]. Поэтому изучение физико-химической сущности процессов, протекающих в условиях низкотемпературного синтеза, особенности структурно-фазовых изменений керамического камня на основе техногенных силикатов магнезия являются важной научной задачей в разработке инновационных технологий керамического кирпича, плитки и других изделий строительного назначения.

Один из путей регулирования процессов фазообразования, перерождения структуры при термической обработке – использование искусственной рационально подобранной малокомпонентной шихты, состоящей из каркасообразующего непластичного компонента (в данной работе – магнийсодержащее техногенное сырье) и связующего компонента (глины).

С целью оптимизации составов и технологии строительной керамики на основе техногенного магнезиального сырья использованы низкосортные легкоплавкие глины Оренбуржья (Соль-Илецкое и Чернореченское месторождения) и техногенный дунит Донского горно-обогатительного комбината (Кемпирсайский массив, Южный Урал). Химический состав компонентов представлен в табл. 1.

По данным петрографического анализа, термическая обработка магнийсодержащей породы приводит к

Таблица 1

Материал		Массовая доля, %						Σ
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO+ Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	ΣR ₂ O	
Глины месторождений	Соль-Илецкое	61,41	16,56	6,05	3,03	9,66	3,28	100
	Чернореченское	67,28	12,17	5,15	2,62	9,27	3,51	100
Технодунит		44,16	2,33	9,99	43,01	0,47	0,03	100

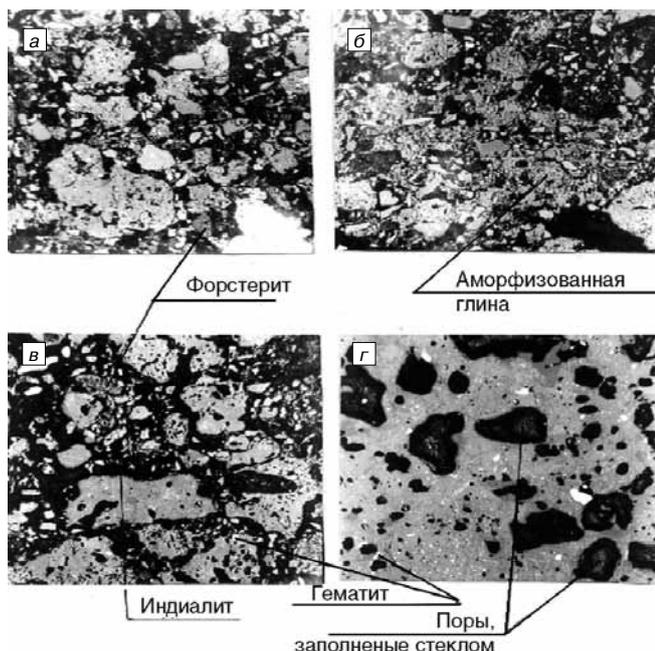


Рис. 1. Микроструктура в отраженном свете черепка состава чернореченская глина + 70% технодуinitов, обожженных при температуре ($\times 125$): а – 900°С; б – 1000°С; в – 1100°С; г – 1200°С

разрушению зерен исходных минералов и увеличению дефектности их кристаллов (рис. 1, 2). При этом изменяется характер распределения пор, что оказывает существенное воздействие на увеличение пористости и снижение плотности всего керамического изделия в целом.

При увеличении температуры до 1000–1100°С наблюдается раскристаллизация рентгеноаморфных фаз и интенсивное образование кристаллических форстерита и клиноэнстатита, средняя плотность которых 3–3,3 г/см³. В массах на основе чернореченской глины при температуре 1100–1200°С гематитовые рефлексы ослабевают, и часть Fe³⁺ переходит в Fe²⁺ с образованием магнетита.

Укрупнение отдельных зерен данных составляющих, по мнению авторов, связано с появлением новообразований кордиерита – алюмосиликата магния. Структура образцов характеризуется некоторым увеличением размеров пор за счет их слияния, появлением кольцевых пор вокруг видоизмененных дунитов. Процесс поглощения мелких пор крупными сопровождается уплотнением материала и снижением водопоглощения.

Появление и увеличение рефлекса 4,07 Å на рентгенограмме с повышением температуры не сопровождается одновременным значительным уменьшением рефлекса 3,34 Å. Это позволяет сделать вывод, что кристаллический кварц, присутствующий в глине, не переходит в кристобалит и кристаллизация последнего происходит главным образом из аморфного кремнезема, образовавшегося в результате муллитизации. Данный процесс, по результатам петрографического анализа, сопровождается увеличением размеров пронизываемых пор и препятствует нарастанию прочности обжигаемого материала или даже вызывает ее снижение.

Однако присутствие к моменту кристаллизации кристобалита в материале муллитовой фазы нейтрализует отрицательное его влияние на прочность в интервале 1000–1100°С, что согласуется с [3].

Из работы [4] известно, что оксид магния – сильный плавень по отношению к глине, кварцевой со-

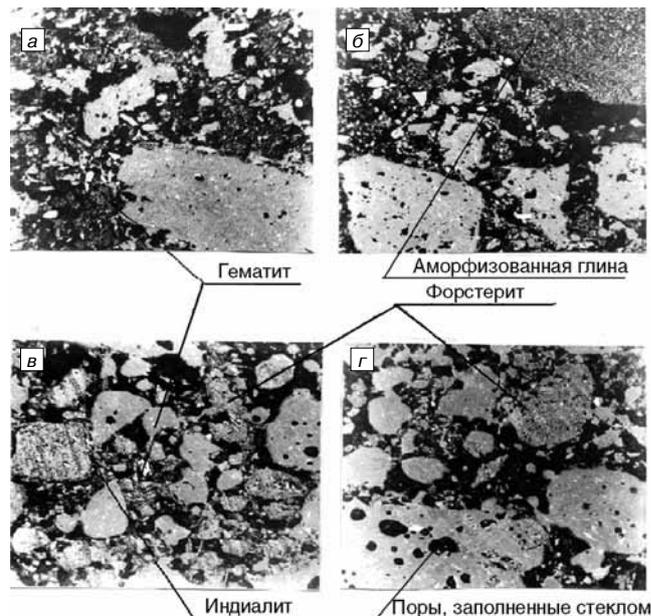


Рис. 2. Микроструктура в отраженном свете черепка состава соль-илецкая глина + 70% технодуinitов, обожженных при температуре ($\times 125$): а – 900°С; б – 1000°С; в – 1100°С; г – 1200°С

ставляющей при температуре более 1000°С. Он вызывает сильное уплотнение массы, действует значительно медленнее, чем оксид кальция, что связано со способностью образовывать твердые растворы. Ион кальция ($r = 0,99$ пм) легче внедряется при низкой температуре, когда кристаллическая решетка новообразований еще формируется и имеет много структурных дефектов. Ион магния ($r = 0,66$ пм) внедряется при высокой температуре (1200°С и выше), так как его размер соизмерим с величиной дырок в решетке [5]. Дефекты строения кристаллической решетки вещества приводят к понижению энергии активации, способствуя росту скорости диффузионных процессов и реакциям спекания уже в твердой фазе. Примеси R₂O, Fe₂O₃ в глинах и техногенных магниевых продуктах горно-обогатительных комбинатов определяют возникновение твердых растворов и эвтектических расплавов при температуре 700–800°С [6]. Образовавшаяся жидкая фаза заполняет видоизмененные поры, вызывая спекание изделий, о чем свидетельствует снижение водопоглощения, увеличение общей усадки, средней плотности и прочности при сжатии. С ростом температуры до 1200–1300°С наблюдается рекристаллизация новообразований и структура образцов резко отличается от предыдущих: участки глины и дунитов сливаются воедино, при помощи диффузионного механизма происходит максимальное укрупнение пор.

Таким образом, введение в массы на основе низкосортных глин различного химико-минералогического состава магниально-силикатных продуктов горно-обогатительных комбинатов создает неоднородность твердой фазы и силикатного расплава, вызывая изменение соотношения между ними, и приводит к изменению состава и структуры всего керамического черепка. Кристаллизация и рекристаллизация на завершающей стадии обжига новообразований форстерита, клиноэнстатита, индиалита, кордиерита, являющихся структурообразующими элементами керамического черепка, определяют в дальнейшем комплекс термических и физико-механических свойств керамического камня строительного назначения [7].

Список литературы

1. Прокофьева В.В., Багаутдинов З.В. Магнезиальные силикаты в производстве строительной керамики. СПб.: Золотой орел. 2005. 160 с.
2. Гурьева В.А. Физико-химические исследования использования дунитов в декоративно-отделочной керамике. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ. 2007. 133 с.
3. Августиник А.И. Керамика. Л.: Стройиздат, 1975. 592 с.
4. Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мchedlov-Петросян О.П. Термодинамика силикатов. М.: Стройиздат, 1986. 407 с.
5. Бокий Г.П. Кристаллохимия. М.: Высшая школа, 1984. 296 с.
6. Браун М., Доллимор Д., Галвей А. Реакции твердых тел. М.: Мир, 1983. 360 с.
7. Bozenov P.I., Prokofjeva W.W., Gurjewa W.A. Magnesium – silicate Rohstoffbasis für die Baukeramik – Production // *Erster internationaler Kongress für die Silikat – keramik und Werkstoffe. Nurnberg.* 1990. p. 45.

References

1. Prokofieva V.V., Bagautdinov Z.V. Magnezial'nye silikaty v proizvodstve stroitel'noj keramiki [Magnesium silicates in the production of building ceramics]. St. Petersburg: Zolotoy Orel. 2005. 160 p.
2. Gurieva V.A. Fiziko-himicheskie issledovaniya ispol'zovaniya dunitov v dekorativno-otdelochnoj keramike [Physico-chemical studies on the use of dunite in decorative finishing ceramic]. Orenburg: IPK GOU OSU. 2007. 133 p.
3. Avgustinik A.I. Keramika [Ceramics]. Leningrad: Stroyizdat. 1975. 592 p.
4. Babushkin V.I., Matveev G.M. Mchedlov-Petrosyan O.P. Termodinamika silikatov [Thermodynamics of silicates]. Moscow: Stroyizdat. 1986. 407 p.
5. Boki G.P. Kristallohimija [Crystal chemistry]. Moscow: Vischaya Shkola. 1984. 296 p.
6. Brown M., Dollimor D., Galway A. Reakcii tverdyh tel [Reactions of solids]. New York: Wiley. 1983. 360 p.
7. Bozenov P.I., Prokofjeva W.W., Gurjewa W.A. Magnesium – silicate Rohstoffbasis für die Baukeramik – Production. *Erster internationaler Kongress für die Silikat – keramik und Werkstoffe. Nurnberg.* 1990, p. 45.

Издательство «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ» для керамической промышленности предлагает



Учебное пособие «Химическая технология керамики», изд. 2-е, дополненное

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

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

Пособие может быть полезно специалистам, работающим в области технологии керамики и огнеупоров.



Учебное пособие «Практикум по технологии керамики»

Авторы – коллектив ученых РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Рассмотрены основные методы отбора проб, испытаний сырьевых материалов, контроля и исследования технологических процессов, а также определения свойств готовой продукции, применяемые в керамической, огнеупорной и смежных отраслях промышленности. Пособие может быть использовано не только как учебное, но и в качестве полезного руководства для инженеров заводских и научно-исследовательских лабораторий.



Книга «Керамические пигменты»

Авторы – Масленникова Г.Н., Пищ И.В.

В монографии рассмотрены физико-химические основы синтеза пигментов, в том числе термодинамическое обоснование реакций, теория цветности, современные методы синтеза пигментов и их классификация, методы оценки качества. Приведены сведения по технологии пигментов и красок различных цветов и кристаллических структур. Описаны современные методы декорирования керамическими красками изделий из сортового стекла, фарфора, фаянса и майолики.

Книга предназначена для научных сотрудников, студентов, специализирующихся в области технологии керамики и стекла, а также для инженерно-технических работников, занятых в производстве керамических изделий и красок. Будет полезна для специалистов других отраслей промышленности, где применяются высокотемпературные пигменты.

Подробнее на www.rifsm.ru

**Для приобретения специальной литературы обращайтесь в издательство
«СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»**

Тел./факс: (499) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: mail@rifsm.ru

Бёке Ёрн, дипломированный инженер, Шредер Андрей, менеджер проектов, Refratechnik Ceramics GmbH (Германия)

Возможности снижения затрат на техническое обслуживание огнеупорных систем

Качественная футеровка туннельных печей и печных вагонеток – это долгосрочная инвестиция, которая должна оправдать себя как можно скорее. Высокие затраты на техническое обслуживание данных огнеупорных систем были бы контрпродуктивными, поскольку преждевременный выход из строя огнеупорного материала влечет за собой высокие затраты на замену материала, трудовые затраты, сбои в производстве и потери энергии. Помимо этого важно учитывать, что за последние годы требования к огнеупорным материалам значительно выросли, что связано с постоянным техническим усовершенствованием печей и растущими требованиями к изготавливаемой керамической продукции.

В связи с этим одной из главных задач производителей керамических изделий является достижение наиболее долгого срока службы огнеупорного материала при учете всех влияющих факторов.

Какие факторы должны учитываться производителями огнеупорного материала?

Выбор подходящего сырья, состав материала и конструкционные решения осуществляются при учете следующих важных факторов:

- температура обжига;
- продолжительность обжига;
- атмосфера в печи;
- вес садки;
- обращение с футеровкой при садке, разгрузке и чистке печных вагонеток.

Производитель огнеупорных систем в состоянии оказать существенное влияние на длительность их срока службы и, следовательно, на затраты, связанные с их техническим обслуживанием.

1. Температура обжига

Температура обжига керамических изделий является одним из самых важных факторов для подбора огнеупорного материала. В связи с этим важно учитывать такие свойства, как стойкость материала к теплосменам и предел его прочности на изгиб. Также необходимо принимать во внимание наличие постоянных колебаний температуры в зоне обжига печи, амплитуда и частота которых, в свою очередь, индивидуальны и зависят от таких факторов, как тип печи, конечная продукция и технология производства.

2. Продолжительность обжига

Очередной важный критерий – продолжительность обжига. Так, скоростной обжиг означает более высокую термическую нагрузку на огнеупорный материал, в особенности на футеровку печных вагонеток. При вводе скоростного обжига автоматически увеличивается частота садки материала и чистки вагонетки, следовательно, увеличиваются и механические нагрузки на огнеупорный материал, особенно на канализованный под.

Атмосфера в печи

Атмосфера в печи существенно влияет на химический состав и конструкционные решения огнеупорных систем. Производитель огнеупорных материалов должен учитывать наличие множества химических взаимодействий в атмосфере печи при нагреве, обжиге и охлаждении производимых изделий. Наличие данных химических взаимодействий, которые на каждом производстве очень индивидуальны, значительно влияет как на выбор состава огнеупорного материала, так и на его конструкцию. С целью получения цветных эффектов многие предприятия используют добавление соли или обжигают керамические изделия в печах с восстановительной атмосферой. Такие соли, как NaCl, KCl или Na_2SO_4 и дополнительное наличие оксидов серы (SO_2/SO_3) в атмосфере печи, способствуют отложению химических соединений в виде конденсата в порах огнеупорного материала. При повышении температуры обжига эти отложения могут способствовать образованию трещин в огнеупорных материалах.

Обработка сырья с повышенным содержанием щелочи приводит к значительно более агрессивной атмосфере в печи. Химические соединения щелочи оказывают отрицательное влияние на свойства огнеупорного материала, такие как гибкость и стойкость к теплосменам. Кроме того, на атмосферу в печи и, как следствие, на состав огнеупорного материала влияет вид и химический состав топлива, которое используется для обжига.

Вес садки

Производителем огнеупорного материала также должен учитываться вес садки на печных вагонетках, который тоже влияет на состав и конструкцию футеровки печных вагонеток. Повышение веса садки влечет за собой повышение механической нагрузки на футеровку. С целью предотвратить образование трещин, отслаивание и деформацию огнеупорного материала выбирается материал с соответствующей стойкостью к механическим нагрузкам.

Обращение с футеровкой при садке, разгрузке и чистке печных вагонеток

Дополнительно к механической нагрузке на футеровку в связи с весом садки, важную роль играют механические нагрузки в процессе самой садки керамических изделий на печные вагонетки. Также происходит увеличение нагрузки при садке канализованного пода на вагонетку в процессе чистки, при наличии данной системы. Из-за грубого обращения с футеровкой при садке, которое относительно часто встречается на предприятиях, увеличиваются механические нагрузки на огнеупорный материал, что также должно быть учтено производителем огнеупорных систем.

Вышеперечисленные факторы являются ключевыми как для первичного рынка, например при планировании нового проекта, так и в случае изменений условий в производственном процессе уже существующих предприятий, например при модернизации кирпичного завода. К подобным изменениям относятся: повышение температуры обжига (дополнительная термическая нагрузка), повышение веса садки (дополнительная механическая нагрузка) или изменения атмосферы печи (дополнительная химическая нагрузка). Данные изменения в производственном процессе требуют увеличения механической стойкости, стойкости к коррозии и/или термостойкости огнеупорного материала.

Вопреки вышеназванным требованиям со стороны многих производителей огнеупорных систем существует стремление к понижению массы самого огнеупорного изделия или всей огнеупорной конструкции. Это происходит с целью экономии энергии и в основном достигается понижением удельной плотности материала. Пониженная удельная плотность материала, в свою очередь, может означать более высокую пористость и в связи с этим повышенную чувствительность материала к коррозионной атмосфере печи и пониженную стойкость к механическим нагрузкам. Для достижения экономии энергии данным способом без риска потери качества и свойств материала необходим точный анализ всех производственных и технологических особенностей каждого предприятия.

На какие факторы могут влиять производители керамических изделий?

На продолжительность срока службы огнеупорных систем влияет не только производитель огнеупоров, но и производитель керамических изделий. Допустимые термические и механические нагрузки зачастую превышаются, что приводит к преждевременному выходу из строя огнеупорных материалов. Для предотвращения данной ситуации производителям керамических изделий рекомендуется уделять внимание следующим факторам:

- применение огнеупорного оборудования, состав и конструкция которого оптимизированы и настроены с учетом вышеописанных влияющих факторов;
- оптимальное планирование и строительство печи;
- регулярное техническое обслуживание огнеупорных систем, в особенности чистка печных вагонеток;
- адаптация огнеупорных систем под новые условия при изменениях в производственном процессе, в технологии или в процессе обжига.

Вывод

Состав материала и конструкция существенно влияют на продолжительность срока службы и, следовательно, на затраты по техническому обслуживанию огнеупорного оборудования. Качество материала и конструкция огнеупорных систем должны быть настроены под индивидуальные производственные условия каждого предприятия. Важными факторами при этом являются температура обжига, атмосфера в печи, вес садки и обращение с огнеупорными материалами со стороны предприятия. Для достижения наиболее долгого срока эксплуатации огнеупоров и минимизации затрат на их техническое обслуживание необходимо тесное сотрудничество между производителями огнеупоров, строителями печей и предприятиями, производящими керамические изделия.

Высококачественные огнеупорные изделия для керамической промышленности



Refratechnik – 60 лет опыта применения
высоких технологий огнеупоров. Учитывая Ваши
потребности, мы предлагаем высокотехнологические
энергосберегающие огнеупорные системы.

REFRATECHNIK

Refratechnik Ceramics GmbH
Barkhausener Str. 55
49328 Melle
Germany
www.refra.com

Представитель компании
Refratechnik Ceramics GmbH:
Роман Юрьев
ООО «Кирпичная Формовочная
Оснастка Браун»
Телефон +7 812 740 5476
Мобильный +7 921 936 9406
roman.juriew@zmb-braun.ru

УДК 666.3.(188+187)

А.А. ГАЛЕНКО¹, канд. техн. наук; М.В. ПЛЕШКО², инженер¹ Шахтинский институт (филиал) Южно-российского государственного политехнического университета им. М.И. Платова (346500, г. Шахты, Ростовская обл., пл. Ленина, 1)² Ростовский государственный университет путей сообщения (344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2)

Керамическая плитка для внутренней облицовки стен с использованием техногенного сырья

Проведен анализ современного состояния рынка облицовочных строительных материалов, а также сырьевой базы для их производства. Предложен новый техногенный сырьевой материал – отход седиментационного осаждения шахтных вод, проведены его комплексные предварительные исследования, позволяющие сделать вывод о его высокой реакционной способности и стабильности химического и минералогического составов. Разработаны составы масс с использованием нового компонента для производства керамической плитки для внутренней облицовки стен по технологии скоростного однократного обжига, установлено оптимальное соотношение сырьевых компонентов. С использованием методов рентгенофазового, дифференциально-термического и электронно-микроскопического анализа были установлены механизмы формирования фазового состава и структуры керамического камня, что позволило установить положительное влияние отхода седиментационного осаждения шахтных вод не только на послеобжиговые свойства, но и на интенсификацию процесса спекания за счет активации жидкофазовых процессов. Выявлены особенности влияния предложенного сырьевого материала на колориметрические свойства обожженного камня.

Ключевые слова: облицовочные материалы, керамический камень, отходы, плитка.

A.A. GALENKO¹, Candidate of Sciences (Engineering); M.V. PLESHKO², engineer¹ Shahtinsky Institute (branch) of the South-Russian State Polytechnical University named after M.I. Platov (1, Lenina Square, Rostov region, Shakhty, 346500, Russian Federation)² Rostov State Transport University (2, Square Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya, Rostov-on-Don, 344038, Russian Federation)

Ceramic tile for interior finishing of walls with the use of anthropogenic raw materials

An analysis of the contemporary situation at the finishing building materials market as well as raw materials base for their production is made. A new anthropogenic raw material, waste of mine water sedimentation, is offered; preliminary complex study of it is carried out; the study makes it possible to conclude that this material has high reaction capacity and stability of chemical and mineralogical compositions. Compositions of masses for manufacturing the ceramic tile for interior finishing of walls with the use of quick one-firing have been developed with the use of a new component; an optimal ratio of raw components has been determined. Mechanisms of the formation of phase composition and structure of ceramic stone have been determined with the use of x-ray phase, differential-thermal and electron-microscopic methods; it makes it possible to establish the positive influence of mine water sedimentation waste not only on after-firing properties but also on the intensification of sintering process due to the activation of liquid-phase processes. Features of the influence of this raw material on colorimetric properties of burnt stone are revealed.

Keywords: finishing materials, ceramic stone, waste, tile.

Рынок строительных материалов в настоящее время достаточно разнообразен за счет появления современных и повышения качественных показателей уже известных материалов. Это стало возможным благодаря интенсивному развитию производственных технологий и внедрению передовых разработок, однако расширение номенклатуры строительных материалов практически не сказывается на востребованности облицовочной керамики, которая удерживает свои позиции из-за оптимального соотношения таких показателей, как долговечность, прочность и эстетическая привлекательность. К наиболее массовым керамическим облицовочным строительным материалам относят плитку для внутренней отделки стен. Производство данной продукции ориентировано не только на новое строительство, но и на реконструкцию и ремонт уже существующего, что обеспечивает стабильность спроса, однако возросшие объемы производства, а также повсеместное распространение предприятий по выпуску данных изделий вызвали первичное затоваривание рынков сбыта и, как следствие, повышение предъявляемых к плитке требований.

В условиях всеобщей глобализации производство керамической плитки для внутренней облицовки стен осуществляется на однотипном оборудовании по общеизвестным технологиям, что предопределяет близость стоимостных показателей продукции. Кроме того, в последнее время многие отечественные предприятия пе-

реходят на использование сырьевых материалов зарубежных поставщиков, что обусловлено истощением месторождений высококачественного сырья. Таким образом, приоритетным направлением исследований является разработка составов керамических масс на основе сырьевых материалов отечественных месторождений, позволяющих повысить технико-эксплуатационные и эстетико-потребительские свойства продукции, а также снизить ее себестоимость [1–2].

Ввиду достаточной изученности месторождений традиционных материалов достижение значимого результата возможно при внедрении в состав масс нового сырьевого компонента – производственного отхода или техногенного материала. Решение данной задачи рассматривалось в работах многих ученых, которыми было доказано, что различного рода отходы при их правильной обработке по многим показателям превосходят традиционное сырье [3–5]. Основным недостатком рассмотренных отходов и техногенных материалов является зависимость их химико-минералогического состава от множества факторов, что определяет их основной недостаток – нестабильность свойств и состава. С учетом сказанного нами была поставлена задача по разработке составов керамических масс с использованием техногенного сырья, обладающего стабильными составом и свойствами.

На основе проведенного анализа в качестве производственного отхода, позволяющего интенсифициро-

вать процесс спекания, был выбран отход седиментационного осаждения шахтных вод. Данный компонент представляет собой тонкозернистый материал светло-коричневого цвета, внешне похожий на красножгущуюся глину, образованный в результате отстаивания вод, откачанных из отработанных выработок шахт по добыче каменного угля. В результате прохождения грунтовых вод через определенные подземные пласты они насыщаются однотипными соединениями, а отстаивание в одной емкости воды, откачанной в разное время, позволяет дополнительно гомогенизировать состав отхода.

Прежде чем осуществлять разработку состава керамических масс, был проведен комплекс физико-химических исследований отхода седиментационного осаждения шахтных вод. Так, в результате исследования методом РФА на дифрактометре ARL XTRA установлено, что основными фазами в нем являются гетит (FeOOH) и кварц, также на рентгенограмме имеется интенсивное гало. В результате исследований, проведенных на электронном сканирующем микроскопе QUANTA 200, было установлено, что отход седиментационного осаждения состоит из частиц диаметром 90–100 мкм, соединяющихся при высыхании в комья размером 20–50 мм. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что данный компонент наиболее целесообразно применять в составе керамических масс с широким интервалом спекания взамен глинистых материалов, это позволит существенно интенсифицировать спекание, что особенно важно в условиях скоростного однократного обжига. Составы исследуемых масс представлены в табл. 1.

Из этой таблицы следует, что добавление отхода седиментационного осаждения шахтных вод осуществлялось за счет снижения содержания владимировской глины. В качестве исходного состава, а также образца для сравнительного анализа был взят состав керамической массы № 1, разработанный ранее. В качестве компонента, интенсифицирующего процесс спекания, в данном случае используется калиево-натриевый полевой шпат, обладающий повышенной для условий скоростного однократного обжига плитки для внутренней облицовки стен температурой плавления. В данных условиях действие полевого шпата крайне незначительно и требуемая степень спекания достигается за счет его совместного введения с щелочным каолином [6–8], однако взаимодействие этих сырьевых материалов протекает достаточно медленно, что не позволяет полностью реализовать потенциал от их использования. С учетом вышесказанного было осуществлено введение отхода седиментационного осаждения как наименее тугоплавкого компонента, который позволил бы активировать взаимодействие других сырьевых материалов.

Подготовка масс осуществлялась шликерным способом. Для этого сырьевые материалы, отмеренные в соответствии с рецептурой, размалывали мокрым способом в фарфоровых барабанах на лабораторной мельнице при соотношении загружаемого материала к массе

мельющих тел 1:2. Тонкость и длительность помола определяли методом ситового анализа, путем определения остатка на сите № 0063. Шликер обезвоживался в лабораторной сушилке, после чего готовился пресс-порошок с крупностью зерен не более 1 мм. Прессование осуществлялось на лабораторном гидравлическом прессе с усилием прессования 25 МПа из пресс-порошка влажностью 5,5%. Размер спрессованных образцов 110×55 мм. Цикл обжига составляет 40 мин при максимальной температуре 1100°C. Характеристики готовых образцов представлены в табл. 2.

Как видно из полученных результатов, при увеличении содержания отхода седиментационного осаждения шахтных вод происходит увеличение общей усадки, которая у образцов составов 4 и 5 превосходит максимальную допустимую величину в 1%; это обусловлено, по нашему мнению, интенсификацией спекания и изменением его механизма, в частности увеличением количества жидкой фазы. Механическая прочность при изгибе у всех образцов удовлетворяет требованиям нормативной документации, однако максимального значения достигает у образца № 3, что обусловлено не только интенсификацией взаимодействия щелочного каолина и полевого шпата за счет снижения тугоплавкости массы, но и оптимизацией соотношения щелочных и щелочно-земельных оксидов, что является необходимым условием достижения высоких физико-механических показателей. Водопоглощение всех образцов удовлетворяет предъявляемым требованиям и имеет близкие значения вне зависимости от состава массы, что объясняется достаточно высокой плотностью спрессованной плитки, ее низкой влажностью, а также слабой дегазацией разработанных составов.

Для подтверждения сделанных выводов были проведены рентгенофазовые исследования, которые показали рост интенсивности гало при увеличении содержания отхода седиментационного осаждения шахтных вод; кроме того, наблюдается рост интенсивности пиков, соответствующих железистым соединениям, в частности гетиту (0,369; 0,221; 0,184; 0,17; 0,145). Рентгенограмма образца № 3 помимо вышеназванных характеризуется наличием дифракционных максимумов кварца (0,427; 0,335; 0,206) и муллита (0,339; 0,269; 0,229), идентификация которого на образце № 1 была возможна только при удалении наиболее ярких пиков кварца в момент снятия показаний, что свидетельствует об увеличении его содержания.

С целью подтверждения результатов рентгенофазового анализа, а также уточнения влияния отхода седиментационного осаждения на физико-химические превращения, протекающие при обжиге, были выполнены сравнительные дифференциально-термические исследования исходного образца № 1 и оптимального № 3. В результате было установлено следующее: на кривой ДТА фиксируются эндоэффекты при 102 и 550°C, обусловленные удалением адсорбционной и конституционной воды; также фиксируется экзотермический эф-

Таблица 1

Компонент	Содержание в шихтах, мас. %				
	1	2	3	4	5
Глина владимировская ВКС-3	57	55	53	51	49
Полевой шпат	14	14	14	14	14
Щелочной каолин	24	24	24	24	24
Бой плитки дробленый	5	5	5	5	5
Отход очистки шахтных вод	0	2	4	6	8

Таблица 2

Характеристики	Значения характеристик обожженного керамического камня				
	1	2	3	4	5
Усадка, %	0,89	0,92	0,95	1,23	1,67
Механическая прочность, $R_{изг}$, МПа	19,74	22,42	25,84	23,45	17,84
Водопоглощение, %	11,6	10,42	11,65	11,91	12,31

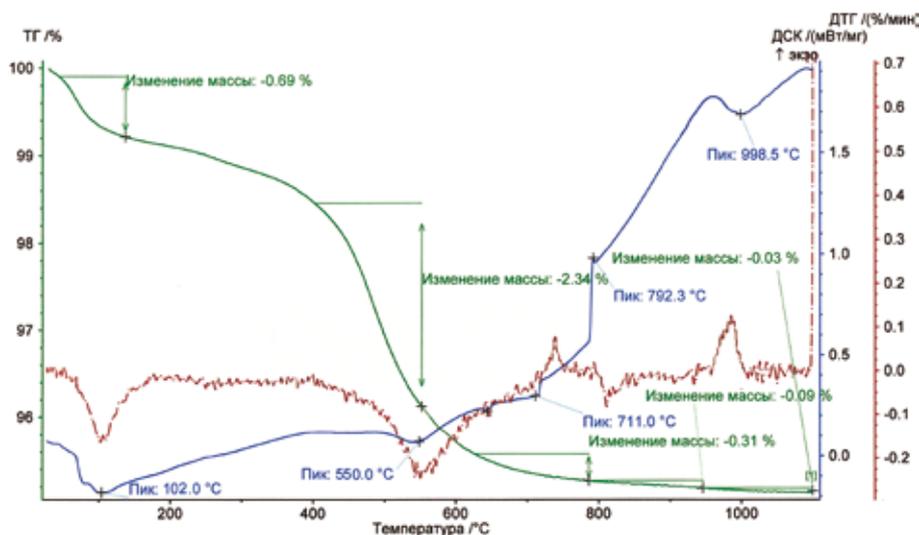


Рис. 1. Дифференциально-термический анализ образца № 1

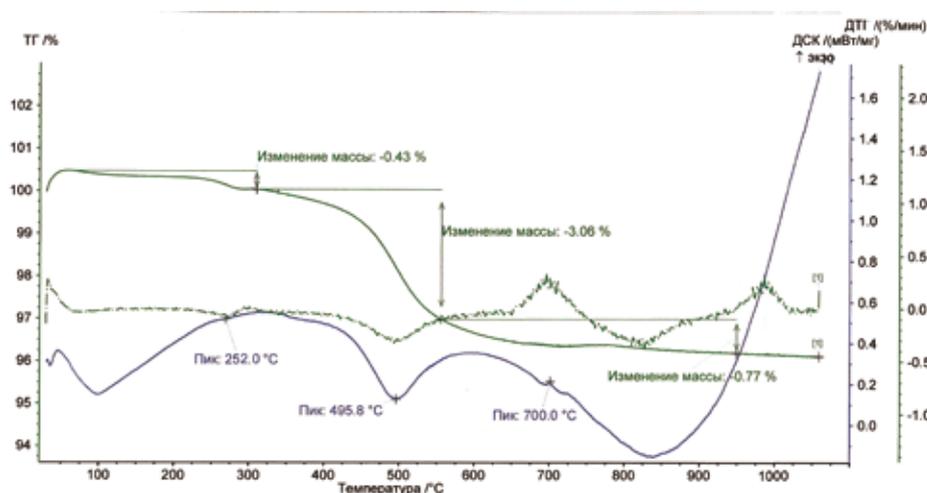


Рис. 2. Дифференциально-термический анализ образца № 3

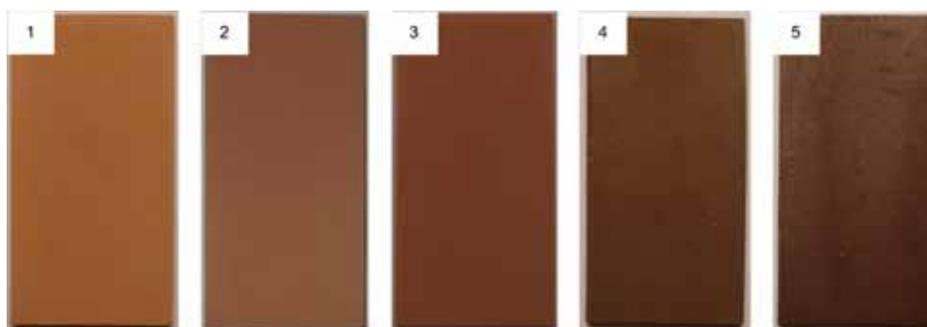


Рис. 3. Образцы керамического камня №№ 1–5

фekt при температуре 728°C, обусловленный образованием двойных силикатных и тройных алюмосиликатных соединений Na и K, в частности $K_2O \cdot 4SiO_2$; $3K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 13SiO_2$ и $3Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$. Плавление данных соединений обуславливает незначительный эндотермический эффект при 801°C. Экзотермический эффект при 998°C обусловлен кристаллизацией первичного муллита в результате перестройки кристаллической решетки метакаолинита (рис. 1).

Кривая ДТА образца № 3 имеет ряд существенных отличий, в частности наблюдается еще один эндотер-

мический эффект при 252°C, связанный с удалением воды из вводимого отхода седиментационного осаждения; экзотермический эффект, обусловленный образованием соединений Na и K смещается в область более низкой температуры, в частности 700°C, а эндотермический эффект от их плавления представляет собой группу совмещенных пиков, представленных в интервале температуры 800–830°C (рис. 2).

Кроме того, были выполнены электронно-микроскопические исследования образца № 3, которые позволили выявить следующее: строение керамического камня характеризуется равномерной тонкозернистой структурой, не содержащей крупных пор. При повышенном увеличении $\times 1000$ электронно-микроскопическая структура характеризуется достаточно плотной, монолитной, пронизанной тонкозернистыми чешуйчатыми кристаллами муллита; идентифицированы также кристаллы β -кварца. За счет повышенного содержания стеклофазы, хорошо идентифицируемой при увеличении $\times 5000$, являющейся цементирующей связкой, обусловлена повышенная плотность керамической плитки и соответственно ее механическая прочность.

Не менее интересным результатом использования данного сырьевого материала является интенсивное окрашивание керамического камня, который изменял цвет от светло-кремового образца № 1 до темно-коричневого с блестящей глянцевой поверхностью образца № 5 (рис. 3).

Окраска характеризовалась равномерностью по всей поверхности, а также по всей толщине излома образца, что может быть использовано при производстве объемно-окрашенной керамики, в частности керамогранита. Что же касается влияния окраски на эстетико-потребительские свойства рассматриваемой продукции, то это влияние полностью нейтрализуется

использованием белого ангоба, этот же способ используют и многие зарубежные производители, включая в состав керамических масс красножгущие компоненты.

Таким образом, полученные результаты подтверждают положительное влияние отхода седиментационного осаждения шахтных вод на интенсификацию спекания керамических масс однократного обжига, что позволяет рассматривать его как стабильный по составу и свойствам, доступный и легкий в использовании сырьевой материал техногенного происхождения.

Список литературы

1. Солодкий Н.Ф., Шамриков А.С. Сырьевые материалы и пути повышения эффективности производства строительной керамики // *Стекло и керамика*. 2009. № 1. С. 26–29.
2. Ашмарин Г.Д., Курносое В.В., Ласточкин В.Г. Энерго- и ресурсосберегающая технология керамических стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2010. № 4. С. 24–27.
3. Бурученко А.Е., Мушарапова С.И. Строительная керамика с использованием суглинков и отходов алюминиевого производства // *Строительные материалы*. 2010. № 12. С. 28–30.
4. Адылов Г.Т., Меносманова Г.С., Riskiev T.T., Руми М.Х., Файзиев Ш.А. Перспективы расширения сырьевой базы для керамического производства // *Стекло и керамика*. 2010. № 2. С. 29–31.
5. Ильина В.П., Лебедева Г.А. Использование отходов обогащения щелочных сиенитов Елетьозерского месторождения для изготовления керамических плиток // *Стекло и керамика*. 2010. № 7. С. 3–6.
6. Сальник В.Г., Свицерский В.А., Черняк Л.П. Расширение сырьевой базы для производства санитарно-технической керамики // *Стекло и керамика*. 2009. № 1. С. 34–38.
7. Павлуненко Л.Е. Щелочные каолины Украины – комплексное сырье для керамической промышленности // *Стекло и керамика*. 2010. № 6. С. 27–29.
8. Аргынбаев Т.М., Стафеева З.Ф. Перспективные каолинсодержащие продукты ЗАО «Пласт-Рифей» // *Стекло и керамика*. 2010. № 3. С. 37.

References

1. Solodkii N.F., Shamrikov A.S. Raw materials and ways of increase of production efficiency of construction ceramics. *Steklo i keramika*. 2009. No. 1, pp. 26–29. (In Russian).
2. Ashmarin G.D., Kurnosov V.V., Lastochkin V.G. The power- and resource-saving technology of ceramic wall materials. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 4, pp. 24–27. (In Russian).
3. Buruchenko A.E., Musharapova S.I. Construction ceramics with use of loams and waste of aluminum production. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 12, pp. 28–30. (In Russian).
4. Adylov G.T., Menosmanova G.S., Riskiev T.T., Rumi M.Kh., Faiziev Sh.A. Prospects of expansion of a source of raw materials for ceramic production. *Steklo i keramika*. 2010. No. 2, pp. 29–31. (In Russian).
5. Il'ina V.P., Lebedeva G.A. Use of waste of enrichment of alkaline syenites of the Eleytozersky field for production of ceramic tiles. *Steklo i keramika*. 2010. No. 7, pp. 3–6. (In Russian).
6. Sal'nik V.G., Sviderskii V.A., Chernyak L.P. Expansion of a source of raw materials for production of sanitary ceramics. *Steklo i keramika*. 2009. No. 1, pp. 34–38. (In Russian).
7. Pavlunenko L.E. Alkaline kaolins of Ukraine – complex raw materials for ceramic industry. *Steklo i keramika*. 2010. No. 6, pp. 27–29. (In Russian).
8. Argynbaev T.M., Stafeyeva Z.F. Perspective kaolinsoderzhashchy products of JSC «Plast-Rifey». *Steklo i keramika*. 2010. No. 3, pp. 37. (In Russian).



**10–12
сентября
2014 г.
Нижний Новгород**

Оргкомитет:
140050, Московская обл.,
п. Красково,
ул. К. Маркса, д. 117,
РГА
Телефон:
+7-916-501-36-56
E-mail: gips@rescom.ru
www.rosgips.ru

Российская гипсовая ассоциация
Московский государственный строительный университет
Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН
ГУП «НИИМосстрой»

**Седьмая Международная конференция
«Повышение эффективности производства
и применения гипсовых материалов и изделий»**

Тематика конференции:

- технический прогресс в области гипсовых материалов и изделий (исследования, производство и применение)
- ангидритовые вяжущие
- гипсовые материалы в малоэтажном строительстве
- привлекательность и механизмы инноваций в гипсовой отрасли
- современное оборудование для производства гипсовых вяжущих, материалов и изделий на их основе
- лаборатории, менеджмент качества, экологический менеджмент и их роль в обеспечении качества и долговечности гипсовых материалов
- нормативно-техническая документация в соответствии с современными требованиями
- обучение и переподготовка специалистов в области производства и применения гипсовых материалов и изделий

Генеральный информационный спонсор: журнал 

СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
СКБ СТРОЙПРИБОР
ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



тел/факс в Челябинске: (351) 790-16-13, 790-16-85, 796-64-14
 в Москве: (495) 964-95-63, 220-38-58
 e-mail: stroypribor@chel.surnet.ru
 www.stroypribor.ru

Реклама

ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

ИПС-МГ4.01 / ИПС-МГ4.03
ударно-импульсный

автоматическая обработка измерений



диапазон 3...100 МПа

УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С
ультразвуковой

поверхностное и сквозное прозвучивание



частота 60...70 кГц
диапазон 10...2000 мкс

ПОС-50МГ4 / ПОС-50МГ4 Д /
ПОС-50МГ4 "Скол"

отрыв со скалыванием и скалывание ребра



предельное усилие 60 кН
диапазон 5...100 МПа

ПОС-2МГ4 П

испытание прочности ячеистых бетонов



предельное усилие вырыва 2,5 кН

ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ ДИНАМИЧЕСКИЕ

ПДУ-МГ4 "Удар"
и ПДУ-МГ4 "Импульс"

определение динамического модуля упругости грунтов и оснований дорог методом штампа,

диапазон: 5...370 МН/м² ("Удар")
5...300 МН/м² ("Импульс")



Прессы испытательные малогабаритные

ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4 / ПГМ-1000МГ4

с гидравлическим приводом для испытания бетона, асфальтобетона, кирпича
 ■ предельная нагрузка 100 / 500 / 1000 кН
 ■ масса 70 / 120 / 180 кг



ПМ-1МГ4 / ПМ-2МГ4 / ПМ-3МГ4 / ПМ-5МГ4 / ПМ-10МГ4

с ручным / электрическим приводом для испытания утеплителей на изгиб и сжатие при 10% линейной деформации
 ■ предельная нагрузка 1 / 2 / 3 / 5 / 10 кН
 ■ масса 20 / 25 кг

ПСО-10МГ4 КЛ

испытание прочности сцепления в каменной кладке



предельное усилие отрыва 15 кН

АДГЕЗИМЕТРЫ

ПСО-МГ4

испытание прочности сцепления покрытия с основанием



предельная нагрузка 1 / 2,5 / 5 / 10 кН

ИЗМЕРИТЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"

стационарный и зондовый режимы



диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ

ИСП-МГ4 / ИСП-МГ4.01
анемометр-термометр

диапазон 0,1...20 (1...30) м/с
-30...+100 °С



ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01
термогигрометр

диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ

ИТП-МГ4.03 "Поток"

3...5, 10 и 100-канальные регистраторы



диапазон 10...999 Вт/м²
-40...+70 °С

ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ

ВЛАГОМЕР-МГ4

для измерения влажности бетона, сыпучих, древесины
диапазон 1...45 %



ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

ИПА-МГ4

диаметр контролируемой арматуры 3...40 мм
диапазон измерения защитного слоя 3...140 мм



ТЕРМОМЕТРЫ

ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01

модульные регистрирующие для зимнего бетонирования и пропарочных камер (до 20 модулей в комплекте)
зондовые / контактные
1...2-канальные
диапазон -40...+100 / 250 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

ДО-40 / 60 / 80МГ4

метод поперечной оттяжки

диапазон контролируемых усилий 2...120 кН



диаметр арматуры 3...12 мм

ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ

ЭИН-МГ4

частотный метод

диаметр арматуры 3...32 мм



диапазон 100...1800 МПа

ПРОИЗВОДИМ: ИЗМЕРИТЕЛИ ВИБРАЦИИ, МОРОЗОСТОЙКОСТИ, ТОЛЩИНОМЕРЫ, ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ ВЕСЫ И ДР.

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

optimaart.com

TECNARGILLA 2014

22 - 26 Сентября 2014 . Римини . Италия



ОРГАНИЗАТОР RIMINI FIERA – ПРИ ПОДДЕРЖКЕ АСИМАС

www.tecnargilla.it

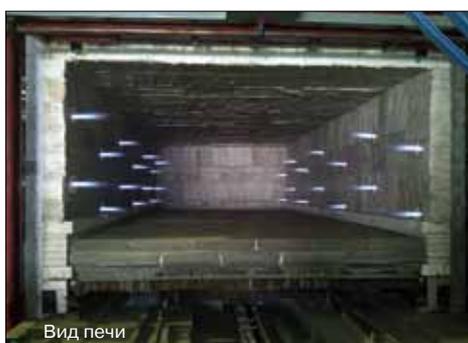
Реконструкция завода «Алексеевская керамика» (Россия) компанией BEDESCHI s.p.a. (Италия)



Экструдер BED550 ХНР



Ротационный резак



Вид печи



Робот-укладчик

Компания BEDESCHI s.p.a., основанная в 1908 г., является одной из передовых компаний в Европе по производству машинного и комплектного оборудования для керамической промышленности. После более чем 100 лет работы на рынке компания является одной из немногих поддерживающих технологическую компетентность и финансовую устойчивость, гарантируя этим преемственность и надежность производства для своих заказчиков.

Благодаря этому историческая итальянская компания и сегодня имеет значительный успех, который основан на компетенциях семейного бизнеса BEDESCHI и подтвержден многочисленными крупными объектами, которые были выполнены компанией.

Кирпичный завод «Алексеевская керамика», расположенный в Республике Татарстан и признанный одним из лучших производителей высококачественного лицевого кирпича, доверил компании BEDESCHI s.p.a. модернизацию своих производственных линий.

Разработанный проект, направленный на обеспечение непрерывной производительности, был разделен на различные этапы, некоторые уже показали свои преимущества.

Поставка была разделена на отдельные установки и отделы комплектной производственной линии, а именно: прокатные

валцы типа LPS, установленные перед линией экструзии, которые обеспечивают постоянство гранулометрии первичного сырья, способствуя тем самым равномерному перемешиванию материала и экструзии изделий; экструдер модели BED 550 ХНР, предназначенный для обеспечения экструзии по технологии жесткого формования; два электронных резака ротационного типа RT, которые способны обеспечивать непрерывную резку различных типов изделий с предельной точностью и повышение существующей производственной мощности. Небольшие габаритные размеры позволили установить резаки на существующих линиях производства без внесения изменений в последние; новая линия садки с антропоморфным роботом для укладки сухих кирпичей на печную вагонетку; новые сушильные камеры, оснащенные новой мобильной вентиляционной системой, две новые камерные печи с периодическим режимом работы, которые разработаны для обжига изделий при температуре 1150 °С.

Данный проект был разработан высококвалифицированным конструкторским отделом и инженерами компании BEDESCHI s.p.a. с целью повышения производительности, снижения производственных затрат и повышения качества готового продукта в соответствии с высокими техническими требованиями заказчика.

Многострунный резак BEDESCHI для Михневской керамики (Россия)

Кирпичный завод в Подмоскowie «Михневская керамика» является известным российским производителем высококачественного лицевого кирпича и сотрудничает с компанией BEDESCHI на протяжении многих лет.

Завод поручил компании разработку и поставку группы резки (многострунный резак), которая будет интегрирована в существующий производственный цех.

Многострунный резак BEDESCHI 4-сторонней фаски для одновременной резки 24 кирпичей формата НФ (формат обожженного изделия). Максимальная производительная мощность установки 15000 шт./ч.

В данную установку был внесен ряд существенных изменений по сравнению с традиционными резаками, позволяющих прежде всего облегчение его техобслуживания и полную замену режущего блока при смене формата изделий.

Резак состоит из:

1) системы подачи глиняного бруса (ленточный девиатор), которая установлена над подвижной кареткой и может быть полностью извлечена из машины в ее задней части по направлению к линии вагонеток сушилки, что позволяет простое техобслуживание установки и полный доступ к внутренним узлам резака,

таким как группы снятия фаски и резки.

2) быстрой смены режущей группы, так как и струнная арка и элементы снятия фаски установлены на каретке, которая извлекается из центральной части установки. Для замены группы резки требуется около 20 мин. Операция замены струн облегчена направляющей трубкой. Поставка резака была укомплектована второй группой резки для кирпича формата 88 мм.

3) несущей конструкции установок резки BEDESCHI (см. фото), которая спроектирована таким образом, что обеспечивает их прочность и устойчивость, а также гашение колебаний и вибраций, возникающих в процессе эксплуатации машины. Указанные аспекты являются очень важными и предоставляют пользователю определенные преимущества, что позволило компании BEDESCHI поставить на российский рынок уже три резака данного типа за последний год.



Реклама



ПОСТАВКА ГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧЕЙ ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ И СТЕКОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

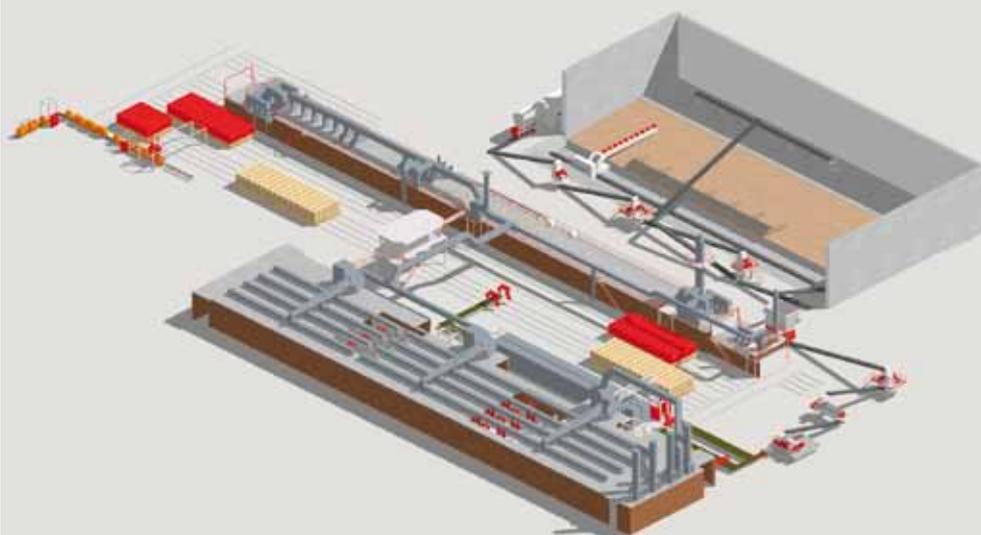


**krom
schroder**

СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ
ОБУЧЕНИЕ, НАЛАДКА

ООО «ВОЛГАТЕРМ» -
официальный представитель
«Elster GmbH» в России
Тел. (831) 278-57-01, 278-57-04
факс (831) 278-57-02
www.kromschroeder.ru
volgaterm@kromschroeder.ru

БУДУЩЕЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА



physic CERAMIC PLANTS

Odena 34 - 08700 Igualada
BARCELONA - SPAIN
+34 938 047 393 - +34 606 393 611
druiz@physicgm.com
comercial@physicgm.com

www.physicgm.com

А.А. СЕМЕНОВ, канд. техн. наук, генеральный директор
ООО «ГС-Эксперт» (125047, г. Москва, 1-й Тверской-Ямской пер., 18, офис 207)

Промышленность строительных материалов Республики Крым

Описано текущее состояние промышленности строительных материалов Республики Крым. Показано, что на территории Республики Крым действует более 200 предприятий промышленности строительных материалов. Основные производимые товарные группы: нерудные стройматериалы, цемент, товарный бетон, железобетонные изделия и конструкции, керамический кирпич. Приведены краткие качественные и количественные характеристики каждой группы.

Ключевые слова: промышленность Крыма, строительные материалы, нерудные стройматериалы, цемент, товарный бетон, железобетонные изделия и конструкции, керамический кирпич.

A.A. SEMENOV, Candidate of Sciences (Engineering), General Director,
"GS-Expert" OOO (18, office 207, 1st Tverskoy-Yamskoy Lane, 125047, Moscow, Russian Federation)

Building materials industry of the Republic of Crimea

The current state of building materials industry of the Republic of Crimea is described. It is shown that over 200 enterprises of building materials industry operate on the territory of the Republic of Crimea. Main product groups: non-metallic building materials, cement, ready-mix concrete, reinforced concrete products and structures, ceramic brick. Brief qualitative and quantitative characteristics of each group are presented.

Keywords: industry of Crimea, building materials, non-metallic building materials, cement, ready-mix concrete, reinforced concrete products and structures, ceramic brick.

После вхождения Республики Крым и г. Севастополь в состав Российской Федерации в марте 2014 г. ряд российских компаний заявил о своем намерении инвестировать в строительный комплекс региона. Значительные государственные инвестиции будут направлены в создание и реконструкцию объектов инженерной инфраструктуры, строительство дорог, мостового перехода через Керченский пролив и других объектов. В данных условиях важно иметь объективную информацию о существующей в настоящее время промышленности строительных материалов Крыма и ее техническом состоянии.

На территории Республики Крым действует более 200 предприятий промышленности строительных материалов. Основные производимые товарные группы: нерудные стройматериалы, цемент, товарный бетон, железобетонные изделия и конструкции, керамический кирпич.

Нерудные строительные материалы

Запасы строительного камня в Республике Крым достаточно велики. На территории Крыма имеются как месторождения метаморфических пород (мраморизованные известняки, песчаники), так и высокопрочные изверженные интрузивные породы (диорит, гранодиорит, диабазовый порфир). Изверженные горные породы распространены ограниченно. Большая часть тел этих пород сосредоточена в районах между г. Алуштой и п. Гурзуф, к югу и юго-востоку от г. Симферополя, в долинах рек Салгирка, Альма и Бодрак. Они слагают небольшие тела в виде лакколлитов, пластовых залежей и штоков. Разведано пять месторождений изверженных горных пород с общими запасами около 41 млн м³. Кроме того, имеется одно месторождение песчаника Бугаз на территории Судакского городского совета с запасами 175 тыс. м³, из них 150 тыс. м³ разведанные.

Всего по состоянию на 2012 г. балансом запасов учитывалось 29 месторождений, включая шесть объектов учета в составе комплексных месторождений пыльного и облицовочного камня, с суммарными запасами категорий А+В+С₁ около 420 млн м³. К категории разрабатываемых отнесено 18 месторождений, включая четыре объекта учета в составе комплексных месторождений, с суммарными запасами порядка 120 млн м³.

Запасы строительного песка в Республике Крым учитываются по девяти месторождениям, шесть из которых разрабатываемые. Фактически по состоянию на 2013 г. добыча песка осуществлялась только на пяти месторождениях.

Также на территории Республики Крым учитывается одно Саскское месторождение песчано-гравийного материала.

Объем производства щебня в Республике Крым и Севастополе в последние годы находится на уровне 1,7 млн м³ в год.

Основными производителями щебня являются ОАО «Шархинский карьер» (мощность 650 тыс. т в год), ОАО «Карьер Мраморный» (мощность 400 тыс. т в год), ООО «Белогорское карьероуправление», ООО «ВКО «Крым».

Объем добычи строительного песка в 2012–2013 гг. составлял около 120–130 тыс. м³. В 2013 г. добыча песка на крупнейшем Донузлавском месторождении, осуществлявшаяся Евпаторийским морским торговым портом, ООО «СендИнтерМарин» и ЗАО «Южная инвестиционная компания», была прекращена. Лицензии на право пользования недрами не продлены.

Цемент

В настоящее время на территории Республики Крым действует единственный цементный завод – Бахчисарайский комбинат «Стройиндустрия» мощностью 0,5 млн т. Производственный комплекс включает две печи обжига клинкера (топливо – природный газ) и четыре цементные мельницы. Также предприятие осуществляет производство сухих строительных смесей (ТМ ЕКОМIX) и товарных бетонных смесей (растворобетонные узлы ТМ «Бахчисарайский бетон»). БК «Стройиндустрия» выпускает пять марок цемента: ШПЦ-400, ССПЦ-400-Д60, ПЦ П/А-Ш-400, ПЦ П/Б-Ш-400 и ПЦ I-500. В 2013 г. комбинат более чем на 70% увеличил объем производства цемента в связи с растущим спросом на эту продукцию. Загрузка производственных мощностей составила около 90%.

Сырьевая база цементной промышленности Республики Крым представлена тремя месторождениями и двумя комплексными объектами учета цементного сырья с суммарными запасами категорий А+В+С₁ свыше 190 млн т. К категории разрабатываемых относится одно комплексное месторождение (Бахчисарайское) мергеля и суглинок, разрабатываемое ЗАО «Бахчисарайский комбинат «Стройиндустрия». Краснопартизанское месторождение известняков в Ленинском районе Крыма готовится к освоению ООО «Альтцем», которое ведет строительство

цементного завода мощностью 3,6 млн т в год в пригороде Керчи.

ООО «Альтцем» является структурным подразделением финансово-промышленной группы «Альтком» (Украина). Строительство завода планировалось закончить еще в 2012 г., однако из-за кризиса сроки ввода неоднократно переносились. В настоящее время планируемый срок запуска производства перенесен на 2015 г. Технологическая схема цементного производства (сухой способ производства) разработана с использованием оборудования немецкой фирмы POLYSIUS AG. Инвестиции в проект составят около 200 млн евро.

Для перевалки цемента компания «Альтцем» планирует задействовать Камыш-Бурунский порт, расположенный в 4 км от будущего завода, где и будет находиться терминал по отгрузке продукции.

Керамический кирпич

Запасы кирпично-черепичного сырья в Республике Крым составляют более 30 млн м³. Балансом запасов учтено 11 месторождений и один комплексный объект учета. К категории разрабатываемых отнесены четыре месторождения и один объект учета с суммарными запасами категорий А+В+С₁ около 9 млн м³.

В настоящее время действуют три кирпичных завода, суммарно производящих порядка 10–11 млн шт. усл. кирпича в год. Спрос на продукцию местных кирпичных заводов относительно низкий, загрузка производственных мощностей не превышает 50%. Предприятия выпускают рядовой полнотелый и пустотелый кирпич.

Потребности в облицовочном кирпиче удовлетворяются преимущественно за счет местного производства гиперпрессованного кирпича и поставок из других регионов.

Железобетонные изделия и конструкции

Объемы производства железобетонных изделий и конструкций в Крыму невелики. В регионе действует около

20 предприятий, однако большинство из них имеет производственные мощности менее 10 тыс. м³ ЖБИ в год. Лидером отрасли как по наличию мощностей, так и по объему производства является ОАО «Крымжелезобетон», суммарная мощность четырех производственных площадок которого составляет около 70 тыс. м³ в год.

Товарный бетон

Производство товарного бетона в Крыму в последние годы получило широкое развитие. Объем выпуска этой продукции в регионе превышал 1 млн т в год, однако по итогам 2013 г. снизился до менее чем 800 тыс. т. Около половины от общего объема производства товарного бетона приходилось на долю Севастополя. Всего производство товарного бетона осуществляет несколько десятков компаний, большинство из которых мелкие с объемами производства менее 10 тыс. т в год. Лидерами рынка являются частные предприятия «Ясака» (суммарная мощность РБУ 270 м³/ч), «Орион» (суммарная мощность РБУ 110 м³/ч), а также ОАО «Крымжелезобетон» (суммарная мощность РБУ 245 м³/ч).

Как видно из приведенных выше данных, в Крыму имеется значительный потенциал промышленности строительных материалов, который был не в полной мере востребован в последние годы. Большинство действующих предприятий отрасли работает с низкой загрузкой производственных мощностей, многие требуют модернизации. При этом очевидно, что в связи с планируемой реализацией в регионе ряда крупных инфраструктурных проектов и развитием жилищного строительства спрос на строительные материалы всех видов существенно возрастет. Это приведет к росту инвестиционной активности в региональной промышленности строительных материалов. Наряду с этим в ближайшие годы также существенно возрастут объемы поставок стройматериалов из России, прежде всего из Краснодарского края и Ростовской области.

Специалистами маркетинговой компании «ГС-Эксперт» подготовлен аналитический отчет



«Состояние строительного комплекса и промышленности строительных материалов в России: итоги 2013 г. и прогноз на 2014 г.»

Отчет состоит из 3 глав, содержит 44 страницы, в том числе 14 таблиц, 10 рисунков. При подготовке использовались данные Федеральной службы государственной статистики РФ (Росстат), Министерства экономического развития РФ, Министерства регионального развития РФ, Министерства строительства РФ, материалы центральных и региональных СМИ, базы данных «ГС-Эксперт».

Первая глава посвящена анализу макроэкономической ситуации в России. Во второй главе приведены данные о состоянии строительства в России, в частности жилищного строительства, строительства нежилых зданий (торговая, офисная и складская недвижимость) и гражданского инженерного строительства (автомобильные и железные дороги, аэропорты, морские и речные порты и прочие объекты). В третьей главе приводится информация о текущем состоянии промышленности строительных материалов, объемах и динамике производства некоторых видов строительных материалов, динамике ввода новых производственных мощностей, а также прогноз развития отрасли в 2014 г.

Содержание отчета

1. Макроэкономические показатели.....	6
2. Строительство.....	9
2.1. Жилищное строительство.....	11
Объемы строительства.....	11
Стоимость строительства и цены на жилье.....	20
Ипотечное кредитование.....	22
Реализация государственных программ	
в области жилищного строительства.....	23
Прогноз развития жилищного строительства в 2014 г.	25
2.2. Строительство нежилых зданий.....	26
2.2.1. Торговая недвижимость.....	26
2.2.2. Офисная недвижимость.....	27
2.2.3. Складская недвижимость.....	30
2.3. Гражданское инженерное строительство.....	32
2.3.1. Автомобильные дороги.....	32
2.3.2. Железные дороги.....	34
2.3.3. Прочие объекты.....	35
3. Промышленность строительных материалов.....	38

Отчет предоставляется в электронном виде в формате *.pdf

Цена 12 тыс. руб.

Заявки на приобретение направляйте

в компанию «ГС-Эксперт»
по факсу: (499) 250-48-74
электронной почте e-mail: info@gs-expert.ru

В издательство «Стройматериалы»
по факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36,
электронной почте e-mail: mail@rifsm.ru

Стройте свои планы на базе объективной оперативной информации!

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ

лучшая основа для производства современных сухих строительных смесей



Применение в рецептуре сухих строительных смесей высокопрочного гипса позволяет придать продуктам высокие прочность и адгезию, обеспечить отсутствие усадки и растрескивания.

Преимущества применения ГВВС в штукатурках:

- Низкий расход смеси (до 6,5 - 7 кг на кв./м);
- Высокая прочность;
- Повышение пластичности;
- Трещиностойкость;
- Белый цвет минимизирует затраты на последующую отделку;
- Выделение большего количества гипсового молочка при гляцевании - не требует шпатлевания;
- Снижение трудозатрат в 1,5 раза за счет низкой плотности.

Преимущества применения ГВВС в наливных полах:

- Прочность от 20 МПа;
- Трещиностойкость;
- Лучшая текучесть (до 50%) в сравнении с низкомарочным гипсом;
- Время технологического прохода через 4 часа;
- Применение для первоначального и финишного выравнивания.

Преимущества применения ГВВС в шпатлевках:

- Пластичность;
- Высокая адгезия (более 0,5 МПа);
- Гарантированная тонина помола не более 1% на сите 0,2;
- Высокая белизна;
- Нанесение гладким слоем без полос – сокращает затраты на повторное выравнивание.

Преимущества применения ГВВС в монтажных клеях:

- Высокая прочность от 10 МПа;
- Уменьшение (либо полное исключение) количества полимерного порошка в составах ССС;
- Дополнительное армирование конструкции;
- Возможность шпатлевания стыков за счет тонкой дисперсности.



Ленгесов Дмитрий Николаевич –
руководитель направления отрасли
производителей сухих строительных смесей

тел.: +7 (846) 955-14-22 (доб. 4027)

моб.: +7 (927) 002-38-98

e-mail.: lengesov@samaragips.ru



САМАРСКИЙ ГИПСОВЫЙ КОМБИНАТ

ЗАО «Самарский Гипсовый Комбинат»

г. Самара, ул. Береговая, 9А

www.samaragips.ru



ЗАВОД
ТЕХПРИБОР

г. Щекино Тульская обл.
ПРЕДЛАГАЕТ

Автоматизированные мельничные комплексы

«Трибокинетика-6000»

для производства минерального порошка



*В 2013 году реализовано
20 мельничных комплексов*

«Трибокинетика»!

8 (48751) 4-87-27

2 года гарантии

Сделано в России!

2 950 000 р. с НДС

✓ В наличии!

www.tpribor.ru



Министерство регионального развития РФ
 Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН)
 Российский союз строителей



Центральный научно-исследовательский и проектный институт
 жилых и общественных зданий (ЦНИИЭП жилища)



Объединенная редакция научно-технических журналов
 «Жилищное строительство» и «Строительные материалы»®

IV Международная научно-практическая конференция «Развитие крупнопанельного домостроения в России»

InterConPan-IV

International Conference of Large-panel Construction

24–25 июня 2014 г.

Николаевский дворец, Санкт-Петербург, пл. Труда, 4

Тематика конференции:

- Состояние базы крупнопанельного домостроения в РФ
- Опыт модернизации предприятий КПД
- Оборудование и технологии
- Современные бетоны, добавки и пигменты
- Проблемы тепловлажностной обработки изделий и конструкций
- Архитектурно-планировочные решения крупнопанельных домов
- Качество и энергоэффективность полносборных зданий
- Расчет и конструирование узлов сборных элементов
- Применение архитектурного бетона
- Проблемы армирования ЖБК и КПД
- Опыт строительства крупнопанельного жилья

Программа конференции включает:

Пленарное заседание

Секции:

- «Архитектура и особенности проектных решений крупнопанельных зданий»
- «Гибкая технология предприятий ДСК и КПД»

Посещение

- Домостроительный комбинат «Группы ЛСР» (ЗАО «ДСК «Блок»)
- Строящийся жилой комплекс в Санкт-Петербурге



Спонсоры
 конференции:



Партнеры конференции:



К проведению конференции готовятся тематические номера журналов «Жилищное строительство» №5–2014 г. и «Строительные материалы»® №5–2014 г., в которых будут опубликованы основные пленарные и секционные доклады. Представление докладов в виде статей до 15.04.2014

Организационный комитет:

Телефон/факс: +7 (499) 976-20-36, 976-22-08
 E-mail: kpd-conf@mail.ru; mail@rifsm.ru www.rifsm.ru

Адрес для корреспонденции: 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3
 редакция журнала «Жилищное строительство»

УДК 666. 972. 16

Е.М. ЧЕРНЫШОВ, д-р техн. наук, академик РААСН,
О.В. АРТАМОНОВА, канд. хим. наук, Г.С. СЛАВЧЕВА, д-р техн. наук

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет (394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84)

Концепции и основания технологий наномодифицирования структур строительных композитов. Часть 2. К проблеме концептуальных моделей наномодифицирования структуры*

Предлагаются концептуальные модели кинетики гетерогенных процессов структурообразования при основных переходах эволюционного маршрута формирования твердой фазы. Они позволили представить явления зарождения фазы, роста частиц, их агломерации, самопроизвольного и самоорганизованного превращения во времени как предмет и цель нанотехнологического управления. Определены подходы к обоснованию условий наномодифицирующего воздействия на кинетику и энергетику структурообразования на нано- и микроуровнях с соответствующими эффектами изменения и регулирования структуры и свойств композитов. Рассмотрены факторы прямого наномодифицирования структурных элементов на уровне индивидуальных кристаллов и кристаллического сростка. Показано, что их действие на уровне структуры цементирующего вещества является опосредованным и состоит в изменении объемного соотношения в нем морфологических разностей, зонировании и кластеризации микроструктуры.

Ключевые слова: концептуальные модели, система твердения, строительный композит, наномодифицирование структуры.

E.M. CHERNYSHEV, Doctor of Sciences (Engineering), Academician of RAAS, O.V. ARTAMONOVA, Candidate of Sciences (Chemistry), G.S. SLAVCHEVA, Doctor of Sciences (Engineering),
Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering (84, 20-letiya Oktyabrya Street, 394006, Voronezh, Russian Federation)

Conceptions and bases of nano-modification technologies of building composites structures.

Part 2: On the problem of conceptual models of nano-modifying the structure

Conceptual models of the kinetics of structure formation heterogeneous processes at basic transitions of the evolution routes for the formation of a solid phase are proposed. They make it possible to present the phenomena of the phase origin, the growth of particles, their agglomerations, spontaneous and self-organized transformations in time as the object and purpose of nanotechnology control. Approaches to the substantiation of conditions of the nano-modifying effect on the kinetics and energy of structure formation at nano- and micro-levels with appropriate effects of changes and regulation of the structure and properties of composites are determined. Factors of the direct nano-modification of structural elements at the level of individual crystals and crystalline aggregate are considered. It is shown that their action at the level of cementing substance structure is indirect and changes the volume ratio of morphological differences, zoning and clustering of the microstructure in it.

Keywords: conceptual models, hardening system, building composite, nano-modification of structure.

Введение

При рассмотрении и анализе общего эволюционно-го маршрута формирования твердого состояния вещества выделялись [1] его основные стадии – *зарождение фазы, рост частиц, их агломерация, самопроизвольное и самоорганизованное превращение во времени*, обозначались переходы между стадиями и соответственно говорилось о *явлениях и процессах молекулярного (ионного), топологического и морфологического отбора*. Именно эти стадии и явления, их процессы должны рассматриваться в качестве «объектов» нанотехнологических воздействий с целью достижения эффектов модифицирования синтезируемых и конструируемых структур строительных композитов.

Для продвижения общих исходных оснований наномодифицирования структур строительных композитов в экспериментальной и инженерной технологической практике необходимо формализовать указанные стадии, явления и переходы эволюционного маршрута, качественно обозначив факторное пространство управления процессами и в последующем определив варианты возможных количественных решений. В этой связи для основных явлений и процессов наномодифицирования структуры требуется с учетом введения критериев эффективности, отражающих влияние возможного модифицирования на показатели затрат времени (τ) и энер-

гии в технологии ($E_{нт}$) на достигаемый уровень конструкционного и (или) функционального качества материала (R), принять соответствующие концептуальные модели, интегрально раскрывающие внутренние причинно-следственные связи и отношения в системе «фактор наномодифицирования – технология наномодифицирования – процесс и результат наномодифицирования – эффективность наномодифицирования структуры».

Начальной стадией моделирования, как известно, является формализация любой рассматриваемой системы (рис. 1). В нашем случае это названные выше явле-

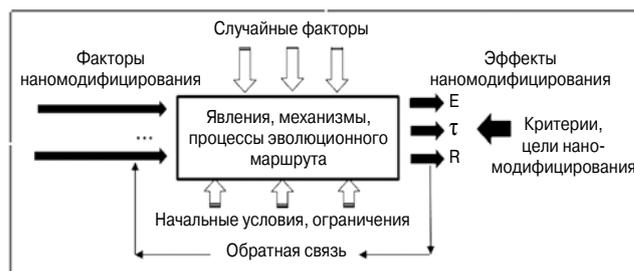


Рис. 1. Схема формализованной системы при наномодифицировании структуры

* Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки Воронежскому ГАУ на 2013 г., а также плана фундаментальных НИР РААСН.

Таблица 1

Размерные характеристики элементов структуры твердой фазы и порового пространства по масштабным уровням строения конгломератных строительных композитов (на примере цементных и силикатных бетонов) [2]

Масштабный уровень структуры	Система	Элементы структуры и размерные характеристики		Форма и энергия связи воды со структурой
		Твердофазный элемент структуры / размер, м	Поры / размер, м	
Макро-композиционный	Бетон плотный и макропористый	Зерна заполнителя / 10^{-3} – 10^{-2}	Макропоры / 10^{-4} – 10^{-3}	Свободная вода
Мезо-композиционный	Микробетон	Остаточные зерна цемента, других исходных компонентов, зерна микрозаполнителя / 10^{-4} – 10^{-6}	Капиллярные поры / 10^{-7} – 10^{-4}	Капиллярно-насыщенная вода 0,05–0,5 кДж/моль
Микро-композиционный	Цементирующее вещество	Кристаллическая, скрытокристаллическая и аморфная составляющие новообразований	Поры цементирующего вещества / 10^{-8} – 10^{-7}	Капиллярно-конденсированная вода 0,5–40 кДж/моль
Субмикро-композиционный	Совокупность кристаллических, скрытокристаллических и аморфных новообразований	Единое структурное образование – кристалл, субмикрорекристалл, частица аморфной фазы / 10^{-9} – $(1-5) \times 10^{-7}$	Межкристаллические поры / 10^{-9} – 10^{-7}	Адсорбционная вода
				полимолекулярных слоев (1=2,5–8 нм) ≈ 40 кДж/моль мономолекулярных слоев (1=1–2,5 нм) 40–80 кДж/моль
Нано-композиционный	Кристалл, субмикрорекристалл, частица аморфной фазы	Индивидуальная ячейка кристалла / $(0,3-1) \times 10^{-9}$	Межслоевое пространство кристалла / 10^{-10}	Вода межслоевая – молекулярная 20–80 кДж/моль
				Вода кристаллической решетки в виде OH^- групп 400–600 кДж/моль

ния и процессы, которые должны быть конкретизированы в отношении структурообразования твердофазных строительных материалов (бетонов, керамики), являющихся многоуровневыми по иерархии своего строения композитами и включающими диапазон разноразмерных составляющих элементов от деци- и санти- до нанометрового масштаба.

Осуществляя в связи с наномодифицированием идентификацию структуры строительных композитов с конгломератным типом строения, можно говорить [2] о пяти и даже шести масштабных ее уровнях, а в них о двух или даже трех уровнях, соотносимых с наноразмерным диапазоном (табл. 1).

Важно подчеркнуть, что наноструктурные составляющие материалов, оказываясь объективным фактом закономерностей и особенностей эволюции процессов формирования их твердого состояния, могут являться, так сказать, технологическим постфактумом получения строительных материалов и без применения арсенала наномодифицирования. В рамках же реализации наноконцепции и нанотехнологических подходов принципиальным является исследование условий и расширенное использование возможностей управления структурой именно на этих уровнях и именно с использованием средств из «наноарсенала». При этом от пассивного, попутного получения (как сейчас) эффектов следует и требуется переходить к осознанному, целенаправленно организованному их достижению, рассматривая на принципиально новые результаты.

Границы возможностей модифицирования структуры можно иллюстрировать идентификационными (качественными) и оценочными (количественными) признаками типичных для гидратационных, например цементных, и гидротермально-синтезных, например силикатных, систем твердения бетонов с минералогически-морфологическими разностями их цементирующих веществ (табл. 2), оказывающимися следствием эволюции процессов их (разностей) образования и преобразования в технологии. Можно считать, что совокупность основных морфологических (скрытокристаллической, волокнисто-игольчатой, пластинчато-призматической) разностей образует своего рода нано- и микрокомпозиционную систему разноразмерных частиц с контактами различного типа, с меняющимся числом контактов в единице объема, с отличающейся удельной площадью поверхности и удельной поверхностной энергией границ раздела, с различным содержанием и размером нано- и микропор, с различной формой и энергией связи воды с твердой фазой и поровым пространством структуры. Эти различия и отличия для рассматриваемых идентификационных структурных признаков могут охватывать диапазон от одного до трех и более порядков (В.В. Кафаров. Методы кибернетики в химии и химической технологии. М.: Химия, 1985. 448 с.), и именно они могут рассматриваться как предмет и цель наномодифицирования.

Приступая к рассмотрению обсуждаемой проблемы, предварительно необходимо внести определенность в толкование понятия «наномодифицирование структуры». При этом необходимо разобраться в том, что в структуре меняется, что в итоге при этом достигается, что для этого в явлениях и процессах эволюционного маршрута целенаправленно делается и вообще, почему и для чего, в интересах какого показателя эффективности технологического процесса или какого конструкционного и функционального свойства в структуре что-либо модифицируется с применением средств из «наноарсенала». В вопросе, к какой структуре мы должны стремиться, модифицируя ее, каждый раз надо давать и обобщенный и отдельный ответ. И эти ответы зависят от того, чего мы хотим добиться модифицированием структуры.

Из совокупности обозначенных вопросов ясно, что наномодифицирование структуры – это, во-первых, действие; во-вторых, процесс с его кинетикой и энергетикой, а в-третьих – это его результат. При наномодифицировании, таким образом, речь должна идти: 1) о выборе средств из арсенала «нано»; 2) об организации кинетики процесса; 3) о решении задачи получения выигрша по критерию его (процесса) скорости и времени завершения τ , энергоёмкости технологии $E_{нт}$ при обеспечении задаваемого уровня качества R (или же о до-

**Идентификационные признаки морфологических разностей
цементирующего вещества (на примере силикатного автоклавного бетона) [2]**

Морфологическая разность	Скрытокристаллическая	Волокнисто-игольчатая	Пластинчато-призматическая
Минералогический состав	Высокоосновные гидросиликаты кальция (ГСК)	Преимущественно ГСК тоберморитовой группы	Портландит и высокоосновные ГСК на начальной стадии автоклавной обработки; тоберморит при большой длительности обработки
Размер частиц и кристаллов, нм	До 100–300	Поперечный размер 100–500; длина: поперечный размер≈10:1	Поперечный размер 800–1300; соотношение длина:поперечный размер≈3:1
Число контактов в единице объема, 1/см ³	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁴
Тип контактов частиц и кристаллов	Контакты примыкания глобуловидных частиц	Преимущественно контакты примыкания кристаллов; контакты срастания	Контакты примыкания, срастания, прорастания кристаллов
Удельная площадь поверхности, м ² /г	≈500	≈100–200	≈30–50
Теплота смачивания, Дж/г	≈100–200	≈30–40	≈15–20
Средний эффективный радиус пор, нм	5–7 и менее	≈20–40	≈40–80

стижении максимума значений показателя качества \bar{R} при ограничениях, накладываемых на τ и $E_{нт}$).

Таким образом, при постановке задачи наномодифицирования могут быть обозначены различные цели и условия оптимизации, но эффективность решения всегда будет анализироваться в рамках принципа «цена (τ , $E_{нт}$) – качество (\bar{R})».

Математическое решение оптимизационной задачи базируется на традиционной ее постановке (1): требуется найти среди элементов заданного множества допустимых решений элементы $x=(x_1, x_2, \dots, x_k)$, то есть те значения параметров, при которых целевая функция оптимизации принимает оптимальные значения; при этом множество решений (точка x) – это k – мерный вектор оптимизируемых параметров:

$$\left. \begin{aligned} F = f_i(x_i) &\rightarrow \max(\min) \Rightarrow \text{ЦФ} \\ g_j(x_j) = 0 &\Rightarrow \text{ОГР} \\ a_j \leq x_j \leq b_j &\Rightarrow \text{ГРУ} \\ i = 1, m; & \\ j = 1, n; & \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где $f_i(x_i)$ – целевая функция ЦФ (критерий оптимизации); $g_j(x_j)$ – функциональные ограничения (ОГР); x_i – оптимизируемые параметры управления; a_j, b_j – значения параметров управления, составляющие граничные условия задачи (ГРУ).

При постановке каждой конкретной задачи оптимизации зависимости $R=f(x_i-x_n)$, $E_{нт}=f(x_i-x_n)$ и $\tau=f(x_i-x_n)$ будут рассматриваться в качестве или целевой функции (ЦФ), или функциональных ограничений (ОГР) оптимизации.

Моделирование и постановка оптимизационных задач наномодифицирования структуры в связи с их многофакторностью и многокритериальностью предполагает, таким образом, обоснование и выбор критериев оптимизации, ограничений, граничных условий (В.В. Кафаров, М.Б. Глебов. Математическое моделирование основных процессов химических производств. М.: Высшая школа, 1991. 400 с.; Т.В. Ляшенко. Поля свойств строительных материалов (концепция, анализ, оптимизация) // Прогнозирование в материаловедении: мат. 41-го международного семинара. Одесса, 2002. С. 9–14; В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко. Рецептнотехнологические поля свойств материала в компьютерном строительном материаловедении // Строительные материалы. 2006. № 7. С. 8–11). И в этой связи необходимым и определяющим является прежде всего априорный теоретический анализ зависимостей в системе «со-

став – структура – состояние – свойство», который базируется на положениях методологии системно-структурного подхода в материаловедении. Это означает, что, ставя задачу об управлении наномодифицировании стадий зарождения, роста, агломерации, самопроизвольного и самоорганизующегося превращения во времени, решая вопрос о целесообразности применения «арсенала нано» в отношении молекулярного, топологического и морфологического отбора для достижения требуемого или максимального уровня качества (например, прочности \bar{R}) композита, необходимо обращаться к закономерностям структурной механики его свойств; в отношении же критериев τ и $E_{нт}$ необходимо отталкиваться от закономерностей кинетики гетерогенных процессов фазообразования и кристаллизации (Б. Дельмон. Кинетика гетерогенных реакций. М.: Мир, 1972. 554 с.; Г. Эйринг, С.Г. Лин, С.М. Лин. Основы химической кинетики. М.: Мир, 1983. 527 с.; С.З. Рогинский. Гетерогенный катализ. Некоторые вопросы теории. М.: Наука, 1979. 416 с.; О.Г. Козлова. Рост кристаллов. М.: МГУ, 1967. 238 с.), основных их явлений и стадий (В.Н. Вигдорович, А.Е. Вольпян, Г.Н. Курдюмов. Направленная кристаллизация и физико-химический анализ. М.: Химия, 1976. 200 с.; Е.И. Гиваргизов. Рост нитевидных и пластинчатых кристаллов из пара. М.: Наука, 1977. 304 с.; А.М. Асхабов. Регенерация кристаллов (кинетические и морфолого-генетические аспекты). Л.: Наука, 1979. 176 с.; Е.А. Гудилин, А.А. Елисеев. Процессы кристаллизации в химическом материаловедении. М.: МГУ, 2006. 90 с.; Е.М. Чернышов. Закономерности развития структуры автоклавных материалов // Строительные материалы. 1992. № 11. С. 28–31).

Именно анализ закономерностей механики свойств материалов, закономерностей кинетики гетерогенных процессов и позволяет принять концептуальные модели (табл. 3 и 4), обосновать факторное пространство наномодифицирующего управления получаемыми параметрами состава и структуры и обозначить граничные условия постановки и решения конкретных оптимизационных задач.

К концептуальным моделям технологии наномодифицирования структуры с точки зрения теоретического анализа и учета зависимостей

в системе «состав – структура – состояние – свойство»

В задачах повышения потенциала сопротивления структуры разрушению целесообразно выделять уров-

Таблица 3
К концептуальным моделям наномодифицирования (НМ) при основных переходах эволюционного маршрута образования твердого вещества

Стадия эволюционного маршрута	Масштаб 1–100 нм	Явление перехода	Уровень структуры	Параметры структуры, подлежащие наномодифицированию	Концептуальные модели кинетики гетерогенных процессов структурообразования	Факторы управления при наномодифицировании	Способы управления при наномодифицировании	Ожидаемый эффект от наномодифицирования
Рост частиц	100–1000 нм	Топологический отбор	Кристаллического сростка	1) размер и форма сростка, оцениваемая удельной площадью поверхности ($S_{уд}$);	Удельная площадь поверхности агрегата	Формирование фрактальной сетки растворителя;	Введение наноразмерных ультрадисперсных углеродосодержащих частиц;	Изменение термодинамики и кинетики процесса твердения;
Агломерация								

Таблица 4
К концептуальным моделям микромодифицирования при основных переходах эволюционного маршрута образования твердого вещества

Стадия эволюционного маршрута	Масштаб	Явление перехода	Уровень структуры	Параметры структуры, подлежащие микромодифицированию	Концептуальные модели кинетики гетерогенных процессов структурообразования	Факторы управления при микро-модифицировании	Способы управления при микромодифицировании	Ожидаемый эффект от микромодифицирования
Агломерация	1 – 100 мкм	Морфологический отбор	Цементирующего вещества	1) объемное соотношение кристаллической / аморфной фаз; 2) объемное соотношение морфологических разновидностей: скрытокристаллическая; волокнисто-игльчатая; пластинчато-призматическая; 3) удельный объем кристаллических и гелевых пор	Уравнение В. Яндера $\frac{dx}{dt} = \frac{k_2}{x}$ или $x = k_3 \sqrt{t}$, $x^2 = k_4 t$ Величина изменения морфологического параметра в начальный период кристаллизации: $\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\Delta V}{V} \approx \frac{9\sigma l}{4\pi r} \cdot t$	1) изменение межкристаллитной поверхности системы; 2) образование дополнительных границ раздела; 3) формирование упорядоченных структур твердения с плотной упаковкой кристаллов; 4) оптимизация соотношения аморфной и кристаллической фаз и их морфологии; 5) регулирование структуры пористости	1) температурная обработка; 2) прессование (компактирование); 3) введение добавок микронаполнителей; 4) дисперсное армирование структуры	1) изменение термодинамики и кинетики процесса твердения; 2) изменение структуры и свойств цементирующего вещества

ни ее наномодифицирования: уровень отдельного кристалла; уровень их агломератов и кристаллического сростка (кристаллита); уровень цементирующего вещества (размерный масштаб этих уровней представлен в табл. 2).

Обращаясь к основам механики проявления конструктивных свойств, укажем, что сопротивление композитов разрушению опирается на три определяющих положения (концепта), изложенных в [3] и в книге: Р.В. Армстронг. Прочностные свойства металлов со сверхмелким зерном / Сверхмелкое зерно в металлах: Сб. статей / Пер. с англ. В.В. Романеева, А.А. Григорьяна. М.: Металлургия, 1973. С. 11–40:

– первое положение отражает роль и значение физико-химических связей, обеспечивающих уровень возможного сопротивления структуры силовым механическим воздействиям;

– второе положение учитывает условия формирования напряженного состояния материала через зависимость меры однородности (неоднородности) возникающего в нем поля напряжений от однородности состава и структуры композита;

– третье положение принимает во внимание существо механизма разрушения материала в непосредственной взаимосвязи развития пластического деформирования, образования и распространения трещин в материале с его составом и структурой.

В прикладном отношении соответственно этим трем положениям (концептам) выделяются *три группы структурных факторов* управления сопротивлением материалов разрушению. *Первая группа* структурных факторов соотносится с управлением: а) видом физических и физико-химических внутренних связей кристаллов (субмикроструктур) возникающей твердой фазы вещества посредством регулирования их кристаллохимических характеристик, химико-минералогического состава; б) количеством связей в единице объема агломератов и кристаллитов путем регулирования дисперсности и морфологии составляющих его частиц; в) объемным содержанием новообразований (кристаллов, агломератов, кристаллитов) цементирующего вещества, зерен наполнителя в матрице из цементирующего вещества; г) состоянием, качеством связей в контактной зоне зерен наполнителя с цементирующим веществом.

Вторая группа структурных факторов соответствует управлению: а) объемным соотношением структурных элементов в геометрическом объеме материала в целом и в пределах рассматриваемых масштабных уровней; б) функцией распределения по размерам структурных элементов составляющих материал (частиц цементирующего вещества, пор, зерен наполняющих компонентов и др.); в) мерой однородности пространственного размещения структурных составляющих материала в его объеме.

Третья группа факторов опирается на возможности управления силовыми и энергетическими условиями пластического деформирования, образования, торможения развития и распространения трещин как за счет собственных возможностей структуры (в том числе, например, самомикроструктурирования), так и за счет введения в материал дополнительных структурных элементов, способных изменять условия пластического (псевдопластического) деформирования, тормозить развитие и распространение трещин.

При рассмотрении целесообразности модифицирования структуры на уровне индивидуальных кристаллов можно опереться на известное уравнение Холла – Петча:

$$\sigma = m \cdot \sigma_0 + m \cdot k \cdot d^{-1/2}, \quad (2)$$

где σ – предел прочности; m – коэффициент, связанный с характеристиками (кристаллохимии и морфологии) структурной единицы; σ_0 – напряжение, необходимое для того, чтобы вызвать начало разрушения структурной единицы в отсутствие сопротивления со стороны границ в кристаллите; d – размер структурной единицы; k – величина концентрации напряжений у вершины начальной трещины, зависящей от количества и характера дефектов структурной единицы.

Данное уравнение отражает связь предела прочности σ структурной единицы с ее размером d , кристаллохимическими и морфологическими характеристиками и мерой дефектности, то есть с теми параметрами структуры, которые и подлежат изменению посредством наномодифицирования на стадии зарождения частиц твердой фазы.

На уровне агломерата и сростка кристаллов (кристаллита) влияние индивидуальных кристаллов на прочность реализуется через пространственно-геометрическую конструкцию их компактированной структуры. Прочность контактов в сростке представляет вероятностную функцию распределения значений в диапазоне от максимально возможной величины у закономерных (к примеру, эпитаксиальных) до минимальной у незакономерных контактов срастания или примыкания. В целом сопротивление разрушению определяется особенностями упаковки кристаллов в укрупненные кристаллические агломераты (агрегаты) и сростки.

Известно соотношение связи прочности со средним размером агломератов, кристаллитов в форме модифицированного уравнения Гриффитса–Орована, в которое входит величина модуля упругости субстанции, связанная с составом и кристаллохимическим строением кристалла, включенного в кристаллический сросток:

$$\sigma_{\text{пр}} = \left(\frac{E_{\text{пр}} \cdot \gamma^*}{t} \right)^{1/2} \cdot (1 - V_n)^n = K_C \cdot t^{-1/2} \cdot (1 - V_n)^n, \quad (3)$$

где $\sigma_{\text{пр}}$ – разрушающее напряжение при одноосном сжатии; $E_{\text{пр}}$ – модуль упругости; $\gamma^* = \gamma + \Delta\gamma$ – эффективная поверхностная энергия разрушения, здесь γ – поверхностная энергия, а $\Delta\gamma$ – дополнительная работа, идущая на производство локальной пластической деформации и образование ступенчатых поверхностей скола; t – средний размер кристаллита; K_C – коэффициент вязкости разрушения; V_n – пористость; n – эмпирический коэффициент, который изменяется в интервале от 2,6 до 4,3.

Прочность кристаллического агломерата, кристаллического сростка в связи с особенностями его формирования в непрерывный трехмерный каркас можно выразить функцией вида [3]:

$$R_{\text{кк}} = f(N_{\text{цв}}; dR_N/dN_{\text{цв}}; K'; K''), \quad (4)$$

где $N_{\text{цв}}$ – число контактов в единице геометрического объема агломерата, кристаллического сростка; $N_{\text{цв}} = f[p(l, d); a_y]$; здесь $p(l, d)$ – функция распределения кристаллов и субмикроструктур по размерам (l – длина; d – поперечный размер); a_y – показатель, связанный с геометрической упаковкой элементов в агломерате, сростке; $dR_N/dN_{\text{цв}}$ – плотность распределения (в статистическом смысле) контактов по прочности; R_N – прочность отдельного контакта, определяемая его видом (контакт срастания или примыкания; кристаллический или коагуляционный) и соответственно типом связи в контакте (ионная, ковалентная, ван-дер-ваальсовая и т. п.), степенью дефектности и степенью напряженного состояния контакта; K' – показатель, характеризующий долю числа контактов, воспринимающих напряжения при действии внешних нагрузок (связан с диссипацией энергии воздействий в структуре и зависящей от ее однородности-неоднородности); K'' – показатель кон-

центрации напряжений в агломерате, кристаллическом сростке при действии внешних нагрузок, зависящий от геометрии упаковки кристаллов и субмикроростков в них.

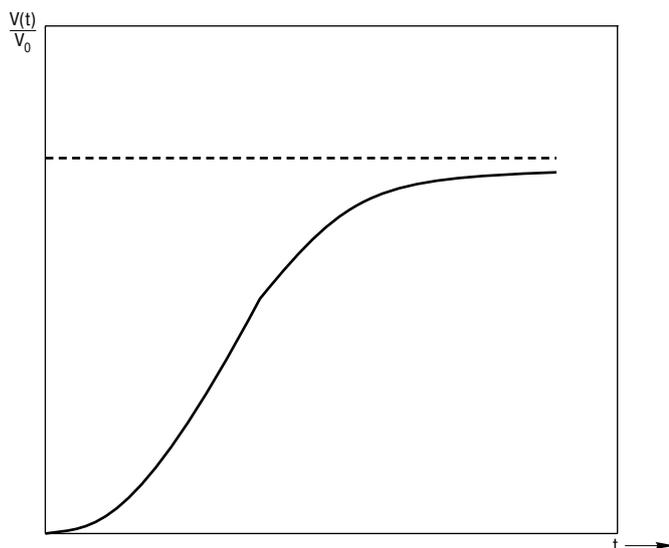
Приведенная общая функциональная зависимость (4) важна с позиций систематизированного представления существа влияния характеристик кристаллической структуры на потенциал сопротивления разрушению. При переходе к технологическим задачам наномодифицирования структуры эта зависимость является основой рассмотрения вопросов управления стадиями эволюционного маршрута формирования твердого состояния, концептуально показывая, что управляющее воздействие посредством наномодифицирования для двух рассмотренных структурных уровней может касаться регулирования, во-первых, размеров, кристаллохимических и морфологических характеристик, меры дефектности индивидуальных кристаллов, а во-вторых, геометрии упаковки кристаллов и субмикроростков в агломератах (агрегатах), кристаллических сростках, количества и прочности контактов в них. И именно в связи с этим становится очевидной проблема «зонирования», «кластеризации» объема накапливающейся и видоизменяющейся субмикроростковой и кристаллической фазы.

На уровне цементирующего вещества (как матричной субстанции композита) сопротивление структуры разрушению зависит прежде всего от пространственно-геометрического размещения и объемного соотношения основных морфологических составляющих:

- скрытокристаллической, повышающей вязкость разрушения цементирующего вещества из-за ее способности к пластическому деформированию и, следовательно, обеспечивающей возрастание затрат энергии на производство пластических деформаций твердой фазы до момента трещинообразования;

- волокнисто-игольчатой, повышающей затраты энергии разрушения за счет большего числа хаотически размещенных в объеме контактов и границ раздела, влияющих на картину ветвления и фрактализации возникающих и развивающихся в структуре нано- и микротрещин;

- пластинчато-призматической, повышающей упругие свойства и дополнительно обеспечивающей наряду с волокнисто-игольчатой эффект «самоикроармирования» и возрастание вязкости разрушения цементирующего вещества.



Ясно, что прочностные характеристики на данном структурном уровне определяются и удельным объемом нано- и микропор, являющихся самостоятельными концентраторами напряжений.

Направленное регулирование параметров структуры на данном уровне в научной и технологической практике получения строительных материалов в известной мере изучено и используется. Дополнительно укажем, что достигаемые эффекты наномодифицирования структуры на уровне отдельных кристаллов, их агломератов и кристаллического сростка (кристаллита) проявляют себя и на уровне структуры цементирующего вещества как следствие этих эффектов. В конце концов, это и требуется от технологии наномодифицирования, поскольку именно структура цементирующего вещества определяет свойства получаемой (синтезируемой) системы твердения (матрицы) композита.

К концептуальным моделям технологии наномодифицирования структуры с точки зрения теоретического анализа и учета закономерностей кинетики гетерогенных процессов образования твердой фазы

Эволюция твердого вещества в реальной гетерогенной системе – это совокупность параллельных и последовательных явлений и процессов образования твердой фазы с прямыми и обратными, перекрестными связями. В каждой такой системе возникающие индивидуальные различия эволюционируют по-своему. В зависимости от условий структурообразование в целом может развиваться по отличающимся маршрутам, отдельные его стадии могут быть сокращены или вытеснены соседними, но в определяющей мере все типичные стадии и переходы присутствуют. Каждый маршрут можно рассматривать как разновидность общего вида эволюционного маршрута [1] и в нем эволюцию твердой фазы вещества можно определить как последовательность стадий и процессов зарождения, роста и накопления вещества, упорядочения структуры и состава первичных частиц посредством их агломерации и компактирования в агрегаты, остальдова созревания и перекристаллизации, самопроизвольного и самоорганизующегося структурообразования. И технология наномодифицирования должна быть нацелена на эти стадии и процессы с условием получения структур кристаллов, их агломератов и кристаллитов, а в целом в итоге и цементирующего вещества, отвечающих критериям эффективности τ , E_{HT} , R .

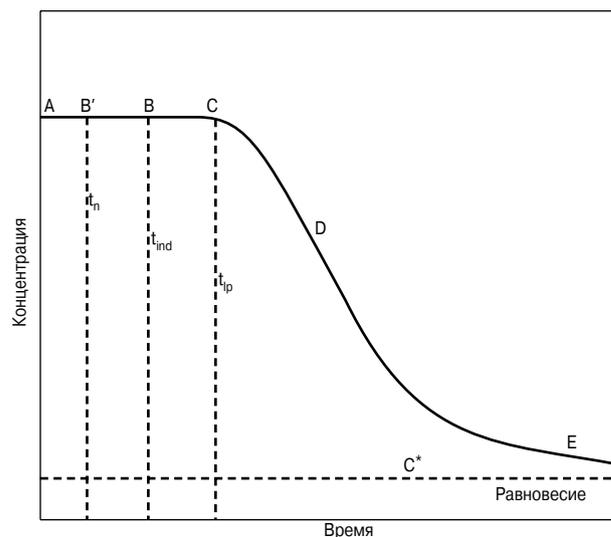


Рис. 2. Сигмоидный тип кинетической кривой твердофазного процесса: C^* – равновесная концентрация; t_n – время образования зародышей, t_{ind} – индуктивный период; t_{lp} – латентный период

Для количественной характеристики гетерофазных процессов образования твердой фазы вводят понятие степени и времени превращения. Степень (α) и время (τ) превращения, которые всегда являются оптимизируемыми параметрами любой технологии получения материалов, связаны соотношением:

$$\alpha = N_i / N_{i\text{исх}},$$

где $N_{i\text{исх}}$ и N_i — число молей i -го реагента соответственно в исходной системе и к моменту времени τ , прошедшему от начала взаимодействия.

Соответствующая зависимость $\alpha=f(\tau)$ изображается s -образной, или сигмоидной кривой, характеризующей развитие кинетического процесса для конкретных условий (рис. 2). Параметры твердофазного взаимодействия, и прежде всего с точки зрения управления его энергией активации, могут определяться по этим кинетическим кривым $\alpha=f(\tau)$ и $d\alpha/d\tau=f(\alpha)$. В начале реакции (рис. 2) скорость может быть мала (индукционный период), затем она возрастает и проходит через максимум, а далее снижается до минимума.

Рассмотрим последовательно возможные способы нанотехнологического воздействия на стадии и переходы маршрута с позиции их кинетики.

На стадии процесса зарождения частиц твердого вещества применение нанотехнологических управляющих воздействий может мотивироваться стремлением ускорить процесс накопления новообразований, энергетически «облегчить» его и тем самым повысить эффективность технологии по критериям τ и $E_{\text{нт}}$, но одновременно в системе необходимо структурно дифференцировать объем накапливаемой твердой фазы, имея в виду и возможности формирования первичных частиц с управляемыми кристаллохимическими и геометрическими характеристиками.

Для обоснования факторов управления развитием стадии обратимся к анализу формализующих причинно-следственных отношений — концептуальных моделей кинетики процесса (табл. 3 и 4). Процесс следует рассматривать в рамках кинетической теории формирования новой фазы, а поэтому с точки зрения факторов управления соотносить его: с температурой кристаллизации (T); удельной поверхностной свободной энергией кристаллов (σ); молярным объемом новой фазы (V_m); степенью пересыщения (γ), которая входит в соотношение $\Delta\mu = RT \ln(\gamma + 1)$; энергией активации перехода ионов, молекул из среды в центры кристаллизации ($E_{\text{акт}}$); интенсивностью вторичного зародышеобразования в объеме начальной фазы ($I_{\text{вт}}$), которая связана с возможными дополнительно внесенными извне центрами кристаллизации, например с наноразмерными частицами добавок.

В соответствии с теорией Гиббса—Фольмера образование зародыша критического размера ($r_{\text{кр}}$) моделируется уравнением полной энергии кристаллизации $\Delta G_{\text{кр}}$ (табл. 3, графа б). Появление зародышей становится возможным при достижении определенной (критической) степени пересыщения раствора тем веществом, молекулы которого участвуют в образовании новой фазы. Простейшее соотношение, характеризующее пересыщение, имеет вид:

$$\gamma = (C_m / L_{mj}) - 1, \quad (5)$$

где γ — степень пересыщения; C_m — количество молекул или кластеров, из которых строятся частицы, в единице объема среды; L_{mj} — рубажное значение C_m для данной частицы.

Общее число центров кристаллизации ($I_{\text{ц}}$), возникающих в единице объема раствора (расплава), или сум-

марная интенсивность их первичного и вторичного образования зависит от кинетического коэффициента этого процесса (α) (табл. 3, графа б). Основным средством управления на этой стадии является степень пересыщения исходного раствора, влияющая на скорость появления и параметры структуры зародыша кристалла (табл. 3, графа 5). В нанотехнологиях с учетом этого можно обратиться к способам регулирования состояния пересыщения, например введением в систему наночастиц с родственным кристаллохимическим строением (для изменения C_m) и/или регулированием растворимости посредством тепловых или иных воздействий на систему (для изменения L_m).

Относительно первого отметим, что химическое сродство (минералогическое и размерное) вводимых нанодобавок как возможных центров зародышеобразования частиц твердой фазы имеет решающее значение для молекулярного отбора в системе, то есть для интенсификации первого перехода в маршруте эволюции твердого вещества «зарождение фазы» — «рост частиц». **На фоне уменьшения внутренней энергии системы действует явление молекулярного (ионного) отбора, в результате которого зародышами становятся кластеры молекул (ионов), содержащие прежде всего сходные по структуре и размерам молекулы (ионы).**

Таким образом, механизм наномодифицирующего влияния добавок на уровне процессов формирования отдельного кристалла оказывается связан с возможностью непосредственно химического участия наноразмерных частиц в гетерогенных процессах фазообразования гидратных соединений, что обеспечивает ускорение развития молекулярного кластера зародыша частицы. А такая возможность определяется как субстанциональным признаком, то есть химико-минералогическим составом вводимых наночастиц, так и геометрическим признаком, то есть повышенными значениями удельной площади их поверхности, отчего зависит их удельная поверхностная энергия. Отсюда именно и становится ясным вопрос о том, по каким признакам необходимо характеризовать и выбирать добавки для технологии наномодифицирования [4].

На стадии процесса роста частиц и накопления твердого вещества развитие кристаллов после их зародышеобразования реализуется как гетерогенный процесс, происходящий при уже сформированной границе раздела между исходной и новой фазами. На этой стадии морфология системы непрерывно изменяется вследствие закономерного развития явления **топологического отбора, в ходе которого среда разрушает и устраняет неупорядоченные формы и способствует образованию упорядоченных форм, состоящих из частиц с близкими геометрическими параметрами.**

Саморазвитие процесса определяется мерой отклонения системы от состояния термодинамического равновесия. Именно это выступает в качестве его движущей силы, приводя к перераспределению компонентов между питающей средой и растущим кристаллом. Последнее в конечном итоге становится фактором увеличения размера и изменения формы кристалла. На данной стадии посредством и вследствие наномодифицирования могут быть изменены такие параметры структуры, как коэффициент формы кристалла, количество вероятных точечных дефектов в единице объема кристалла (табл. 3, графа 5).

Рассмотрение основных концептуальных моделей (в количественной постановке вопроса) основывается для этой стадии на допущении, что после появления в момент времени $t=0$ в объеме V_0 центра кристаллизации рост новой фазы происходит изотропно с постоянной линейной скоростью v . Тогда к моменту времени $t=\tau$ объем, который будет занимать новая фаза, окажется равным:

$$V(t) = \frac{4\pi}{3} v^3 \tau^3. \quad (6)$$

Число центров кристаллизации, появляющихся в системе за время от τ до $\tau+d\tau$ при постоянстве скорости зарождения центров в единице объема, равно $L[V_0 - V(\tau)]d\tau$. К моменту времени $t > \tau$ общее приращение объема новой фазы только за счет центров, возникших в интервале времени от τ до $\tau+d\tau$, составит величину dV (табл. 3, графа 6). При этом концептуальная модель процесса роста частиц имеет вид:

$$\frac{V(t)}{V_0} = 1 - \exp\left[-\frac{\pi}{3} J_0 v t^4\right], \quad (7)$$

чему соответствует характерная сигмоидная кривая скорости накопления твердой фазы (рис. 2). Подвод вещества к растущему надкритическому зародышу осуществляется за счет диффузии (D) из окружающего раствора. Скорость роста зародыша (v) будет равна скорости увеличения его радиуса за счет молекул, осаждающихся на сферической поверхности зародыша. Поэтому можно записать, что скорость роста зародыша равна:

$$v = \frac{dr}{dt} = \frac{DV}{a^2} (r - r_{кр})(C - C_1), \quad (8)$$

где D — диффузия молекул из раствора; V — объем вещества в конденсированном состоянии; a — средний радиус частиц; r — радиус зародыша; $r_{кр}$ — критический радиус кристаллического зародыша; C — концентрация пересыщенного раствора; C_1 — концентрация насыщенного раствора.

Структурообразующее участие и модифицирующее влияние добавок наноразмерных модификаторов на стадии роста и накопления частиц связано в том числе и с каталитической ролью наноразмерных частиц как центров кристаллизации с соответствующим эффектом понижения энергетического порога этого процесса и ускорения его. Следует считать, что основным фактором управления на данной стадии является создание дополнительных центров кристаллизации, а это обеспечивается введением обоснованной дозы наноразмерных добавок оптимального размера и подходящей кристаллохимической структуры.

Дополнительно уместно указать, что для формирования необходимого размерного габитуса кристаллов целесообразно вводить определенные поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые могут избирательно блокировать рост отдельных их граней, тем самым влияя на их геометрию и способствуя образованию, например, длинномерных морфологических разностей, предопределяющих проявление в последующем эффектов самомикрoarмирования и упрочнения структуры цементующего вещества.

В эволюционном маршруте объективно наступает второй переход «рост частиц» — «агломерация», в результате чего система твердой фазы структурируется на уровне кристаллического сростка. На стадии процесса агломерации индивидуальных частиц твердой фазы имеет место пространственная их группировка посредством адгезии, в результате которой формируются более крупные по размерам «вторичные» частицы. Агломерация происходит путем связывания первичных частиц за счет слабых (приводящих к образованию агрегатов) или более сильных (приводящих к образованию агломератов) взаимодействий. При этом первичные частицы в агломерате и агрегате в значительной степени сохраняют свою исходную форму и размер. Именно последнее отличает агломерацию от перекристаллизации, когда рост более крупных частиц осуществляется за счет поглощения более мелких, то есть с изменением их формы и размера.

Стоит отметить, что при достижении момента предельного накопления твердого вещества процесс агломерации может продолжаться и протекать параллельно с процессами агрегации и перекристаллизации. В последнем случае, если перекристаллизация проходит в разбавленной системе разобленных кристаллов, то есть касается отдельно развивающихся кристаллов, имеет место растворение малоразмерных их разновидностей и разрастание за их счет крупноразмерных; если же перекристаллизация идет в концентрированной (в смысле числа кристаллов в единичном объеме) системе, то такая перекристаллизация совмещается с явлением агломерации и агрегирования частиц, приводящим к формированию кристаллитной структуры с определенным зонированием объема образующейся твердой фазы.

В управляемой агломерации объектом наномодифицирования является, таким образом, поликристаллический агломерат (агрегат), сросток с получением их характеристик и параметров соответственно целям, определяемым положениями структурной механики свойств материалов.

Остановимся на основных концептуальных моделях для рассматриваемой стадии. Движущей силой процесса агломерации является стремление системы к уменьшению площади границ раздела фаз. Внешняя площадь поверхности вторичной частицы равна [5]:

$$S'_{ар} = \pi \eta_f (D_0 - d_0)^2. \quad (9)$$

На этой поверхности агрегата располагаются первичные частицы в количестве:

$$N'_0 = S'_{ар} / \bar{s}_0 = 4 \eta_f \left(\frac{D_0}{d_0} - 1 \right)^2, \quad (10)$$

где $\bar{s}_0 = \pi d_0^2 / 4$ — проекция одной частицы на поверхность.

Отсюда можно перейти к соотношению для удельной площади поверхности агрегата ($S_{уд}$), контактирующей с жидкой фазой (табл. 3, графа 6). Соотношение учитывает зависимость $S_{уд}$ от линейного размера агрегата (D_0), диаметра наночастицы (d_0), плотности упаковки частиц в агрегате (η_f). Основываясь на этом, можно определить количество частиц, входящих в агрегат (N'_k), и изменение общей площади границы раздела фаз (ΔS). С уменьшением размера исходных частиц зародыша при наномодифицировании увеличивается количество выделяющейся энергии, что способствует интенсификации агломерации и сокращению продолжительности процесса. Процесс агломерации протекает в жидкой фазе растворителя, например воды, в которой присутствуют первичные частицы в определенном количестве. При этом структура растворителя, например фрактальная сетка воды, может задавать некую структуру при образовании вторичных частиц, агрегатов, агломератов; причем это будет непосредственно связано с энергетическими эффектами при агломерации. Энергия, высвобождающаяся при агломерации агрегата ($E_{агл}$), может складываться из энергии E_k , необходимой для преодоления сил сцепления между агломератами, энергетических затрат на смачивание образовавшейся поверхности агломерата E_s и преодоления сил сопротивления среды при перемещении агломерата E_c (табл. 3, графа 6).

К основному фактору наномодифицирования на данной стадии, таким образом, следует отнести специальное формирование фрактальной структурной сетки растворителя (жидкой фазы), поскольку это обуславливает изменение типа (механизма) физико-химической адсорбции на границе раздела фаз [6] (табл. 3, графа 7).

Следствием этого оказывается изменение критерия времени τ и энергоёмкости технологии $E_{нт}$.

Формирование указанной фрактальной сетки может быть достигнуто, например, введением наноразмерных и ультрадисперсных углеродосодержащих частиц, которые изначально физико-химически взаимодействуют с жидкой средой, например водой затворения, формируют упорядоченную каркасную ее структуру за счет водородных связей и ван-дер-ваальсовых взаимодействий (табл. 3, графа 8). Именно полученная структурная сетка задает необходимую геометрию кристаллитной структуры (количество и плотность упаковки агрегатов и кристаллитов), то есть обеспечивает ее изменение, влияющее в конечном итоге и на свойства кристаллического сростка (табл. 3, графа 9).

Образование структурированной жидкой фазы может опираться и на способ введения пластификаторов и суперпластификаторов (СП) как средств наномодифицирования. Их использование позволяет регулировать процесс агломерации кристаллов за счет изменения типа физико-химической адсорбции на границе раздела фаз (табл. 3, графа 8). Структурообразующее участие пластифицирующих добавок связано с механизмами, обеспечивающими изменение термодинамики и кинетики процесса, давая возможность регулирования размеров и формы агломерата, сростка, количества в них кристаллов и их контактов (табл. 3, графа 9).

Важно подчеркнуть, что процесс агломерации, вообще говоря, переводит структуру в ее эволюции из нанометрового в микрометровый размерный диапазон. При этом из отдельных кристаллов формируется структура, представленная фазами типичных минералого-морфологических разновидностей, заполняющих межзерновой объем в композите так, что образуется непрерывный пространственный каркас, составляющий в итоге связующее, цементирующее вещество, матрицу конгломератного материала.

В эволюционном маршруте между стадиями «агломерация» — «самопроизвольное и самоорганизованное структурообразование» развивается явление морфологического отбора, стимулированное приближением размера, формы, состояния частиц их агломератов, кристаллитов к равновесным. На стадии роста и агломерации возникающие образования отличаются неравномерностью состояния (в термодинамическом смысле), поэтому в самопроизвольном и самоорганизующемся структурообразовании их размер и форма изменяются так, чтобы обеспечивалась минимальность значений внутренней и поверхностной энергии системы. Морфологический отбор также определяет эволюционный переход структуры на новый уровень — уровень цементирующего вещества. Имеющее место модифицирование на уровне формирования цементирующего вещества затрагивает объемное соотношение кристаллической и аморфной фаз, то есть объемное соотношение морфологических разновидностей скрытокристаллической, волокнисто-игольчатой, пластинчато-призматической; оно изменяет также удельный объем кристаллических и гелевых пор. И это, безусловно, сопровождается эволюцией свойств композита.

Сущностно кинетика процессов на стадии самопроизвольного и самоорганизующегося структурообразования определяется, с одной стороны, тепло- и массообменом с питающей (внутренней и внешней) средой, а с другой — молекулярно-кинетическими явлениями на границе поверхность твердой фазы (или кристаллического сростка) — среда. Концептуальных моделей для описания механизма этого достаточно много. Из них уравнение В. Яндера в наших рассуждениях может быть применено в предположении, что лимитирующей стадией процесса выступает диффузия реагентов через слой продукта взаимодействия (dx/dt), а его диффузионные слои на поверхности зерен исходных компонентов яв-

ляются плоскими. При этом скорость формирования единой трехмерной кристаллической структуры определяется: толщиной слоя продукта кристаллизации (x); константами, зависящими от свойств реагентов и условий процесса (коэффициентов k_2, k_3, k_4 , характеризующих природу реагирующих веществ) и времени процесса (t) (табл. 4, графа 6). С учетом этого технологическим способом изменения термодинамики и кинетики процесса на данной стадии может выступать регулирование режимов температурной обработки.

Складывающаяся морфология цементирующего вещества определяется изменением морфологического параметра (Δ/l) в начальный период кристаллизации единой трехмерной кристаллической структуры. Она зависит от ряда факторов: начальной длины (l) и объема (V) твердой фазы, их изменения (Δl) и (ΔV) за время t ; радиуса частицы твердой фазы (r); поверхностного натяжения на границе жидкость — твердая фаза (σ); вязкости жидкой фазы (η). В результате модифицирующего воздействия можно: 1) добиться изменения состояния межкристаллитной поверхности системы; 2) способствовать образованию дополнительных видов границ раздела; 3) сформировать упорядоченные структуры твердения с плотной упаковкой кристаллов с соответствующим изменением структуры пористости кристаллического сростка.

На стадии самопроизвольного и самоорганизующегося структурообразования последствия нанотехнологического модифицирования, предпринятого на предшествующих стадиях, будут проявляться опосредованно. Например, это может относиться к явлению зонирования структуры твердения. Микрообъемы структуры твердения будут оказываться в поле энергетического, термодинамического влияния вводимых наноразмерных частиц добавок, что может сопровождаться формированием организованной структуры как системы кристаллитов из гидратных фаз (организованной с точки зрения геометрии зон, меры их дробности, однородности размещения в объеме связующего вещества). Все это может контролироваться, и с учетом этого предпринятые на предыдущих стадиях нанотехнологические воздействия могут корректироваться.

Заключение

Систематизация и анализ основных концептуальных моделей кинетики гетерогенных процессов структурообразования позволили представить явления зарождения фазы, роста частиц, их агломерации, самопроизвольного и самоорганизованного превращения во времени как предмет и цель нанотехнологического управления.

Рассмотрение моделей структурообразования во взаимосвязи с закономерностями механики проявления свойств конгломератных композитов позволило определить подходы к обоснованию условий наномодифицирующего воздействия на кинетику и энергетику структурообразования на нано- и микроуровнях с соответствующими эффектами изменения и регулирования структуры и как следствия этого свойств систем твердения и композитов.

Представлены факторы прямого наномодифицирования структурных элементов на уровне индивидуальных кристаллов и кристаллического сростка. Показано, что их действие на уровне структуры цементирующего вещества является опосредованным и состоит в изменении объемного соотношения в нем морфологических разновидностей, зонировании и кластеризации микроструктуры.

Представленные концептуальные модели наномодифицирования структуры определяют возможность перехода к научно обоснованному решению прикладных задач повышения эффективности технологий и качества композиционных строительных материалов.

Список литературы

1. Артамонова О.В., Чернышов Е.М. Концепции и основания технологий наномодифицирования структур строительных композитов. Часть 1: Общие проблемы фундаментальности, основные направления исследований и разработок // *Строительные материалы*. 2013. № 9. С. 82–95.
2. Чернышов Е.М. Нанотехнологические исследования строительных композитов: общие суждения, основные направления и результаты // *Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал*. 2009. № 1. С. 1–15. http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2009.pdf
3. Чернышов Е.М., Дьяченко Е.И., Makeev A.I. Неоднородность структуры и сопротивление разрушению конгломератных строительных композитов: вопросы материаловедческого обобщения и развития теории: Монография. Воронеж: ВГАСУ. 2012. 98 с.
4. Коротких Д. Н., Артамонова О.В., Чернышов Е.М. О требованиях к наномодифицирующим добавкам для высокопрочных цементных бетонов // *Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал*. 2009. № 2. С. 42–49. http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2009.pdf
5. Королев Е.В., Кувшинова М.И. Параметры ультразвука для гомогенизации дисперсных систем с наноразмерными модификаторами // *Строительные материалы*. 2010. № 10. С. 85–88.
6. Пухаренко Ю.В., Аубакирова И.У., Никитин В.А., Староверов В.Д. Структура и свойства наномодифицированных цементных систем // *Международный конгресс «Наука и инновации в строительстве «SIB-2008». Современные проблемы строительного материаловедения и технологии*. Воронеж. 2008. Т. 1. Кн. 2. С. 424–429.

References

1. Artamonova O.V., Chernyshov E.M. Concepts and bases of technologies of nanomodification of building composite structures. Part 1. General problems of fundamentality, main direction of investigations and developments. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 9, pp. 82–85. (In Russian).
2. Chernyshov E.M. Nanotechnology research building composites: general propositions, main directions and results. *Nanotekhnologii v stroitel'stve: nauchnyi internet-zhurnal*. 2009. No. 2, pp. 1–15. http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2009.pdf. (In Russian).
3. Chernyshov E.M., D'yachenko E.I., Makeev A.I. Neodnorodnost' struktury i soprotivlenie razrusheniyu konglomeratnykh stroitel'nykh kompozitov: voprosy materialovedcheskogo obobshcheniya i razvitiya teorii: monografiya [Heterogeneity of the structure and fracture resistance conglomerate construction composites: synthesis and materials science questions of the theory: a monograph]. Voronezh: VGASU. 2012. 98 p.
4. Korotkikh D. N., Artamonova O.V., Chernyshov E.M. On the requirements for nano-modifying additives for high-strength cement concrete. *Nanotekhnologii v stroitel'stve: nauchnyi internet-zhurnal*. 2009. No. 2, pp. 42–49. http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2009.pdf. (In Russian).
5. Korolev E.V., Kuvshinova M.I. Ultrasound parameters for the homogenization of disperse systems with nanoscale modifiers. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 10, pp. 85–88. (In Russian).
6. Pukharenko Yu.V., Aubakirova I.U., Nikitin V.A., Staroverov V.D. Structure and properties of nano-modified cement systems. *International Congress «Science and Innovation in Construction «SIB-2008». Modern problems of building materials and technologies*. Voronezh. 2008. Vol. 1. Book. 2, pp. 424–429. (In Russian).

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Математическое моделирование динамической прочности конструкционных материалов

Белов Н.Н., Копаница Д.Г., Югов Н.Т.
 М.: АСВ, 2013. 562 с.

В книге представлен курс лекций по математическому моделированию поведения при взрывном и ударном нагружении сред сложной структуры с учетом больших деформаций, неупругих эффектов, фазовых превращений, в том числе полиморфных, и разрушения. В нем изложены общие понятия механики сплошной среды и ее простейшие модели, приведены некоторые сведения из решения уравнений в частных производных гиперболического типа, рассмотрены ударно-волновые явления в твердых деформируемых телах и предложены математические модели, позволяющие в рамках механики сплошной среды рассчитывать напряженно-деформированное состояние и разрушение в конструкционных материалах (металлах, сплавах, полимерах, керамике, металлокерамике, бетоне, железобетоне и т.д.) при ударно-волновом нагружении.

Книга предназначена для студентов и аспирантов технических университетов, занимающихся вопросами динамической прочности твердых тел.

Полимерные композиционные материалы

Бобышев А.Н., Ерофеев В.Т., Козомазов В.Н.
 М.: АСВ, 2013. 480 с.

В учебном пособии приведен анализ кластерных, решеточных и каркасных структур композитных материалов с учетом основных положений синергетики – новой научной дисциплины, связанной с изучением самоорганизующихся временных и пространственных образований в сложных неупорядоченных системах различной природы, а также гидродинамики, теплофизики и механики композитных материалов. Настоящее издание предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по строительным специальностям, а также может быть использовано для расширения кругозора аспирантов, научных, инженерно-технических работников, специализирующихся в области полимерного материаловедения и технологий получения полимерных композитных материалов.

В.Н. МОРГУН¹, канд. техн. наук; Л.В. МОРГУН², д-р техн. наук

¹ Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета (344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42)

² Ростовский государственный строительный университет (344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162)

Структура межпоровых перегородок в пенобетонных смесях

Перечислены особенности массопереноса дисперсных частиц газовой и твердой фаз при перемешивании сырьевых компонентов пенобетонных смесей. Рассмотрены особенности массопереноса в вязкопластичных структурах полученных материалов в зависимости от формы компонентов твердой фазы. Дан анализ влияния гидратационных процессов, протекающих между минеральным вяжущим и водой, на агрегативную устойчивость полученных смесей. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что скорость формирования кластеров, из которых формируются межпоровые перегородки пенобетонов, зависит от формы дисперсных компонентов твердой фазы. Наличие волокнистых включений (фибры) предопределяет повышение агрегативной устойчивости смесей за счет сокращения периода формирования прочных связей между обводненными частицами твердой дисперсной фазы.

Ключевые слова: пенобетон, фибропенобетон, армирование, межпоровые перегородки, структурообразование.

V.N. MORGUN¹, Candidate of Sciences (Engineering); L.V. MORGUN², Doctor of Sciences (Engineering)

¹ Academy of Architecture and Arts of the Southern Federal University (105/42, Bolshaya Sadovaya Street, Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation)

² Rostov State University of Civil Engineering (162, Sotsialisticheskaya Street, Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation)

Structure of interporous partitions in foam concrete mixes

Features of the mass transfer of disperse particles of gas and solid phases in the course of mixing of raw components of foam concrete mixes are specified. Features of the mass transfer in viscous-plastic structures of the obtained materials in dependence on the form of components of the solid phase are considered. An analysis of the influence of the hydration process which takes place between the mineral binder and water on the aggregative stability of obtained mixes is made. It is theoretically substantiated and experimentally confirmed that the speed of formation of clusters which form interporous partitions depends on the form of disperse components of the solid phase. The presence of fibrous inclusions (fibre) leads to increasing the aggregative stability of mixes due to the shortening of the period of formation of strong ties between the watered particles of the solid disperse phase.

Keywords: foam concrete, fibrous foam concrete, reinforcement, interporous partitions, structure formation.

Прочность и эксплуатационная надежность строительных материалов из газонаполненных бетонов предопределяет эффективность их применения в строительстве. В свою очередь, параметры перечисленных свойств управляются вещественным составом и мерой пористости межпоровых перегородок, которые формируются преимущественно в результате массопереноса при перемешивании сырья и в период фазового перехода от вязкого к твердому.

В технологии пенобетонов при перемешивании сырьевых компонентов осуществляется насыщение смесей дисперсной газовой фазой и перевод значительной части воды затворения из свободного в физически связанное состояние по отношению к дисперсным частицам (газовым и твердым) [1].

В свежешелюженных пенобетонных смесях, когда упругие связи, обуславливаемые гидратацией цемента, еще не получили развития, агрегативная устойчивость элементов структуры, полученных в результате газозавлечения, обеспечивается комплексом слабых взаимодействий, в основном электростатическими силами, и весьма незначительно — капиллярными. Поскольку радиус энергетического взаимодействия поверхностных сил дисперсных частиц твердой фазы составляет всего 0,8–2 нм [2], сразу после завершения перемешивания и укладки смесей в формы под действием как поверхностных, так и гравитационных сил в полученной структуре формируется сложное поле напряжений. В результате частицы зернистой твердой фазы стремятся к оседанию, а газовой — к всплыванию. Полезная работа жидкой фазы рассматриваемой дисперсной системы заключается в сохранении структуры, сформированной при перемешивании.

Параллельно с описанными процессами в результате гидратации минералов цементного вяжущего объем межчастичной воды уменьшается. Следовательно, в ней повышается концентрация поверхностно-активных ве-

ществ (ПАВ) и уменьшается вязкость жидкой фазы. Ослабление вязких связей особенно опасно для тех межпоровых перегородок, которые расположены перпендикулярно направлению действия гравитационных сил. Тогда даже незначительное перемещение в пространстве частиц твердой фазы в сочетании с коалесценцией [3] инициирует слияние мелких пор в более крупные, что может привести к расслоению смеси и существенному снижению прочности затвердевшего бетона. Снижение упругости водных пленок ПАВ не оказывает структурно выраженного отрицательного влияния на затвердевающую пенобетонную смесь только тогда, когда скорость формирования кристаллического сроска в ней оказывается выше скорости снижения упругости водных пленок и дисперсная система в течение всего периода фазового перехода из вязкого в твердое сохраняет агрегативную устойчивость.

Известно, что межпоровые перегородки пеносмесей обретают способность фиксировать геометрию газовой фазы только после того, как достаточное количество вязких контактов между частицами твердой фазы будут заменены упругими. Факт такой замены научно обоснован флокуляцией дисперсных частиц твердой фазы в результате образования фракталов и кластеров [4], а экспериментально фиксируется величиной пластической прочности. Величина поверхностной энергии дисперсных частиц твердой фазы управляет формированием межфазных границ в структуре межпоровых перегородок и, как следствие, свойствами материала после его отвердевания. Известно [5], что величина межчастичного взаимодействия зависит от формы частиц:

$$F = - \frac{A \cdot r}{m \cdot H^n},$$

где, F — сила взаимодействия между частицами; H — расстояние между частицами; A — константа, характеризующая суммарное действие ориентационного и дис-

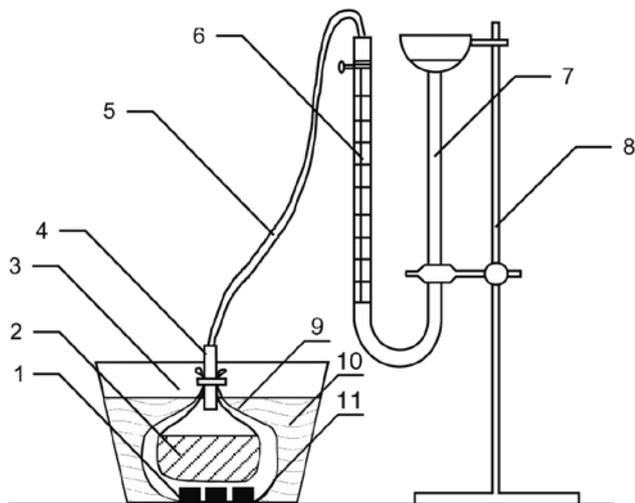


Рис. 1. Схема прибора для оценки способности пенобетонных смесей удерживать вовлеченную при перемешивании газовую фазу: 1 – грузы для фиксации емкости; 2 – емкость со смесью; 3 – сосуд для воды; 4 – пробка со стеклянной трубкой; 5 – гибкий шланг; 6 – мерная шкала; 7 – U-образная трубка; 8 – штатив; 9 – гибкая емкость для бетонной смеси; 10 – вода; 11 – гибкая емкость для грузов

персионного факторов; g – размер частицы; m , n – коэффициенты (при взаимодействии шарообразных частиц $m=12$, $n=2$; шарообразной и протяженной – $m=6$, $n=2$).

Поэтому можно полагать, что силы сцепления между дисперсными частицами твердой фазы, развивающиеся в структуре межпоровых перегородок пено- и фибропенобетонных смесей, будут различаться. Следствием этого развития в силу того, что линейные размеры фибры примерно в 1000 раз больше ее поперечного сечения и дисперсных частиц вяжущего, станет ускоренное формирование кластеров из обводненных дисперсных частиц [6] по сравнению со структурой пенобетонных смесей. Агрегаты зернистых частиц твердой фазы в межпоровых перегородках дисперсно-армированных пеносмесей по длине будут соответствовать армирующим волокнам. А в сечении, перпендикулярном длине фибры, плотность упаковки частиц будет убывать [4] по мере удаления от поверхности дисперсной арматуры.

Кроме того, Б. Мандельбротом [7] установлено, что форма, размеры и прочность кластеров зависят от особенностей сборки в них дисперсных частиц. По его мнению, в полидисперсных системах, а к ним, по нашему мнению, относятся любые бетонные смеси, сборка кластеров происходит методом реструктуринга. Он отличается тем, что после образования нежесткого контакта жесткие кластеры поворачиваются вокруг точки контакта до тех пор, пока не образуются контакты в трех точках, обеспечивающих получение прочных связей. Плотность и устойчивость любой кластерной структуры к воздействию внешних нагрузок зависит от траектории движения зернистых частиц к кластеру и способа его сборки.

Поскольку мелкие частицы зернистой твердой фазы перемещаются к поверхности фибры быстрее крупных и с меньшими затратами энергии, то составляющие фрактальных кластеров за счет более тонких сольватных оболочек упаковываются плотнее, чем это происходит в пеносмесях, где нет протяженных поверхностей раздела фаз. Так как толщина пленочных оболочек вокруг частиц твердой фазы предопределяет плотность кластера [4], величина и скорость формирования упругих связей в цементном вяжущем в пено- и фибропенобетонной смеси должны различаться [6]. А следствием повышения агрегативной устойчивости станет повышенная прочность межпоровых перегородок движению

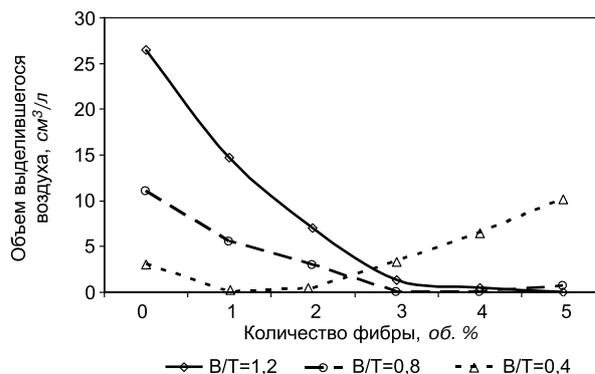


Рис. 2. Влияние дисперсного армирования на газодерживающие свойства пенобетонных смесей

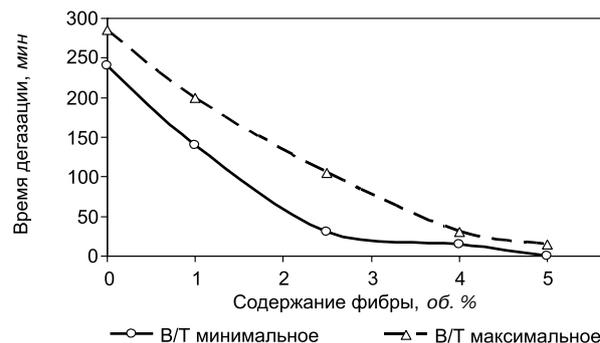


Рис. 3. Продолжительность утраты газовой фазы пеносмесями в зависимости от содержания фибры

газовой фазы в направлении выталкивающей силы. Экспериментально сформулированный тезис подтвержден следующим образом.

Была изготовлена специальная установка (рис. 1), конструкция которой обеспечивала возможность контроля потерь вовлеченного пеносмесью воздуха с точностью до 0,1 мл. Объем каждой исследуемой пробы смеси составлял 1500 мл. Наблюдение за процессом утраты газовой фазы пеносмесями осуществляли в течение 6 ч, их плотности составляли от 400 до 1000 кг/м³. Емкость с пенобетонной смесью 9 закрепляли внутри сосуда с водой 3 таким образом, чтобы она полностью находилась в воде. Положение емкости в сосуде с водой регулировали с помощью грузов 1, для того чтобы утрачиваемая газовая фаза вынуждена была перемещаться в U-образную трубку 7. По шкале 6 U-образной трубки осуществляли отсчет объема газовой фазы, утрачиваемой при переходе смесей из вязкого в упругопластичное состояние.

В ходе эксперимента фиксировали:

- плотность смесей;
- пластическую прочность в момент укладки смесей в полиэтиленовый сосуд;
- температуру.

Полученный результат свидетельствует о конструктивном и весьма значимом влиянии дисперсного армирования на плотность структуры межпоровых перегородок. Из рис. 2 следует, что пеносмеси, не содержащие фибры, удерживают вовлеченный воздух в довольно узком диапазоне V/T , от 0,4 до 0,55. А фибропеносмеси при максимальном насыщении дисперсной арматурой способны сохранять газовую фазу в интервале водосохранения от 0,45 до 1. Расширение интервала водосохранения в 3,5 раза свидетельствует о том, что агрегаты дисперсных частиц, составляющие межпоровые перегородки, более плотные и прочные. В этот период структура межпоровых перегородок еще не имеет прочных кристаллических связей между дисперсными компонентами сырья.

Кроме того, из анализа данных, приведенных на рис. 3 следует, что пенобетонные смеси без дисперсной арматуры теряли газовую фазу в течение длительного периода, достигающего 5 ч. То есть структура межпоровых перегородок таких бетонов подвергалась перестройке в результате ударного (флуктуационного) воздействия коалесценции, до тех пор пока упруговязкие связи новообразований цементного вяжущего не достигли достаточной прочности. В фибропенобетонных смесях возможность потерь газовой фазы длилась не

более 2,5 ч. Такое сокращение продолжительности пребывания вязких связей свидетельствует об ускоренном формировании упругопластичных.

На основании изложенного можно заключить, что научное обоснование и экспериментальная оценка влияния дисперсного армирования на проницаемость межпоровых перегородок в пенобетонных смесях показали эффективность применения синтетической дисперсной арматуры для улучшения эксплуатационных свойств пенобетонов.

Список литературы

1. Моргун В.Н. Особенности эволюции ПАВ в пенобетонных смесях // *Строительные материалы*. 2007. № 9. Наука. № 10. С. 20–21.
2. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. *Поверхностные силы*. М.: Наука, 1985. 398 с.
3. Моргун В.Н. Теоретическое обоснование закономерностей конструирования структуры пенобетонов // *Материалы международного конгресса «Наука и инновации в строительстве SIB-2008»*. Том 1. *Современные проблемы строительного материаловедения и технологии*. Книга 1. Воронежская ГАСА. 2008. С. 333–337.
4. Смирнов Б.М. *Физика фрактальных кластеров*. М.: Наука, 1991. 136 с.
5. Зимон Я.С. *Адгезия пыли и порошков*. М.: 1963. 416 с.
6. Моргун В.Н. Влияние формы компонентов на интенсивность межчастичных взаимодействий в пенобетонных смесях // *Технологии бетонов*. 2009. № 2 (31). С. 64–66.
7. Mandelbrot B. *Les Objects Fractal*. France. Flammanon. 1995. 200 p.

References

1. Morgun V.N. About nanoscale features of the evolution of surfactants in foam concrete mixes. *Stroitel'nye materialy*. 2007. No. 9. *Supplement Nauka*. № 10, pp. 20–21. (In Russian).
2. Deryagin B.V., Churaev N.V., Muller V.M. *Poverkhnostnye sily* [The surface forces]. Nauka. Moscow: 1985. 398 p.
3. Morgun V.N. Theoretical substantiation of foam concrete structure design patterns. *Materials of the international congress «Science and Innovation in the construction of SIB-2008»*. Voronezh. 2008. Vol. 1, pp. 333–337.
4. Smirnov B.M. *Fizika fraktal'nykh klasterov* [Physics of fractal clusters]. Nauka. Moscow: 1991. 136 p.
5. Zimon Ya.S. *Adgeziya pyli i poroshkov* [Adhesion of a dust and powders]. Moscow: 1963. 416 p.
6. Morgun V.N. Influence of the form components on the intensity of interparticle interactions in foam concrete mixes. *Tekhnologii betonov*. 2009. No 2(31), pp. 54–66. (In Russian).
7. Mandelbrot B. *Les Objects Fractal*. Flammanon. France: 1995. 200 p.



Министерство архитектуры и строительства РБ
Союз строителей РБ, Институт НИИСМ, Институт БелНИИС
журнал «Архитектура и строительство»
НПООО «Стринко»

**VIII Международная научно-практическая конференция
ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ
ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ**

11–13 июня 2014 г.

Минск и Могилев, Республика Беларусь

**Программой конференции предусмотрено посещение
ЗАО «Могилевский КСИ»**

Оргкомитет:

Республика Беларусь, 220005, г. Минск, ул. Платонова, 22, оф. 305
Тел./факс: (+375 17) 292 49 56, 292 79 43, 292 79 44; моб.: (+375 29) 611 66 20
E-mail: bsr@telecom.by www.ais.by

УДК 691. 175.746

В.И. ЛОГАНИНА¹, д-р техн. наук, С.Н. КИСЛИЦЫНА¹, канд. техн. наук;
И.В. ЖЕРНОВСКИЙ², канд. геол.-мин. наук; М.А. САДОВНИКОВА¹, инженер

¹ Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28)

² Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46)

Структура и свойства синтезированных алюмосиликатов*

Предложена в качестве структурирующей добавки в известковых сухих строительных смесях добавка на основе синтезированных алюмосиликатов, полученных из жидкого стекла в присутствии сульфата алюминия. Определено оптимальное соотношение компонентов, pH смеси, плотность и модуль жидкого стекла. Установлен фазовый и минералогический состав добавки. Приведены сведения о закономерностях структурообразования известковых композиций с добавками синтезированных алюмосиликатов. Показано, что введение добавок алюмосиликатов способствует ускорению набора прочности. Выявлена высокая активность алюмосиликатов, составляющая более 350 мг/г. Установлено увеличение количества химически связанной извести в известковых композитах в присутствии синтезированных алюмосиликатов, повышение прочности при сжатии известковых на 27,93–52,72%.

Ключевые слова: известковые сухие строительные смеси, синтез алюмосиликатов, структурообразование, прочность.

V.I. LOGANINA¹, Doctor of Sciences (Engineering), S.N. KISLITSYNA¹, Candidate of Sciences (Engineering);

I.V. ZHERNOVSKY², Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy); M.A. SADOVNIKOVA¹, Engineer

¹ Penza State University of Architecture and Civil Engineering (28, Germana Titova Street, 440028, Penza, Russian Federation)

² Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (46, Kostyukova Street, 308012, Belgorod, Russian Federation)

Structure and properties of synthesised aluminosilicates¹

An additive in dry lime building mixes on the basis of synthetic aluminosilicates synthesized from liquid glass in the presence of aluminium sulphate is proposed as a structuring additive. Optimum ratio of the components, pH of mix, density and module of liquid glass are determined. Phase and mineralogical compositions of the additive are established. Information on regularities of the structure formation of lime compositions with additives of synthesised aluminosilicates is presented. It is shown that supplementation of aluminosilicates contributes to accelerated strengthening. High activity of aluminosilicates, more than 350 mg/g, is revealed. The increase in the quantity of chemically combined lime in lime compositions in the presence of synthesised aluminosilicates, increase in durability of lime compositions under compression by 27,93–52,72% are established.

Keywords: dry lime building mixes, synthesis of aluminosilicates, structure formation, durability.

Проведенные ранее исследования подтвердили эффективность применения в известковых сухих строительных смесях синтезированных гидросиликатов кальция [1–2]. В целях расширения номенклатуры наполнителей для создания известковых композиционных вяжущих проведены исследования по разработке технологии синтеза алюмосиликатных наполнителей [3].

Синтез алюмосиликатов заключался в их осаждении из раствора сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$ добавлением силиката натрия с последующим промыванием водой осадка. При разработке технологии синтеза алюмосиликатной добавки исследовалось влияние модуля жидкого стекла, pH раствора сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$, pH фильтрата. Синтез осуществлялся в кислой среде.

Установлено, что при pH раствора сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3 \geq 5$, осадка не образуется (табл. 1). Минимальный выход синтезированного продукта составляет 33,12% и наблюдается при pH=3, а максимальный выход (45,87%) – при pH = 1,5. Увеличение модуля жидкого стекла с 2,69 до 2,88 приводит к увеличению выхода готовой продукции с 44,76 до 45,87%.

Синтезированные цеолиты характеризуются высокой активностью, составляющей более 350 мг/г [4]. Удельная поверхность порошка, определенная методом БЭТ, $S_{уд} = 86,5 \pm 3,5$ м²/г.

Химический и фазовый состав синтезируемого продукта определяется на рентгеновской станции ARL 9900 X-ray WorkStation (Thermo Scientific) на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова. Химический состав представлен в табл. 2.

Рентгеновские дифракционные спектры получены с использованием $\lambda CoK_{\alpha 1,2}$ излучения, интервал углов дифракции $2\theta = 12-80^\circ$, шаг сканирования $0,02^\circ$.

Выявлено, что рентгенограмма синтезируемого порошка характеризуется наличием селективных дифракционных отражений и выраженного структурированного фона (диффузного гало). На основе рентгенометрической диагностики, выполненной при помощи базы PDF 2 Интернационального центра дифракционных данных (ICDD) с использованием программы SearchMatch v.2, установлено, что кри-

Таблица 1

pH раствора сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$	Модуль жидкого стекла	pH фильтрата	Активность наполнителя, мг/г	Выход готового продукта, %
5	2,69	–	–	–
3	2,69	9	>350	41,9
1,5	2,69	9	>350	38,9
5	2,88	–	–	–
3	2,88	9	>350	34
1,5	2,88	9	>350	42,9
5	2,69	–	–	–
3	2,69	5	>350	40,48
1,5	2,69	5	>350	44,76
5	2,88	–	–	–
3	2,88	5	>350	33,12
1,5	2,88	5	>350	45,87

* Работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части.

* This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the base portion.

Химический состав синтезированного материала (вес. %)									
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	SO ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Σ
55,45	21,24	13,91	8,91	0,023	0,038	0,11	0,15	0,03	99,861

сталлизованная часть синтезированного материала представлена тенардитом – ромбической модификацией сульфата натрия Na₂SO₄ (PDF 70–1541). Кроме того, слабое отражение на 2θ=21,29° было отнесено к гиббситу (PDF 70-2038) [5].

Для однозначной идентификации продуктов синтеза использовался полнопрофильный метод количественного рентгенофазового анализа с применением программы DDM ver. 1.95c, в которой наряду с ритвельдовским реализован алгоритм Derivative Difference Minimization [6]. Этот алгоритм основан на минимизации локальных производных разностной кривой экспериментального и рассчитанного дифракционного спектра и избавляет от аппроксимационного или численного описания фоновой составляющей рентгенограммы.

Структурные данные для модельных минеральных композиций были использованы из интернациональной базы структурных данных (ICSD).

На рис. 1 приведен результат количественного РФА в варианте расчета концентраций кристаллических фаз.

Концентрация аморфной фазы была определена полнопрофильным РФА с внутренним эталонированием (рис. 2). В качестве эталона использовался анатаз в концентрации 30 вес. %.

Полученные результаты согласуются с данными химического анализа:

$$C_{\text{Аморф.}} \cong \sum_i C_i - (C_{\text{Na}_2\text{O}} + C_{\text{SO}_3}) = 77,2 \text{ вес. \%} \quad (1)$$

Отдельного рассмотрения требует вопрос о структурной природе полученной аморфной фазы алюмосиликатного состава. Согласно [6] характеристикой, определяющей структурный мотив кремнезема в аморфных фазах, может являться отношение Si/O, определяемое как степень связности кремнезема в силикатных кластерах стеклофазы:

$$f_{\text{Si}} = \frac{V_{\text{SiO}_2}}{V_{\text{Me}_2\text{O}} + V_{\text{MeO}} + 3V_{\text{Me}_2\text{O}_3} + 2V_{\text{MeO}_2} + 5V_{\text{Me}_2\text{O}_5}}, \quad (2)$$

где ν – молярная концентрация оксидов.

В данном случае $\nu=0,5$. Это свидетельствует о каркасной структуре кремнеземных кластеров в аморфном материале. На данном этапе исследований можно предположить, что аморфная фаза представляет собой агрегат наноразмерных кристобалитоподобных кристаллитов. В частности, применение α-кристобалита в качестве структуры-аппроксиманта [7] для описания дифракционного спектра от аморфной фазы показало хорошее согласование с концентрационными значениями, полученными методом внутреннего стандарта (рис. 3).

Для изучения закономерностей влияния синтезированных наполнителей на свойства известковых композитов изготавливались образцы на известии 1-го сорта с активностью 84,4%. Содержание цеолита составляло 10% от массы известии. Готовились составы с водоизвестковым отношением В/И=1/1. Образцы твердели в воздушно-сухих условиях при температуре 18–20°С и относительной влажности воздуха 60–70%.

Установлено, что количество химически связанной известии в контрольных образцах в возрасте 28 сут воздушно-сухого твердения составляет 46,5%, а с применением синтезированных цеолитов 50,03–55,28%.

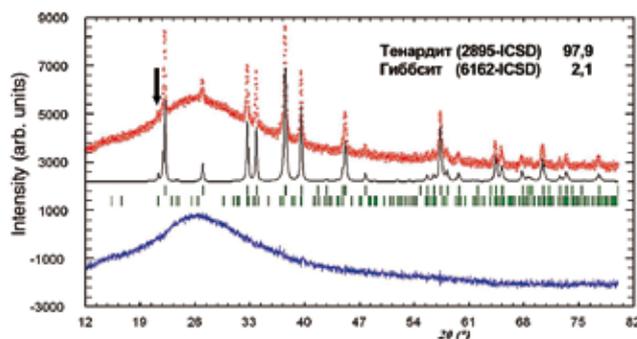


Рис. 1. Расчет концентрации кристаллических фаз. Стрелкой обозначено отражение (002) гиббсита

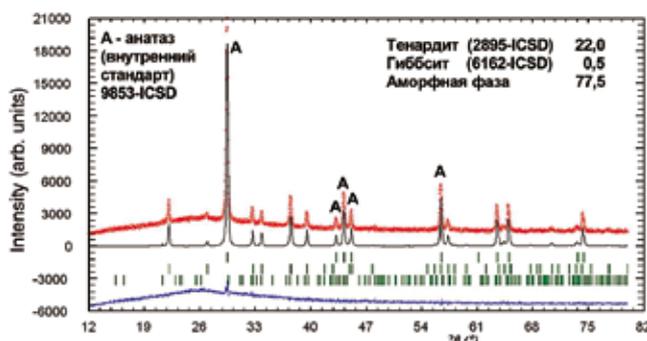


Рис. 2. Результат полного количественного РФА материала.

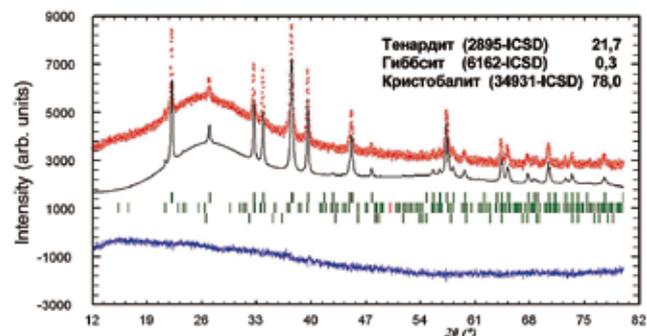


Рис. 3. Результат аппроксимации аморфной фазы наноразмерным α-кристобалитом

Активность цеолитов оценивалась также по показателю прочности при сжатии известковых композиций в зависимости от режима их синтеза.

Анализ экспериментальных данных свидетельствует, что применение цеолитов, синтезированных при рН сульфата алюминия Al₂(SO₄)₃, равном 1,5, приводит к повышению прочности при сжатии известковых образцов в возрасте 90 сут твердения на 27,93–52,72% по сравнению с образцами на основе контрольных составов (без цеолитов).

Результаты исследований свидетельствуют, что композиционное вяжущее, состоящее из известии-пушонки и синтезированных цеолитов в количестве 10% от массы известии, обладает большей водостойкостью по сравнению с известью-пушонкой. Так, коэффициент размягчения образцов, приготовленных на композиционном вяжущем, составляет K_{разм}=0,68–0,71, а на известии-пушонке – 0,31.

Проведенные исследования подтверждают перспективность применения синтетических цеолитов в известковых композитах.

Список литературы

1. Логанина В.И., Макарова Л.В., Кислицына С.Н., Сергеева К.А. Повышение водостойкости покрытий на основе известковых отделочных составов // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2012. № 1 (637). С. 41–47.
2. Логанина В.И., Макарова Л.В., Сергеева К.А. Свойства известковых композитов с силикатсодержащими наполнителями // *Строительные материалы*. 2012. № 3. С. 30–35.
3. Логанина В.И., Кислицына С.Н., Макарова Л.В., Садовникова М.А. Реологические свойства композиционного известкового вяжущего с применением синтетических цеолитов // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2013. № 4. С. 37–42.
4. Волженский А.В., Стамбулко В.И., Ферронская А.В. *Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, бетоны и изделия*. М.: Стройиздат, 1971. 324 с.
5. Пушаровский Д.Ю. *Рентгенография минералов*. М.: Геоинформмарк, 2000. 288 с.
6. Solovyov L.A. Full-profile refinement by derivative difference minimization. *Journal of Applied Crystallography*. 2004. No. 37. Pp.743–749.
7. Аппен А.А. *Химия стекла*. Л.: Химия, 1974. 352 с.
8. Жерновский И.В., Строкова В.В., Мирошников Е.В., Бухало А.Б., Кожухова Н.И., Уварова С.С. Некоторые возможности применения полнопрофильного РФА в задачах строительного материаловедения // *Строительные материалы*. 2010. № 3. С. 102–105.

References

1. Loganina V.I., Makarova L.V., Kislicina S.N., Sergeeva K.A. Increase the water resistance of coatings based on lime finishing compositions. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo*. 2012. No. 1 (637), pp. 41–47. (In Russian).
2. Loganina V.I., Makarova L.V., Sergeeva K.A. Properties of composites with lime silicate-containing fillers. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 3, pp. 30–35. (In Russian).
3. Loganina V.I., Kislicyna S.N., Makarova L.V., Sadovnikova M.A. Rheological properties of the calcareous cementitious composite with synthetic zeolite. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo*. 2013. No. 4, pp. 37–42. (In Russian).
4. Volzhenskij A.V., Stambulko V.I., Ferronskaya A.V. *Gipsotsementno-puttsolanovye vyazhushchie, betony i izdeliya* [Gypsum cement-pozzolanic binders and concrete products]. M.: Stroizdat. 1971. 324 p.
5. Pushcharovskii D.Yu. *Rentgenografiya mineralov* [Roentgenography of minerals]. M.: Geoinformmark. 2000. 288 p.
6. Solovyov L.A. Full-profile refinement by derivative difference minimization. *Journal of Applied Crystallography*. 2004. No. 37, pp. 743–749.
7. Appen A.A. *Himija stekla* [Chemistry of glass]. Leningrad: Khimiya, 1974. 352 p.
8. Zhernovskij I.V., Stroikova V.V., Miroshnikov E.V., Buhalo A.B., Kozhuhova N.I., Uvarova S.S. Certain Possibilities to Use the Complete XPA in Tasks of Building Materials Science. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 3, pp. 102–105. (In Russian).

НОВОСТИ

ОПИН и Wienerberger изобрели кирпич

Девелоперская группа ОПИН (Москва) совместно с концерном Wienerberger разработали эксклюзивный сорт кирпича и назвали его RUBLEVO2, а также договорились о поставке в Россию рекордного объема – 2,8 млн штук. Это один из самых крупных проектов в России за всю новейшую историю рынка недвижимости и первый проект, где используется кирпич из элитной коллекции «Design Line», имитирующей старинный кирпич XIX–XX в. (новый тренд в европейской архитектуре).

Кирпич для ЖК «Парк Рублево» производится из специально подобранной высококачественной тугоплавкой глины. Заново созданная и настроенная производственная площадка (завод расположен на Северо-Западе Германии в Нижней Саксонии) позволяют произвести необходимый объем в 2,8 млн кирпича всего за 4 месяца. Технология производства имеет вековые традиции, что позволяет получать интересные оттенки и высокое качество материалов. При создании кирпича используется ручная сортировка, чтобы добиться именно того оттенка, который нужен заказчику. При высокой температуре обжига получают минимальное водопоглощение (не более 4%) и высокую прочность M950. Качество каждого кирпича при этом также проверяется вручную.

Начало работ по баварской кладке немецкого натурального кирпича в ЖК «Парк Рублево» начнется в мае 2014 г.

По материалам
информационного агентства «INFOLine»

Holcim и Lafarge объявили о слиянии

Швейцарская компания Holcim, крупнейший в мире производитель цемента, и ее основной французский конкурент, Lafarge объявили о слиянии. В распространенном сообщении компании Holcim, штаб-квартира которой расположена в швейцарском Санкт-Галлене, сказано будет произведено «на равных основаниях». Совокупный объем продаж новой компании предполагается на уровне 39 млрд франков (32 млрд евро) в год при чистой прибыли в 8 млрд франков (6,5 млрд евро) в год. При этом синергия от объединения оценивается в течение ближайших трех лет на уровне 1,4 млрд евро. Главой LafargeHolcim станет нынешний руководитель Lafarge Бруно Лафон, главой совета директоров – Вольфганг Райтцле из Holcim. В совете директоров обе компании будут иметь равное представительство. Сделка требует одобрения со стороны антимонопольных ведомств, закрыть ее планируется в первом полугодии 2015 г. Ранее компании сообщили о том, что имеют «взаимодополняемые активы». У французского производителя цемента солидные позиции в Африке и на Ближнем Востоке, в то время, как у швейцарской компании – в Латинской Америке. Именно эти государства называют основными потребителями продукции нового цементного гиганта, число сотрудников которого должно составить 100 тыс. человек.

По материалам
информационного агентства «INFOLine»

И.Я. ГНИП, канд. техн. наук, С.И. ВАЙТКУС, канд. техн. наук

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (08217, Вильнюс, Литва, ул. Линкмяну, 28)

Гипотетическое значение деформации ползучести полистирольного пенопласта при постоянном сжимающем напряжении на основании начального экспериментального периода деформирования

Приведены результаты исследования ползучести пенополистирольных плит (EN 13163) с предельным уровнем сжимающего напряжения $CS(10) - (60-250)$ кПа при статической удельной нагрузке $\sigma_c = (0,25 \text{ и } 0,35)\sigma_{10\%}$. На базе эксперимента продолжительностью $t_n = 7$ сут и математико-статистического анализа данных длительных экспериментов продолжительностью 122, 535 и 1826 сут представлена возможность оценки гипотетического значения деформации ползучести для упреждения на 10 лет, с использованием экспериментальных значений $\epsilon_c(t_n = 7 \text{ сут})$ (или $I_c(t_n = 7 \text{ сут})$ согласно регрессионному уравнению) и эмпирического уравнения для коэффициента m_t , учитывающего деформацию ползучести, развивающуюся во времени.

Ключевые слова: полистирольный пенопласт, сжатие в течение 7 сут, деформация ползучести, податливость при ползучести, прогнозирование.

I.Ya. GNIPP, Candidate of Sciences (Engineering), S.I. VAYTKUS, Candidate of Sciences (Engineering)
Vilnius Gediminas Technical University (28, Linkmyanu Street, 082217 Vilnius, Lithuania)

Hypothetic value of creep deformation of polystyrene plastic foam under the constant compressing stress on the basis of initial experimental period of deforming

Results of the study of foam polystyrene slabs (EN 13163) creep under the ultimate level of compressing stress $CS(10) - (60-250)$ kPa at static specific load $\sigma_c = (0,25 \text{ and } 0,35)\sigma_{10\%}$ are presented. On the basis of an experiment, $t_n = 7$ days, and mathematical-statistical analysis of data of lasting experiments (122, 535 and 1826 days) it is possible to assess the hypothetic value of creep deformation for advance of 10 years using experimental values $\epsilon_c(t_n = 7 \text{ days})$ (or $I_c(t_n = 7 \text{ days})$ according to the regression equation) or the empiric equation for coefficient m_t taking into account the creep deformation developing in time.

Keywords: polystyrene plastic foam, compressing during 7 days, creep deformation, flexibility when creep, prediction.

Полистирольный пенопласт (EPS)¹ ввиду его доступности и удовлетворительных эксплуатационных свойств находит широкое применение в строительных конструкциях (подземные сооружения, теплоизоляция зданий, др. объекты), в которых подвергается длительному воздействию постоянных сжимающих напряжений. Проблема прогнозирования деформируемости полистирольного пенопласта с течением времени имеет актуальное значение. Данные о деформациях ползучести могут быть получены при постановке длительных экспериментов [1, 2]. Особое место занимает создание и развитие методов прогнозирования, позволяющих на основе экспериментов ограниченной продолжительности давать вероятностную оценку деформируемости EPS изделий, что необходимо для эффективного использования их при устройстве теплоизоляции зданий, автомобильных и железнодорожных путей и др. сооружений [1, 3].

Цель настоящей работы на базе математико-статистического анализа результатов длительных экспериментов продолжительностью 5 лет и с использованием только начального периода деформирования EPS представить гипотетическое (предполагаемое) значение деформации ползучести для упреждения на 10 лет при постоянном сжимающем напряжении $\sigma_c \leq 0,35\sigma_{10\%}$.

Для оценки величины деформации ползучести использованы данные исследований деформируемости пенополистирольных плит типов EPS 60–EPS 250, представленные в работах авторов [4–6].

В качестве объекта исследования выбраны плиты EPS как наиболее типичное массовое изделие строительного назначения. Исследовали

плиты плотностью 14–36 кг/м³, изготовленные разными производителями беспрессовым способом – вспениванием в замкнутом объеме сырья в виде бисера (твердых гранул диаметром 0,8–2,5 мм, производимых ведущими европейскими компаниями Styrochem и BASF). В качестве критерия оценки деформируемости плит принимали деформацию ползучести образцов в форме куба с ребром 50 мм, которую измеряли на специальных стендах [2], обеспечивающих постоянство приложенного напряжения в течение 1826 сут. Каждый эксперимент (всего 37 серий) дублировали, используя по три образца одинаковой плотности. Направление сжимающего усилия по отношению к плоскости плиты, из которой вырезали образцы, принимали перпендикулярным. Деформации ползучести определяли по методике, изложенной в [2], при статическом напряжении σ_c , равном $(0,25 \text{ и } 0,35)\sigma_{10\%}$ (напряжения $\sigma_{10\%}$ определяли согласно [7]). Нагружение образцов и снятие отсчетов по индикаторам проводили в соответствии с требованиями, представленными в [2]. Погрешность стабилизации длительного сжимающего напряжения не более 1%, а измерения деформации ползучести 0,005 мм. Дополнительно фиксировали деформацию ползучести для момента времени $t = 7$ сут.

Длительные эксперименты проводили в помещении с температурой воздуха $23 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажностью $50 \pm 5\%$.

Исходным материалом для статической обработки служили данные [4–6].

На основании полученных опытных данных испытанных EPS образцов на кратковременное сжатие в статье приведены средние значения их плотности ρ и на-

¹ Вспенивающийся политстирол (expanded polystyrene (EPS)).

пряжения $\sigma_{10\%}$, соответствующего 10% деформации сжатия [1, 7].

Статистическая обработка результатов экспериментов при длительном сжатии выполнена для продолжительности прямого эксперимента $t_n=122$ сут и $t_n=1826$ сут. Значения относительных деформаций ползучести $\varepsilon_c(t)$, %, определяли по формулам [2] и аппроксимировали зависимостью Финдли (Findley W.N.):

$$\bar{\varepsilon}_c(t) = b_0 t^{b_1}, \quad (1)$$

где $\bar{\varepsilon}_c(t)$ – среднее значение деформации ползучести в момент времени t , %; b_0, b_1 – константы, зависящие от свойств материала; t – время, ч (сут).

При описании и прогнозировании ползучести исходили из факта существования на кривой ползучести характерных точек. В общем кривая характеризуется одной, двумя, а иногда и тремя последовательными стадиями ползучести. По данным длительных испытаний ползучести EPS при сжимающем напряжении $\sigma_c \leq 0,35\sigma_{10\%}$ реализуются две стадии [5–6]. Первая – на которой после первоначальной деформации ε_0 деформирование протекает с неравномерной, все время уменьшающейся скоростью. Это так называемая стадия первичной (затухающей), или неустановившейся ползучести, а длительность ее (в зависимости от напряжения σ_c) меняется от нескольких до нескольких десятков часов. Вторая стадия установившейся или вторичной ползучести характеризуется постоянством скорости деформирования.

Следует отметить, что выделение отдельных стадий ползучести является условным. Однако такое подразделение, широко применяемое в теории ползучести, весьма удобно для практических целей и в целом оправданно (перечисленные стадии наблюдаются у полистирольного пенопласта). Использование второй стадии как наиболее достоверной кривой ползучести используется для описания деформации материалов с реологическими свойствами при $\sigma = \text{const}$. В [8, 9] подробно представлены практические приемы определения реологических характеристик H, E, n уравнения Максвелла–Томсона по опытной кривой ползучести (*деформативные свойства материала характеризуются мгновенным модулем упругости H , длительным модулем упругости E и временем релаксации деформации n*).

Поскольку процесс ползучести с постоянной скоростью наиболее характерен для EPS, для описания кривой ползучести в [2] предложена аналитическая зависимость (1) в логарифмической системе координат без учета первой стадии, т. е. начало аппроксимации от значений деформаций ползучести $\varepsilon_c(t=168 \text{ ч})$.

В настоящей работе рассмотрены численные расчеты с использованием значений $\varepsilon_c(t=7 \text{ сут})$ и отношения:

$$\frac{\varepsilon_c(t_i)}{\varepsilon_c(t=7 \text{ сут})} = m_i, \quad (2)$$

где $\varepsilon_c(t_i)$, $\varepsilon_c(t=7 \text{ сут})$ – экспериментальные значения деформации ползучести на момент времени t_i и $t=7$ сут соответственно.

Значения m_i отношения получены из экспериментов продолжительностью, равной 122; 535 и 1826 сут. Отношение $\frac{\varepsilon_c(t_i)}{\varepsilon_c(t=7 \text{ сут})}$ является возрастающей функцией времени t , т. е. с увеличением длительности выдерживания EPS под сжимающей нагрузкой растет отношение m_i .

Изменение деформации ползучести формируется под воздействием множества факторов, причем не пред-

ставляется возможным выделить порознь их влияние и значение m_i (отношение $\frac{\varepsilon_c(t_i)}{\varepsilon_c(7 \text{ сут})}$) связывается с течением времени. Введение учета влияния времени не претендует на точное прогнозирование хода деформации на длительный срок, исчисляемый годами, так как за несколько лет механические свойства образца вследствие старения материала неминуемо изменятся.

Коэффициент увеличения деформации на второй стадии установившейся ползучести m_i относительно значения деформации ползучести окончания стадии первичной ползучести $\varepsilon_c(t=7 \text{ сут})$ аппроксимирован в логарифмической системе координат регрессионным уравнением:

$$\log m_i = \log b_0 + b_1 \log t, \quad (3)$$

где t – время, сут; $\log b_0, b_1$ – постоянные параметры уравнения, вычисляемые по экспериментальным данным методом наименьших квадратов [10].

Экстраполяция деформации ползучести по времени заключается в подстановке значения m_i для фиксируемого периода упреждения t_i в формулу:

$$\varepsilon_c(t_i) = \varepsilon_c(t=7 \text{ сут}) \cdot m_i, \quad (4)$$

где m_i – вычисленное значение по эмпирическому уравнению (3).

Количественно деформацию ползучести можно измерить податливостью I_c при ползучести (I_c – *удельная относительная деформация ползучести в фиксируемый момент времени t , вызванная единичным напряжением, приложенным в момент времени $t \leq 15 \text{ с}$ [2]*). По данным настоящей работы:

$$I_c(t=7 \text{ сут}) = \frac{\varepsilon_c(t=7 \text{ сут})}{\sigma_c}, \quad (5)$$

где σ_c – постоянно сжимающее напряжение, приложенное в момент времени $t \leq 15 \text{ с}$.

Выбор уравнения податливости EPS при ползучести для аппроксимации экспериментальных данных представляет собой задачу, которая не решается однозначно, а сводится к получению ряда альтернатив. Путем сравнения коэффициентов детерминации $\eta_{I_c(t=7 \text{ сут})-\sigma_{10\%}}^2$ (квадрат корреляционного отношения $\eta_{I_c(t=7 \text{ сут})-\sigma_{10\%}}^2$) [11] из нескольких моделей принято уравнение в виде:

$$I_c(t=7 \text{ сут}) = a_0 \exp\left(\frac{a_1}{\sigma_{10\%}}\right), \quad (6)$$

где a_0, a_1 – постоянные параметры уравнения, вычисляемые по экспериментальным данным методом наименьших квадратов [10].

Деформация ползучести $\varepsilon_c(t)$ с течением времени составит:

$$\varepsilon_c(t_i) = I_c(t=7 \text{ сут}) \cdot \sigma_c \cdot m_i, \quad (7)$$

где $I_c(t=7 \text{ сут})$ – значение по уравнению (6).

По экспериментальным значениям $\varepsilon_c(t=7 \text{ сут})$ при использовании эмпирического уравнения (3) с числовыми параметрами $\log b_0$ и b_1 определены гипотетические значения деформации ползучести EPS при фиксируемой сжимающей удельной нагрузке $0,25\sigma_{10\%}$ и $0,35\sigma_{10\%}$ для упреждения на 122 и 1826 сут и $T=10$ лет; выполнено сравнение предполагаемых значений $\hat{\varepsilon}_c$ с экспериментальными ε_c .

Относительную разность точечных значений $\Delta\varepsilon_c$, % (отн.)², определяли по формуле:

² Пометка (отн.) указывает на относительную разницу расчетных и экспериментальных значений, когда единицей измерения ε_c является процент.

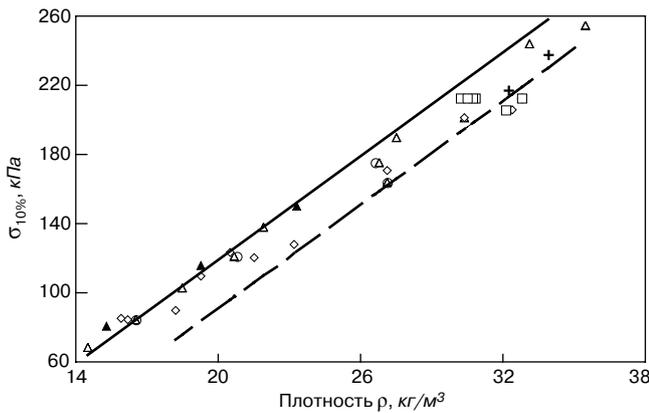


Рис. 1. Значения напряжений $\sigma_{10\%}$ для EPS образцов серий 1–37 (табл. 1 и 2). Точки – экспериментальные значения $\sigma_{10\%}$ образцов из: \circ, Δ – [4]; \diamond – [5]; $+$, \square – [6]; \blacktriangle – табл. 2. Линии регрессии значений $\sigma_{10\%}$ по результатам определения плотности EPS согласно EN 13163: сплошная – средние значения $\bar{\sigma}_{10\%}$ по уравнению (B.1); пунктирная – прогнозируемые (минимальные) значения $\sigma_{10\%}^{\text{прогн}}$ по уравнению (B.2)

$$\Delta \varepsilon_c(t) = \frac{\hat{\varepsilon}_c(t)_{(1)} - \varepsilon_c(t)_{(2)}}{\varepsilon_c(t)_{(2)}} \cdot 100, \quad (8)$$

где $\hat{\varepsilon}_c(t)_{(1)}$ – гипотетическое значение деформации ползучести по эмпирическому уравнению (4) для упреждения на $t=122$ сут; $t=1826$ сут и $T=10$ лет; $\varepsilon_c(t)_{(2)}$ – экспериментальные значения ε_c для момента времени $t=122$ сут; $t=1826$ сут и $T=10$ лет (прогнозируемое значение по данным исследований [4–6]) соответственно.

На рис. 1 представлены экспериментальные значения напряжений $\sigma_{10\%}$ для рассматриваемых в настоящей работе EPS плит. Значения $\sigma_{10\%}$ по результатам определения плотности EPS удовлетворяют требованиям EN 13163 (находятся в доверительном интервале регрессионного уравнения (B.1)), и представленные исследования деформаций ползучести могут быть использованы для плит типов EPS 60–EPS 250.

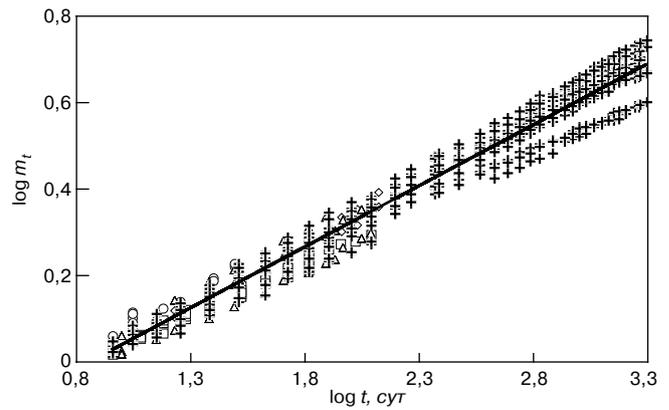


Рис. 2. Линия регрессии значений коэффициента $\log m_t$ по результатам экспериментов продолжительностью 122, 535 и 1826 сут. Точки – экспериментальные значения отношения $\log \frac{\varepsilon_c(t)}{\varepsilon_c(t=7 \text{ сут})}$ по данным: $+$ – [4]; \diamond, \square – [5]; \circ – [6]; Δ – табл. 2

Для удобства читателя используемые в настоящей работе данные ранее выполненных авторами исследований ползучести EPS при постоянном сжимающем напряжении [4–6] приведены в табл. 1 [4] и 2 [5, 6]. В таблицах для каждой серии испытаний на ползучесть представлены:

- характеристики образцов (плотность, прочность на сжатие $\sigma_{10\%}$);
- значения длительно действующей сжимающей удельной нагрузки ε_0 , деформации ε_0 , возникшей в момент времени $t=60$ с от начала приложения нагрузки, деформации ползучести ε_c в момент времени t_n ;
- продолжительность прямого эксперимента t_n ;
- прогностические точечные значения деформаций ползучести для упреждения на $T=10$ лет.

По экспериментальным данным значения m_t при длительности экспериментов t_n до 5 лет аппроксимиро-

Таблица 1

Серии испытаний	ρ , кг/м ³	$\sigma_{10\%}$, кПа	σ_c , кПа	ε_0 , %	ε_c , %, при продолжительности прямого эксперимента t_n , сут			Прогностическое точечное значение ε_c , % для упреждения ¹ на 10 лет
					7	122	1826	
1 ²	16,5	84,5	21,4	0,737	0,278	0,587	1,082	1,43
2	26,6	175	44,1	0,592	0,139	0,337	0,704	0,97
3	20,8	121	30,5	0,653	0,211	0,501	1,018	1,42
4	27,1	164	40,9	0,814	0,131	0,268	0,544	0,55
5	16,5	84,5	29,9	0,96	0,504	1,158	2,442	3,12
6	26,8	175	61,6	0,82	0,242	0,541	1,129	1,49
7	20,7	121	42,6	0,918	0,338	0,808	1,695	2,28
8	27,1	164	57,3	0,914	0,258	0,491	1,013	1,1
9	35,5	255	89,3	0,828	0,166	0,352	0,889	0,89
10	30,4	201	70,5	0,791	0,184	0,437	0,995	1,05
11	33,1	244	85,6	0,962	0,344	0,797	1,906	2,16
12	27,5	190	66,5	0,949	0,373	0,839	0,864	2,23
13	21,9	138	48,6	0,913	0,351	0,763	1,652	1,92
14	18,5	103	36,5	0,804	0,639	1,779	3,633	4,36
15	14,5	68,6	24	0,744	0,801	1,662	3,207	3,85

¹ Экстраполяция по регрессионному уравнению для прямого эксперимента продолжительностью $t_n=122$ сут.

² Серии испытаний соответствуют нумерации серий из [4]. Образцы серий 1–4 испытаны при статическом напряжении $\sigma_c=0,25\sigma_{10\%}$; серий 5–15 – при $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$.

Таблица 2

Серии испытаний	ρ , кг/м ³	$\sigma_{10\%}$, кПа	σ_c , кПа	ε_0 , %	ε_c , %, при продолжительности прямого эксперимента t_n , сут		Прогностическое точечное значение ε_c , %, для упреждения ¹ , годы	
					7	122	5	10
16 ²	19,3	110	39	1,73	0,432	0,85	1,62	1,91
17	18,2	90,1	31,6	1,08	0,395	0,92 ³	1,65	1,96
18	21,5	120	42	1,67	0,341	0,64 ⁴	1,37	1,6
19	23,2	128	44,8	1	0,29	0,69 ⁵	1,18	1,37
20	27,1	171	59,8	1,68	0,285	0,66 ⁶	1,07	1,23
21	16,2	84,6	29,6	0,9	0,46	0,93	1,7	1,99
22	32,4	206	72,2	0,64	0,21	0,46	0,9	1,08
23	15,9	85	29,7	0,62	0,352	0,87	1,82	2,24
24	20,5	123	43,2	0,7	0,298	0,68	1,35	1,68
25	30,4	201	70,5	0,79	0,182	0,44	0,93	1,14
26	32,8	213	68	1,11	0,27	0,57(0,90) ⁷	1,39	1,75
27	30,8	213	60,4	1,09	0,241	0,53(0,91)	1,46	1,88
28	32,8	213	58	0,99	0,218	0,42(0,72)	1,26	1,67
29	30,2	213	54,5	1,05	0,215	0,38(0,63)	1,45	2,04
30	30,7	213	49,6	0,72	0,214	0,39(0,68)	1,28	1,74
31	30,5	213	46,1	0,62	0,2	0,38(0,66)	1,02	1,32
32	33,9	238	85,6	0,96	0,344	0,79(1,22)	1,74	2,13
33	32,2	217	74,9	0,8	0,281	0,65(1,01)	1,45	1,78
34	32,1	206	51,8	0,64	0,187	0,47(0,75)	1,11	1,38
35	19,3	116	40,6	1,16	0,351	0,82	1,79	2,2
36	15,3	80,4	28,7	1,37	0,514	1,02	1,84	2,16
37	23,3	150	52,6	1,28	0,17	0,44	1,04	1,07

¹ Для серий 16–25, 35–37 экстраполяция по регрессионному уравнению для прямого эксперимента продолжительностью $t_n=122$ сут; серий 26–34 – $t_n=535$ сут.
² Серии испытаний 16–25 соответствуют нумерации серий 1–10 из [5]; серии 26–34 – 8–13, 15–17 из [6]. Образцы серий 16–26, 32, 33, 35–37 испытаны при статическом напряжении $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$; серий 27–31, 34 – при $\sigma_c=0,25\sigma_{10\%}$.
^{3, 5, 6} При продолжительности прямого эксперимента $t_n=175$ сут.
⁴ То же, $t_n=63$ сут.
⁷ В скобках значения ε_c , %, для прямого эксперимента $t_n=535$ сут.

ваны регрессионным уравнением (3). Результаты статистической обработки отношений m_i по экспериментальным значениям деформаций ползучести $\varepsilon_c(t_i)$ EPS образцов на базе экспериментов продолжительностью t_n , равной 122, 535 и 1826 сут, приведены в табл. 3, а графическая интерпретация – на рис. 2. На рис. 2 представлены опытные данные m_i (в логарифмической системе координат) и линия регрессии значений m_i в зависимости от продолжительности прямого эксперимента $t_n=1826$ сут.

Высокое значение коэффициента детерминации $R^2_{\log m_i \cdot \log t} = 0,974$ (≈ 1) между значением $\log m_i$ и временем $\log t$ позволяет использовать эмпирическое уравнение (3) для упреждения значений отношения $\frac{\varepsilon_c(t_i)}{\varepsilon_c(t=7 \text{ сут})}$ на длительный период времени.

На рис. 3 представлены опытные данные и линия регрессии податливости при ползучести $I_c(t=7 \text{ сут})$ EPS образцов по результатам определения прочности на сжатие $\sigma_{10\%}$. Результаты регрессионного анализа податливости при ползучести $I_c(t=7 \text{ сут})$ EPS образцов по результатам определения сжимающего напряжения $CS(10)$ приведены в табл. 4.

На рис. 4–6 представлены относительные отклонения гипотетических (предполагаемых) значений

$\hat{\varepsilon}_c(t_n=122 \text{ сут})$, $\hat{\varepsilon}_c(t_n=5 \text{ лет})$ и $\hat{\varepsilon}_c(T=10 \text{ лет})$, вычисленных по эмпирическому уравнению (4), от соответствующих экспериментальных значений. Последние для серий испытаний 16–25 и 35–37 приняты вычисленные экстра-

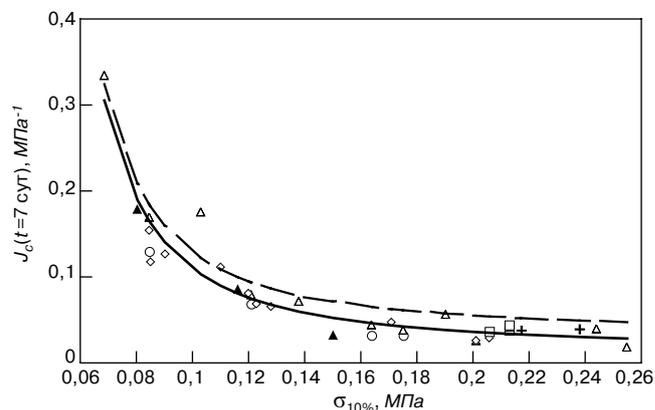


Рис. 3. Линия регрессии податливости при ползучести $I_c(t=7 \text{ сут})$ EPS образцов при постоянном сжимающем напряжении σ_c , равном $(0,25 \text{ и } 0,35)\sigma_{10\%}$ по результатам определения $\sigma_{10\%}$. Точки – экспериментальные значения для серий: \circ , Δ – 1–15 (табл. 1); \diamond – 16–25; $+$, \square – 26–34; \blacktriangle – 35–37 (табл. 2)

поляцией уравнения кривой ползучести по времени, аппроксимированной на базе прямого эксперимента $t_n=122$ сут, а для серий 26–34 – $t_n=535$ сут.

Исходя из данных рис. 4 отметим, что в 17 исследованных случаях отклонение предполагаемых $\hat{\varepsilon}_c(t_n=122 \text{ сут})_{(1)}$ от экспериментальных значений $\varepsilon_c(t_n=122 \text{ сут})_{(2)}$ составляет в среднем +11% (при доверительном интервале +7; +15% с надежностью $P=0,95$) и в 20 случаях – (-7)% (-4; -9% с $P=0,95$).

Относительная разность гипотетических значений $\hat{\varepsilon}_c(t_n=5 \text{ лет})$ и экспериментальных значений $\varepsilon_c(t_n=5 \text{ лет})_{(2)}$ в 16 случаях составляет в среднем +18% (при доверительном интервале +14; +23% с $P=0,95$) и в 21 случае – -11% (-7; -14% с $P=0,95$) (рис. 5).

Относительное отклонение гипотетических $\hat{\varepsilon}_c(T=10 \text{ лет})_{(1)}$ от экстраполированных по уравнениям кривых ползучести для испытанных 17 серий составляет в среднем +21% (при доверительном интервале +15; +28% с $P=0,95$) и в 20 случаях – -14% (-9; -18% с $P=0,95$) (рис. 6).

Учитывая, что экстраполяция по эмпирическим уравнениям – довольно грубая операция, основывающаяся на ряде допущений, в практике расчетов прогнозов принимают доверительную вероятность равной 0,80–0,90 [12]. Предлагаемую оценку гипотетических значений $\hat{\varepsilon}_c(t_n=122 \text{ сут})_{(1)}$, $\hat{\varepsilon}_c(t_n=5 \text{ лет})_{(1)}$ на основе численных расчетов с использованием экспериментальных значений $\varepsilon_c(t=7 \text{ сут})$ и отношения m_t , вычисленного по эмпирическому уравнению (3), можно считать достаточно достоверной, а оценку предполагаемого значения $\hat{\varepsilon}_c(T=10 \text{ лет})_{(1)}$ – удовлетворительной.

На рис. 7 точками показаны экспериментальные значения деформаций ползучести $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})$ для упреждения на 10 лет, вычисленные на базе прямого эксперимента при постоянном сжимающем напряжении $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$ продолжительностью 122 сут [1] и экстраполяции кривых ползучести каждой серии (табл. 1, 2) по времени 30 раз [2]. На рис. 7 показаны линии регрессии значений $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})_{(i)}$, %, по результатам определения сжимающего напряжения CS(10), аппроксимированные уравнением вида:

$$\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})_{(i)} = b_0 \exp\left(\frac{b_1}{\sigma_{10\%}}\right), \quad (9)$$

где $\sigma_{10\%}$ – напряжение при 10% деформации сжатия, МПа; b_0, b_1 – постоянные параметры уравнения, вычисляемые по опытным данным методом наименьших квадратов [10].

³ Линии $\Delta\varepsilon_c(t_n)=0$; $\Delta\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})=0$ – соответствуют экспериментальным значениям и экстраполяции по времени для упреждения на 10 лет по принятой согласно [1] продолжительности прямого эксперимента $t_n=122$ сут.

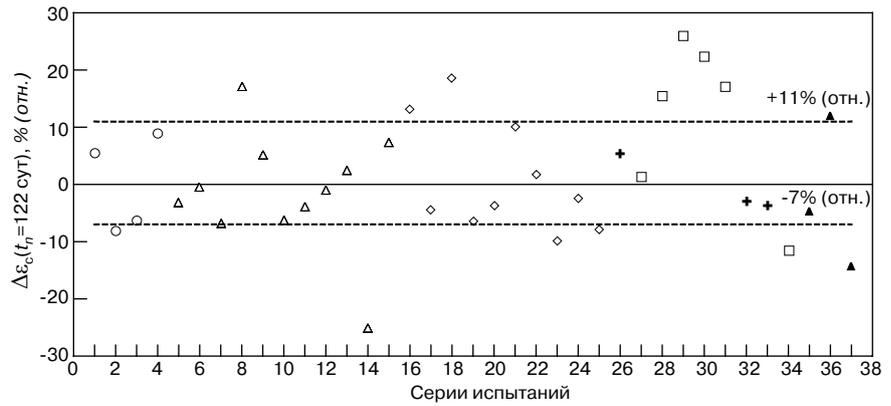


Рис. 4. Относительные отклонения гипотетических значений деформаций ползучести EPS образцов $\hat{\varepsilon}_c(t=122 \text{ сут})_{(1)}$, вычисленных по эмпирическому уравнению (4), от экспериментальных значений $\varepsilon_c(t_m=122 \text{ сут})_{(2)}$. Точки – значения относительных отклонений: O, Δ – по данным табл. 1; ◇, +, □, ▲ – то же, табл. 2

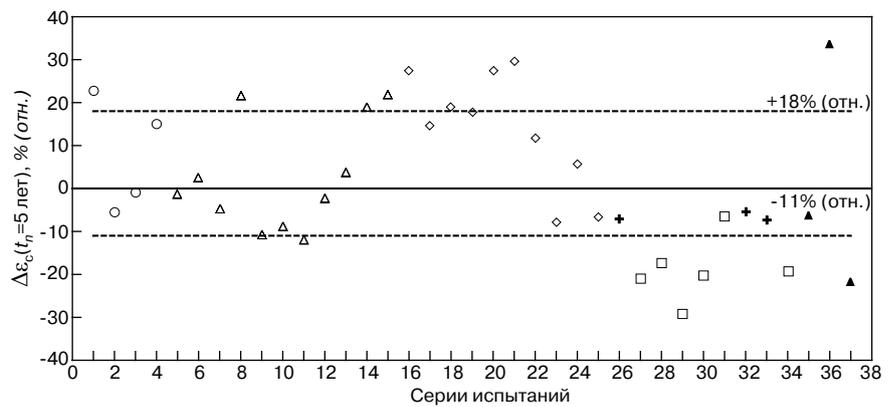


Рис. 5. Относительные отклонения гипотетических значений деформаций ползучести EPS образцов $\hat{\varepsilon}_c(t=1826 \text{ сут})_{(1)}$, вычисленных по эмпирическому уравнению (4), от экспериментальных значений $\varepsilon_c(t_m=1826 \text{ сут})_{(2)}$. Точки – см. пояснения к рис. 4

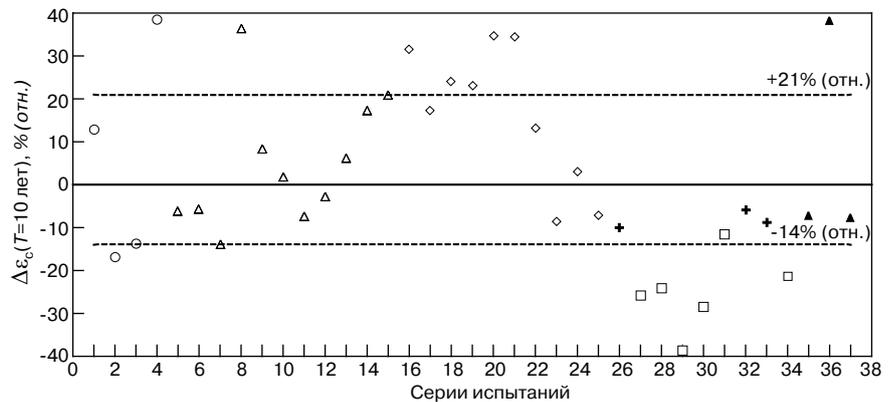


Рис. 6. Относительные отклонения гипотетических значений деформаций ползучести EPS образцов $\hat{\varepsilon}_c(T=10 \text{ лет})_{(1)}$, вычисленных по эмпирическому уравнению (4), от экстраполированных значений $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})_{(2)}$, аппроксимированных уравнением (1). Точки – см. пояснения к рис. 4

Результаты регрессионного анализа значений деформаций ползучести $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})$ EPS образцов при постоянном сжимающем напряжении $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$ по результатам определения сжимающего напряжения CS(10) приведены в табл. 5.

Линия регрессии 1 (рис. 7) представляет аппроксимацию значений $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})_{(1)}$, которые определены согласно рекомендациям, изложенным в [1, 2], и явля-

Таблица 3

Обозначение отношения $\log \frac{\varepsilon_c(t_i)}{\varepsilon_c(t=7 \text{ сут})}$	Количество экспериментальных значений m_t	Результаты регрессионного анализа				Использование экспериментальных значений ε_c в моменты времени t_i . Источник
		постоянные параметры уравнения (3)		$S_{\log m_t}$	$R^2_{\log m_t \log t}$	
		$\log b_0$	b_1			
$\log m_t$	652	-0,2415	0,2824	0,0349	0,974	Образцы серий испытаний 1–15 из [4](табл. 1); 16–25 [5]; 26–34 [6]; 35–37 (табл. 2)

Таблица 4

Диапазон изменений значения $\sigma_{10\%}$, МПа	Количество определений $I_c(t=7 \text{ сут})$	Результаты регрессионного анализа				$\delta^1 = t_{a,f} \cdot S_{I_c(t=7 \text{ сут})}$, МПа ⁻¹
		постоянные параметры уравнения (6)		$S_{I_c(t=7 \text{ сут})}$, МПа ⁻¹	$\eta^2_{\varepsilon_c \cdot \sigma_{10\%}}$	
		a_0	a_1			
0,065–0,255	37	0,0119	0,2228	0,0188	0,914	0,0246

¹ Односторонний доверительный интервал для податливости при ползучести $I_c(t=7 \text{ сут})$ при уровне значимости $\alpha=0,1$ и $f=n-m=35$.

Таблица 5

Линии регрессии на рис. 7	Количество определений	Результаты регрессионного анализа				$\delta^1 = t_{a,f} \cdot S_{\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})}$, %
		постоянные параметры уравнения (9)		$S_{\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})}$, %	$\eta^2_{\varepsilon_c \cdot \sigma_{10\%}}$	
		b_0	b_1			
1	27	0,961	0,0854	0,632	0,412 ²	0,831
2	27	0,833	0,1075	0,492	0,672	0,647
3	8	0,657	0,1298	0,238	0,98	0,343

¹ Односторонний доверительный интервал для значений $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})_{(i)}$ при уровне значимости $\alpha=0,1$ и $f=n-m=(25;6)$.
² Связь между $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})_{(i)}$ и $CS(10)$ считается средней. Значения $\eta^2_{\varepsilon_c \cdot \sigma_{10\%}} \geq 0,5$ свидетельствуют о сильной связи между признаками (приведенная шкала условная, но применима при сравнительной оценке показателей корреляционных связей).

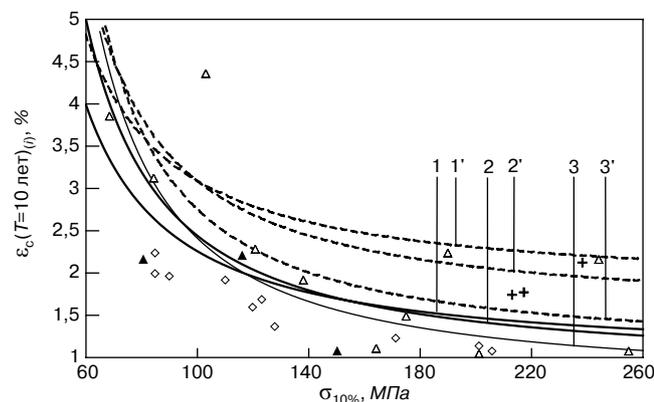


Рис. 7. Экстраполируемые значения для упреждения на 10 лет деформации ползучести EPS образцов при постоянном сжимающем напряжении $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$ (точки) и линии регрессии значений $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})$ по результатам определения сжимающего напряжения $CS(10)$: линия 1 – аппроксимация значений $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})$, вычисленных согласно рекомендациям [1, 2]; линии 2, 3 – то же по эмпирическому уравнению (4) и (7) соответственно. Точки Δ – табл. 1; \diamond , $+$, \blacktriangle – табл. 2. Пунктирные линии 1', 2', 3' – возможные максимальные значения $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})$ для линий регрессии 1, 2, 3 соответственно (см. сноску 1 табл. 5)

ются экспериментальными прогнозируемыми значениями деформации ползучести для упреждения на 10 лет; линия 2 – значений $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})_{(2)}$, вычисленных по эмпирическому уравнению (4), а линия 3 – значений $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})_{(3)}$ для плит типов EPS 60 – EPS 250, вычисленных по эмпирическому уравнению (6) и (7).

По рисунку можно заметить, что линии регрессии 2 и 3 практически находятся в доверительном интервале регрессионного уравнения линии 1 во всем диапазоне изменения значений $\sigma_{10\%}$ (табл. 5), что показывает возможность использования эмпирических уравнений (4), (6), (7) при оценке предполагаемого значения деформации ползучести полистирольного пенопласта при

постоянном сжимающем напряжении $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$ для упреждения на 10 лет. На основании сведений, полученных в работе [6], эмпирические уравнения (4), (6), (7) могут быть использованы во всей области линейной ползучести с постоянным сжимающим напряжением $\sigma_c \leq 0,35\sigma_{10\%}$. Для уравнения (4) значение $\varepsilon_c(t=7 \text{ сут})$ необходимо определить экспериментально, выполнив непродолжительные испытания на ползучесть при постоянном сжимающем напряжении $\sigma_c \leq 0,35\sigma_{10\%}$ в соответствии с рекомендациями [2].

Для уравнения (7) значение $I_c(t=7 \text{ сут})$ допускается вычислять по уравнению (6) с числовыми параметрами по табл. 4.

Заключение

В статье представлены результаты исследований деформаций ползучести пенополистирольных плит с предельным уровнем сжимающего напряжения $CS(10)$ – (60–250) кПа при статическом напряжении $\sigma_c=(0,25–0,35)\sigma_{10\%}$.

На основании математико-статистического анализа опытных данных многочисленных экспериментов продолжительностью t_n , равной 122, 535 и 1826 сут, представлена возможность оценки гипотетического значения деформации ползучести EPS плит для упреждения на $T_i \leq 10$ лет по эмпирической зависимости (4) с числовыми параметрами, приведенными в табл. 3, при использовании данных только начального периода деформирования плит, содержащие значение $\varepsilon_c(t_n=7 \text{ сут})$.

Гипотетические значения деформаций ползучести для упреждения на 10 лет, вычисленные по формуле (4), для 17 рассмотренных серий больше экспериментальных значений в среднем на +21% (отн.) и для 20 серий – на -14% (отн.) меньше.

Представленные линии регрессии значений $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})_{(i)}$ по результатам определения сжимающего напряжения $CS(10)$ подтверждают возможность использования эмпирических уравнений (4), (6), (7) для

вычисления гипотетического значения деформации ползучести EPS плит для упреждения на 10 лет при постоянном сжимающем напряжении $\sigma_c \leq 0,35\sigma_{10\%}$.

Для плит типов EPS 120/150/200/250 при постоянном сжимающем напряжении $\sigma_c = 0,35\sigma_{10}$ гипотетическое точечное значение деформации ползучести для упреждения на 10 лет не превышает 2%.

Список литературы

1. EN 13163:2008 E. *Thermal insulation products for buildings – Factory made products of expanded polystyrene (EPS) – Specification*. European Committee for Standardization. 2008. 48 p.
2. ГОСТ Р EN 1606–2010 E. Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Метод определения ползучести при сжатии. М.: Стандартинформ, 2010 16 с.
3. EN 14933:2007 E. *Thermal insulating and light weight products for civil engineering applications – Factory made products of expanded polystyrene (EPS) – Specification*. European Committee for Standardization. 2007. 32 p.
4. Gnip I.Y., Vaitkus S., Kersulis V., Vejelis S. Experiments for the long-term prediction of creep strain of expanded polystyrene under compressive stress. *Polymer Testing* 2010. No. 29. Pp. 693–700.
5. Гнип И.Я., Кершулис В.И., Вайткус С.И., Веялис С.А. Прогнозирование деформативности пенополистирола при длительном сжатии // *Строительные материалы*. 2005. № 6. С. 7–11.
6. Veyalis S., Gnip I.Ya., Vaitkus S. and Kershulis V. Deformability of expanded polystyrene EPS 200 under long-term compression. *Mechanics of Composite Materials*. 2010. Vol. 46. No. 5. Pp. 505–512.
7. EN 826:1996 E. *Thermal insulating products for building applications. Determination of compression behaviour*. British-Adopted European Standard. 1996. 15 p.
8. Латифенко В.А. *Диагностика жесткости и прочности материалов*. Рига: Зинатне, 1968. 320 с.
9. Малмейстер А.К., Тамуж В.П., Тетерс Г.А. *Сопротивление жестких полимерных материалов*. Рига: Зинатне, 1978. 398 с.
10. Айвазян С.А. *Статистическое исследование зависимостей. Применение методов корреляционного и регрессионного анализов и обработка результатов эксперимента*. М.: Металлургия, 1968. 228 с.
11. Sokal R.R., Rohlf F.J. *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. W.H. Freeman and Company. New York. 1998. 887 p.
12. Четыркин Е.М. *Статистические методы прогнозирования*. М.: Статистика, 1977. 200 с.

References

polystyrene under compressive stress. *Polymer Testing*. 2010. No. 29, pp. 693–700.

5. Gnip I.Ya., Kershulis V.I., Vaitkus S.I., Veyalis S.A. Prediction deformability styrofoam with prolonged compression. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2005. No. 6, pp. 7–11. (In Russian).
6. Veyalis S., Gnip I.Ya., Vaitkus S. and Kershulis V. Deformability of expanded polystyrene EPS 200 under long-term compression. *Mechanics of Composite Materials*. 2010. Vol. 46. No. 5, pp. 505–512.
7. EN 826:1996 E. *Thermal insulating products for building applications. Determination of compression behaviour*. British-Adopted European Standard. 1996. 15 p.
8. Latishenko V.A. *Diagnostika zhestkosti i prochnosti materialov* [Diagnosis of stiffness and strength of materials]. Riga: Zinatne, 1968. 320 p.
9. Malmeister A.K., Tamuzh V.P., Teters G.A. *Soprotivlenie zhestkikh polimernykh materialov* [Resistance rigid polymeric material]. Riga: Zinatne, 1978. 398 p.
10. Aivazyan S.A. *Statisticheskoe issledovanie zavisimostei. Primenenie metodov korrelyatsionnogo i regressiionnogo analizov i obrabotka rezul'tatov eksperimenta* [Statistical study of addictions. Application of the methods of correlation and regression analysis and processing of the experimental results]. Moscow: Metallurgiya, 1968. 228 p.
11. Sokal R.R., Rohlf F.J. *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. W.H. Freeman and Company. New York. 1998. 887 p.
12. Chetyrkin E.M. *Statisticheskie metody prognozirovaniya* [Statistical methods for forecasting]. Moscow: Statistika, 1977. 200 p.

5-7 АВГУСТА ЧЕЛЯБИНСК



**СТРОИТЕЛЬСТВО
2014 ВЫСТАВКА-ФОРУМ**

Выставка-форум «Строительство-2014» продемонстрирует достижения всех участников строительного процесса - от научных разработок до их внедрения, от проектных решений, производства строительных материалов до готовых объектов.

Разделы выставки:

<ul style="list-style-type: none"> - Современные технологии в строительстве - Строительные конструкции, изделия - Промышленное строительство - Гражданское строительство - Объекты недвижимости - Малоэтажное строительство - Строительные материалы и оборудование для их производства - Строительные комплексы, машины и механизмы - Наука в строительстве 	<ul style="list-style-type: none"> - Инженерные сети: водо-, газо-, электроснабжение - Вентиляция, кондиционирование - Оборудование зданий и сооружений - Дорожное строительство - Строительно-дорожная техника - Современные ресурсосберегающие технологии и материалы в строительстве - Экология в строительстве - Автоматизация в строительстве и эксплуатации жилья - Инвестиционные и инновационные проекты - Зодчество и архитектура
---	--

В РАМКАХ ВЫСТАВКИ:
 КРУГЛЫЕ СТОЛЫ, КОНФЕРЕНЦИИ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ ОТРАСЛИ
 ТОРЖЕСТВЕННЫЙ ПРИЕМ В ЧЕСТЬ
ДНЯ СТРОИТЕЛЯ

Организатор:


ДС «Юность», Свердловский пр., 51
 Тел.: (351) 755-55-10, 215-88-77 www.pvo74.ru

